ETHA WIND

MELUSELVITYS

Sarvikankaan Tuulivoimapuisto

25.10.2023

Etha Wind | Vaasanpuistikko 14 B 11, 65100, Vaasa, Finland | +358 2900 20440 | firstname.lastname@ethawind.com

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 9
5.1 Lähtötiedot 9
5.2 Menetelmät 10
6 ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET 13
6.1 Nykytilanne 13
6.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 13
6.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE1 13
6.4 Yhteisvaikutusten mallinnus ,VE1 14
6.5 Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE2 16
6.6 Yhteisvaikutusten mallinnus ,VE2 18
6.7 Pienitaajuinen melu 19
6.8 Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset 20
6.9 Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät 20
7 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA 21
8 LÄHTEET 22
9 MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, SARVIKANGAS 23

Liite 1: Melumallinnuksen tulokset 25
Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta, Sarvikangas (VE1) 27
Liite 3: Pienitaajuisen melun laskenta, Sarvikangas (VE1) ja Niinimäen yhteisvaikutukset 31
Liite 4: Pienitaajuisen melun laskenta, Sarvikangas (VE2) 35
Liite 5: Pienitaajuisen melun laskenta, Sarvikangas (VE2) ja Niinimäen yhteisvaikutukset 39
Liite 6: Sijoitussuunnitelmat 43

VERSIOHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Nina Nurmela & Alexander Ehrs 25.10.2023	Sonja Telkki 25.10.2023	Christian Granlund 25.10.2023	Sarvikankaan tuulivoimapuiston meluselvitys, naapuripuiston yhteisvaikutukset huomioiden.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Meluselvitys Sarvikankaan tuulivoimapuiston kahdelle eri hankevaihtoehdolle osana ympäristövaikutusten arviointia. Selvityksessä on huomioitu viereinen Niinimäen tuulivoimapuisto, joka on rakenteilla.

Työmenetelmät:

Meluselvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.6 ohjelmiston DECIBEL-moduulia sekä ISO 9613-2 standardin mukaisia oletuksia ja lähtöarvoja. Mallinnus ja raportointi on tehty noudattaen ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita (Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014). Matalataajuisen melun mallintaminen on myös tehty noudattaen Ympäristöministeriön ohjeita. Vaikutusten arvioinnissa käytetyt laskentaparametrit on taulukoitu tässä raportissa. Tuloksia on vertailtu valtioneuvoston asetuksen ohjearvoihin (Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista 1107/2015).

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

Tulokset:

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

2 TAUSTA

Meluselvitys on tehty Sarvikankaan tuulivoimapuistolle Pieksämäen kaupungin alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 25–32 tuulivoimalasta. Mallinnus on tehty Siemens Gamesan SG-170 6.6 MW -voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja äänitehotaso 106,0 dB(A) + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali. Mallinnuksessa käytettiin Siemens Gamesan lokakuussa 2022 päivittämiä äänitietoja.

Mallinnuksessa on otettu huomioon myös viereinen rakenteilla oleva tuulivoimapuisto Niinimäki. Hankekohtaiset voimalatyypit on listattu taulukossa 4.

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

Tässä selvityksessä mallinnettiin kaksi Sarvikankaan hankevaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ja osayleiskaavoitusta varten:

- VE1: 32 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.
- VE2: 25 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.

Meluvaikutukset mallinnettiin Siemens Gamesa SG170-6.6 voimalamallilla, jonka napakorkeus vastaa edellä mainittujen hankevaihtoehtojen napakorkeutta.

Yhteisvaikutukset Niinimäen tuulipuiston kanssa näille vaihtoehdoille on otettu huomioon erikseen luvuissa 6.4 ja 6.6.

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 (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. Lähtötietoina on käytetty alla olevissa taulukoissa olevia arvoja.

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

Mallinnuksessa käytetyt voimalatyyppt on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeen voimalatiedot

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (Lwa)	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Sarvikangas	SG-170 6.6 MW	200	106.0 +2 dB(A)	Käytössä
Niinimäki	SG-170 6.6 MW	165	106.0 +2 dB(A)	Käytössä

Mallinnuksessa on käytetty Sarvikankaan tuulivoimaloina Siemens-Gamesan SG170-6.6 voimalamallia, jonka roottorihalkaisija on 170 metriä. Kyseinen voimalamalli valittiin, koska se äänitehotasoineen vastaa markkinoilla olevaa parasta mahdollista teknologiaa. Napakorkeus on valittu niin, että se vastaa hankevaihtoehtojen oikeaa napakorkeutta (200 metriä).

Niinimäen tuulipuisto on mallinnettu käyttäen samaa voimalamallia, 165 metrin napakorkeudella.

Noin kymmenen kilometrin etäisyydellä Sarvikankaalta etelään sijaitsee Lamustemäen tuulivoimahanke (5 voimalaa). Lamustenmäen hanke on varhaisessa kehitysvaiheessa ja sen vaikutusta Sarvikankaan alueen melutasoihin ei ole erikseen huomioitu mallinnuksen tuloksissa. Tuulivoimaloiden aiheuttama melu laskee merkittävästi etäisyyden kasvaessa melun

lähtöpisteiden välillä. Lamustenmäen hankkeen meluvaikutus Sarvikankaan alueella arvioidaan hyvin vähäiseksi puistojen välisen suuren etäisyyden vuoksi.

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 19 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 melumallinuksessa korkeuserot eivät ylity valituissa havainnointipisteissä eikä korjausta 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 ilmö, 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, DLσ, on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Äänieristyskertoimet.

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

6 ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET

6.1 NYKYTILANNE

Sarvikankaan tuulivoimapuiston alueen viereen länsipuolelle on rakenteilla toinen tuulivoimapuisto, Niinimäki. Niinimäen valmistuessa tulee alueella olemaan jo entuudestaan tuulivoimatuotannolle tyypillistä äänimaisemaa. Muutoin suurin osa Sarvikankaan alueesta on metsätalousaluetta ja sen äänimaisema on tällaiselle alueelle tyypillistä. Osittain alueelle sijoittuu myös järviä sekä asuin- ja virkistysalueille vieviä teitä.

Sarvikankaan hankealueen lounaispuolella sijaitsee Paltasen autourheilukeskus. Yhteisvaikutukset äänitasoihin Paltasen autourheilukeskuksen kanssa ei ole erikseen huomioitu mallinnuksessa. Autourheilukeskuksen käytön luonteen perusteella voidaan kuitenkin olettaa, että äänimaisema Paltasen autourheilukeskuksen ympäristössä on jo ajoittain kohonnut.

6.2 RAKENTAMISEN AIKAISET VAIKUTUKSET

Tuulivoimapuiston rakentamisen aikana melua aiheutuu mm. maansiirtokoneista, nostureista, ajoneuvoliikenteestä sekä rakentamisesta. Rakennustyömaan melu on hyvin impulssimaista ja paikallista ja ajoittuu pääasiallisesti päiväaikaan. Tämän vuoksi meluvaikutukset eivät kasva merkittäviksi. Tiestön ja perustusten rakentaminen tuottaa eniten melua ja lisääntyvä liikenne saattaa nostaa valtatien melutasoa hieman. Rakentaminen kestää vain lyhyen ajan suhteessa tuulivoimaloiden elinkaareen, joten meluvaikutuksetkin voidaan katsoa lyhytkestoisiksi.

6.3 TOIMINNAN AIKAISET VAIKUTUKSET, VE1

Melumallinnuksessa käytettiin SG-170 6.6 MW -tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,0 dB(A) + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 32 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 7.

Kuva 1. Sarvikankaan tuulivoimapuiston melumallinnus (VE1). 19 havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla (a-s).

Melumallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 19 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 ollen 39,0 dB(A) vakituisen asunnon "n" kohdalla.

Tuulivoimapuiston 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 Niinimäen tuulivoimapuiston tuulivoimalat on myös huomioitu mallinnuksessa. Melumallinnuksessa Sarvikankaan hankkeessa

käytettiin SG-170 6.6 MW -tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,0 dB(A) + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 32 voimalan sijoitussuunnitelmaa.

Niinimäen tuulivoimapuisto koostuu julkisten rakennuslupatietojen mukaan 22 voimalasta. Mallinnuksessa käytettiin SG-170 6.6 MW -tuulivoimalan äänitietoja, koska julkisesti saatavilla olevien tietojen mukaan tämä on puistoon valittu rakennettava voimalatyyppi. (Siemens Gamesa, 2022). Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,0 + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali ja napakorkeus 165 m.

Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 6.

Kuva 2. Sarvikankaan tuulivoimapuiston (VE1) ja naapuripuisto Niinimäen yhteisvaikutusten melumallinnus. 19 havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla (a-s).

Yhteisvaikutusten mallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 19 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 ollen 39,2 dB(A) vakituisen asunnon "n" kohdalla.

6.5 Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE2

Melumallinnuksessa käytettiin SG-170 6.6 MW -tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,0 dB(A) + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 25 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 7.

Kuva 3. Sarvikankaan tuulivoimapuiston melumallinnus (VE2). 19 havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla (a-s).

Melumallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 19 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 39 dB(A) eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon, korkein äänitaso ollen 38,2 dB(A) vakituisen asunnon”b” kohdalla.

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

6.6 Yhteisvaikutusten mallinnus ,VE2

Kuvassa 4 esitetään melun yhteisvaikutukset alueelle, kun Niinimäen tuulivoimapuiston tuulivoimalat on myös huomioitu mallinnuksessa. Melumallinnuksessa Sarvikankaan hankkeessa käytettiin SG-170 6.6 MW -tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,0 dB(A) + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali ja napakorkeus 200 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 25 voimalan sijoitussuunnitelmaa.

Niinimäen tuulivoimapuisto koostuu julkisten rakennuslupatietojen mukaan 22 voimalasta. Mallinnuksessa käytettiin SG-170 6.6 MW -tuulivoimalan äänitietoja, koska julkisesti saatavilla olevien tietojen mukaan tämä on puistoon valittu rakennettava voimalatyyppi. (Siemens Gamesa, 2022). Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,0 + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali ja napakorkeus 165 m.

Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 7.

Kuva 4. Sarvikankaan tuulivoimapuiston (VE2) ja naapuripuisto Niinimäen yhteisvaikutusten melumallinnus. 19 havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla (a-s).

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

Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 39 dB(A) eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon, korkein äänitaso ollen 38,6 dB(A) vakituisen asunnon "b" kohdalla.

6.7 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti. Niinimäen tuulivoimapuisto otettiin erillisissä laskennoissa huomioon molemmille Sarvikankaan hankevaihtoehdoille.

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla sisätilojen toimenpiderajat alittuvat. Myös kauempana sijaitsevissa asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Laskennan tulokset löytyvät liitteistä 2 ja 3.

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.

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.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että tuulivoimapuiston pienitaajuisen melun vaikutukset ovat 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 päättämillä 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 ylity 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 tietoaineiston CC 4.0 -lisenssi*. Saatavilla: https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu

Siemens Gamesa Renewable Energy S.A. (2022). *Acoustic Emission for SG 6.6-170, Rev. 0*. Document no. SG-F18.16-TR-00891_R00.

Siemens Gamesa Renewable Energy S.A. (2022). Siemens Gamesa selected by OX2 for 145-MW project in Finland. Webpage, available at: https://www.siemensgamesa.com/newsroom/2022/12/121522-siemens-gamesa-press-release-onshore-ox2-niinimaki-finland

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

Ympäristöministeriö (2014). *Tuulivoimaloiden melun mallintaminen*. Helsinki. Saatavilla: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH_2_2014.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Ympäristöministeriö, (2016). Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. PDF-asiakirja.

Ympäristöministeriö (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu*. Päivitys 2016. Saatavilla: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79057

Ympäristöministeriö (2018). *Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä*. Saatavilla: https://www.ym.fi/download/noname/%7B2852D34E-DA43-4DCA-9CEE-47DBB9EFCB08%7D/138568

9 MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, SARVIKANGAS

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT	*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä		
Mallinnusraportti numero/tunniste: **AEs231016-1**		Raportin hyväksyntäpäivämäärä: **25.10.2023**	
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: **Etha Wind Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440**			
Vastuuhenkilöt: **Nina Nurmela & Alexander Ehrs**			
Laatija: **Nina Nurmela & Alexander Ehrs**		Tarkastaja/hyväksyjä: **Christian Granlund**	
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT			
Mallinnusohjelma ja versio: **WindPRO Ver3.6**		Mallinnusmenetelmä: **ISO 9613-2**	
TUULIVOIMALAN TIEDOT			
Tuulivoimalan valmistaja: **Siemens Gamesa**		Tyyppi: **SG-170 6.6**	Sarjanumero/t:
Nimellisteho: **6.6 MW**	Napakorkeus: **200 m**	Roottorin halkaisija: **170 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 Siemens-Gamesa SG-170 6.6 MW, 165 - 200 m napakorkeus, 106,0 dB(A). Mallinnuksissa lisätty +2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali ei ole lisätty alla olevassa kaaviossa.			

Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitu- dimodulaatio)		Muu, Mikä:		
~~kyllä~~	**ei**	~~kyllä~~	**ei**	~~kyllä~~	**ei**	~~kyllä~~	**ei**	

AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
Laskentakorkeus			Laskentaruudun koko [m·m]
4 m	Muu, mikä ja miksi:		**20 m * 20 m**
Suhteellinen kosteus		Lämpötila	
70 %	Muu, mikä ja miksi:	**15 C°**	Muu, mikä ja miksi:
Maastomallin lähde ja tarkkuus			
Maastomallin lähde: **Maanmittauslaitos**		Vaakaresoluutio: **2 m**	Pystyresoluutio: **0,3 m**
Maan- ja vedenpinnan absorption ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet			
ISO 9613-2			
Vesialueet, (0) / (G)	**0**		
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)	**0,4**		
Maa-alueet, (0) / (G)			
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus			
Neutraali, (0): **kyllä**	Muu, mikä ja miksi:		
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen			
Vapaa avaruus	Muu, mikä, miksi:		
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)			
Asukkaat: **0** kpl	Vapaa-ajan rakennukset: **0** kpl		Hoito- ja oppilaitokset: **0** kpl
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)			
Asukkaat: **0** kpl	Vapaa-ajan rakennukset: **0** kpl		Hoito- ja oppilaitokset: **0** kpl
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille			
Virkistysalueet: **0** kpl		Luonnonsuojelualueet: **0** kpl	

LIITE 1: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET

Taulukko 7. Sarvikankaan mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa (VE1, 32 voimalaa).

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	Melu [dB(A)][1)]	Melu [dB(A)][2)]	Ohjearvojen ylitys
a	Vapaa-ajan	494903	6918154	40	33,2	35,5	Ei
b	Vakituinen	494206	6916147	40	38,4	38,8	Ei
c	Vakituinen	493861	6915893	40	38,4	38,7	Ei
d	Vakituinen	493584	6915816	40	38,5	38,7	Ei
e	Vapaa-ajan	489989	6912308	40	34,6	34,7	Ei
f	Vapaa-ajan	491855	6911816	40	38,6	38,6	Ei
g	Vapaa-ajan	492016	6911777	40	38,7	38,8	Ei
h	Vapaa-ajan	492138	6911799	40	38,9	38,9	Ei
i	Vakituinen	493985	6910741	40	36,3	36,4	Ei
j	Vapaa-ajan	494592	6910775	40	36,2	36,3	Ei
k	Vapaa-ajan	495021	6910461	40	34,9	35,1	Ei
l	Vakituinen	496628	6912207	40	36,7	36,9	Ei
m	Vakituinen	496602	6912839	40	38,8	39,0	Ei
n	Vakituinen	496612	6912905	40	39,0	39,2	Ei
o	Vapaa-ajan	498210	6913329	40	36,3	37,0	Ei
p	Vapaa-ajan	498562	6913381	40	34,9	35,7	Ei
q	Vapaa-ajan	498395	6914047	40	36,8	37,6	Ei
r	Vakituinen	499377	6915075	40	32,0	36,7	Ei
s	Vakituinen	494481	6911052	40	38,4	38,5	Ei

[1]) Sarvikankaan mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa (32 voimalalle)

[2]) Sarvikankaan ja naapuripuisto Niinimäen mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa (32 +22 voimalalle).

Taulukko 8. Sarvikankaan mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa (VE2, 25 voimalaa).

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	Melu [dB(A)][1)]	Melu [dB(A)][2)]	Ohjearvojen ylitys
a	Vapaa-ajan	494903	6918154	40	33,6	35,7	Ei
b	Vakituinen	494206	6916147	40	38,2	38,6	Ei
c	Vakituinen	493861	6915893	40	37,9	38,2	Ei
d	Vakituinen	493584	6915816	40	37,8	38,1	Ei
e	Vapaa-ajan	489989	6912308	40	33,9	34,0	Ei
f	Vapaa-ajan	491855	6911816	40	37,5	37,6	Ei
g	Vapaa-ajan	492016	6911777	40	37,6	37,7	Ei
h	Vapaa-ajan	492138	6911799	40	37,8	37,8	Ei
i	Vakituinen	493985	6910741	40	34,7	34,9	Ei
j	Vapaa-ajan	494592	6910775	40	34,8	35,0	Ei
k	Vapaa-ajan	495021	6910461	40	33,6	33,9	Ei
l	Vakituinen	496628	6912207	40	35,4	35,7	Ei
m	Vakituinen	496602	6912839	40	37,4	37,7	Ei
n	Vakituinen	496612	6912905	40	37,5	37,8	Ei
o	Vapaa-ajan	498210	6913329	40	33,2	34,6	Ei
p	Vapaa-ajan	498562	6913381	40	32,0	33,5	Ei
q	Vapaa-ajan	498395	6914047	40	33,1	34,9	Ei
r	Vakituinen	499377	6915075	40	29,9	36,1	Ei
s	Vakituinen	494481	6911052	40	36,9	37,0	Ei

[1]) Sarvikankaan mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa (25 voimalalle)

[2]) Sarvikankaan ja naapuripuisto Niinimäen mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa (25 +22 voimalalle).

LIITE 2: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, SARVIKANGAS (VE1)

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevissa asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat.

Pienitaajuinen melu on laskettu Sarvikankaan puiston 32 tuulivoimalalle.

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
Taajuus: (Hz)	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
a	54.1	52.2	50.7	49.2	47.4	45.6	43.8	43.4	39.2	35.3	32.3
b	57.7	55.8	54.3	52.9	51.1	49.3	47.6	47.3	43.3	39.5	36.8
c	57.7	55.9	54.4	52.9	51.2	49.4	47.6	47.3	43.3	39.6	36.9
d	57.6	55.8	54.2	52.8	51.0	49.2	47.5	47.2	43.2	39.4	36.7
e	54.6	52.7	51.2	49.7	48.0	46.1	44.4	44.0	39.9	36.0	33.2
f	57.0	55.1	53.6	52.2	50.4	48.6	46.9	46.6	42.5	38.8	36.1
g	57.1	55.3	53.7	52.3	50.5	48.7	47.0	46.7	42.7	38.9	36.3
h	57.4	55.5	54.0	52.5	50.8	49.0	47.3	47.0	43.0	39.2	36.6
i	56.0	54.1	52.6	51.1	49.4	47.6	45.8	45.5	41.4	37.6	34.8
j	55.9	54.1	52.5	51.1	49.3	47.5	45.8	45.4	41.4	37.5	34.8
k	54.7	52.9	51.3	49.9	48.1	46.3	44.5	44.1	40.0	36.1	33.2
l	56.4	54.6	53.1	51.6	49.9	48.0	46.3	46.0	41.9	38.1	35.3
m	57.8	55.9	54.4	52.9	51.2	49.4	47.7	47.4	43.4	39.7	37.0
n	57.9	56.0	54.5	53.1	51.3	49.5	47.8	47.5	43.5	39.8	37.1
o	55.1	53.3	51.7	50.3	48.5	46.7	44.9	44.6	40.5	36.6	33.8
p	54.3	52.5	50.9	49.5	47.7	45.9	44.1	43.7	39.5	35.6	32.7
q	55.7	53.8	52.3	50.8	49.1	47.3	45.5	45.2	41.1	37.3	34.6
r	53.2	51.3	49.8	48.3	46.5	44.7	42.9	42.4	38.2	34.2	31.2
s	57.0	55.1	53.6	52.1	50.4	48.6	46.9	46.5	42.5	38.8	36.1

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

	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
Taajuus: (Hz)	**20**	**25**	**31.5**	**40**	**50**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**
a	47.5	43.8	39.9	37.8	34.4	29.0	24.1	22.2	19.0	14.1	11.1
b	51.1	47.4	43.5	41.5	38.1	32.7	27.9	26.1	23.1	18.3	15.6
c	51.1	47.5	43.6	41.5	38.2	32.8	27.9	26.1	23.1	18.4	15.7
d	51.0	47.4	43.4	41.4	38.0	32.6	27.8	26.0	23.0	18.2	15.5
e	48.0	44.3	40.4	38.3	35.0	29.5	24.7	22.8	19.7	14.8	12.0
f	50.4	46.7	42.8	40.8	37.4	32.0	27.2	25.4	22.3	17.6	14.9
g	50.5	46.9	42.9	40.9	37.5	32.1	27.3	25.5	22.5	17.7	15.1
h	50.8	47.1	43.2	41.1	37.8	32.4	27.6	25.8	22.8	18.0	15.4
i	49.4	45.7	41.8	39.7	36.4	31.0	26.1	24.3	21.2	16.4	13.6
j	49.3	45.7	41.7	39.7	36.3	30.9	26.1	24.2	21.2	16.3	13.6
k	48.1	44.5	40.5	38.5	35.1	29.7	24.8	22.9	19.8	14.9	12.0
l	49.8	46.2	42.3	40.2	36.9	31.4	26.6	24.8	21.7	16.9	14.1
m	51.2	47.5	43.6	41.5	38.2	32.8	28.0	26.2	23.2	18.5	15.8
n	51.3	47.6	43.7	41.7	38.3	32.9	28.1	26.3	23.3	18.6	15.9
o	48.5	44.9	40.9	38.9	35.5	30.1	25.2	23.4	20.3	15.4	12.6
p	47.7	44.1	40.1	38.1	34.7	29.3	24.4	22.5	19.3	14.4	11.5
q	49.1	45.4	41.5	39.4	36.1	30.7	25.8	24.0	20.9	16.1	13.4
r	46.6	42.9	39.0	36.9	33.5	28.1	23.2	21.2	18.0	13.0	10.0
s	50.4	46.7	42.8	40.7	37.4	32.0	27.2	25.3	22.3	17.6	14.9

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

	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
Taajuus: (Hz)	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
a	46.5	43.9	41.5	38.9	35.9	32.6	29.0	26.6	20.4	14.2	9.5
b	50.1	47.5	45.1	42.6	39.6	36.3	32.8	30.5	24.5	18.4	14.0
c	50.1	47.6	45.2	42.6	39.7	36.4	32.8	30.5	24.5	18.5	14.1
d	50.0	47.5	45.0	42.5	39.5	36.2	32.7	30.4	24.4	18.3	13.9
e	47.0	44.4	42.0	39.4	36.5	33.1	29.6	27.2	21.1	14.9	10.4
f	49.4	46.8	44.4	41.9	38.9	35.6	32.1	29.8	23.7	17.7	13.3
g	49.5	47.0	44.5	42.0	39.0	35.7	32.2	29.9	23.9	17.8	13.5
h	49.8	47.2	44.8	42.2	39.3	36.0	32.5	30.2	24.2	18.1	13.8
i	48.4	45.8	43.4	40.8	37.9	34.6	31.0	28.7	22.6	16.5	12.0
j	48.3	45.8	43.3	40.8	37.8	34.5	31.0	28.6	22.6	16.4	12.0
k	47.1	44.6	42.1	39.6	36.6	33.3	29.7	27.3	21.2	15.0	10.4
l	48.8	46.3	43.9	41.3	38.4	35.0	31.5	29.2	23.1	17.0	12.5
m	50.2	47.6	45.2	42.6	39.7	36.4	32.9	30.6	24.6	18.6	14.2
n	50.3	47.7	45.3	42.8	39.8	36.5	33.0	30.7	24.7	18.7	14.3
o	47.5	45.0	42.5	40.0	37.0	33.7	30.1	27.8	21.7	15.5	11.0
p	46.7	44.2	41.7	39.2	36.2	32.9	29.3	26.9	20.7	14.5	9.9
q	48.1	45.5	43.1	40.5	37.6	34.3	30.7	28.4	22.3	16.2	11.8
r	45.6	43.0	40.6	38.0	35.0	31.7	28.1	25.6	19.4	13.1	8.4
s	49.4	46.8	44.4	41.8	38.9	35.6	32.1	29.7	23.7	17.7	13.3

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

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

Liite 3: Pienitaajuisen melun laskenta, Sarvikangas (VE1) ja Niinimäen yhteisvaikutukset

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevissa asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat.

Pienitaajuinen melu on laskettu tilanteessa, jossa Sarvikankaan (VE1, 32 voimalaa) ja Niinimäen (22 voimalaa) tuulivoimapuistot ovat toiminnassa.

Taulukko 12. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella

	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
Taajuus: (Hz)	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
a	56.5	54.6	53.1	51.6	49.8	48.0	46.2	45.8	41.6	37.7	34.7
b	58.4	56.5	55.0	53.5	51.8	50.0	48.2	47.9	43.8	40.0	37.3
c	58.3	56.5	55.0	53.5	51.7	49.9	48.2	47.8	43.8	40.0	37.2
d	58.2	56.3	54.8	53.3	51.6	49.7	48.0	47.7	43.6	39.8	37.0
e	54.9	53.0	51.5	50.0	48.3	46.4	44.6	44.2	40.1	36.2	33.3
f	57.2	55.4	53.8	52.4	50.6	48.8	47.1	46.7	42.7	38.9	36.2
g	57.3	55.5	54.0	52.5	50.7	48.9	47.2	46.9	42.8	39.0	36.3
h	57.6	55.7	54.2	52.8	51.0	49.2	47.5	47.1	43.1	39.3	36.6
i	56.3	54.4	52.9	51.4	49.7	47.8	46.1	45.7	41.6	37.7	34.9
j	56.3	54.4	52.9	51.4	49.7	47.8	46.1	45.7	41.6	37.7	34.9
k	55.2	53.3	51.8	50.3	48.5	46.7	44.9	44.4	40.3	36.3	33.3
l	57.0	55.1	53.6	52.1	50.4	48.6	46.8	46.4	42.3	38.5	35.6
m	58.3	56.4	54.9	53.4	51.7	49.9	48.1	47.8	43.8	40.0	37.3
n	58.4	56.5	55.0	53.5	51.8	50.0	48.3	47.9	43.9	40.1	37.4
o	56.3	54.5	52.9	51.4	49.7	47.8	46.1	45.7	41.5	37.6	34.7
p	55.8	53.9	52.4	50.9	49.1	47.3	45.5	45.0	40.9	36.9	33.9
q	57.1	55.3	53.7	52.3	50.5	48.7	46.9	46.5	42.5	38.6	35.8
r	56.8	55.0	53.4	52.0	50.2	48.4	46.6	46.2	42.1	38.2	35.4
s	57.3	55.4	53.9	52.4	50.7	48.8	47.1	46.8	42.7	38.9	36.2

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

	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
Taajuus: (Hz)	**20**	**25**	**31.5**	**40**	**50**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**
a	49.9	46.2	42.3	40.2	36.8	31.4	26.5	24.6	21.4	16.5	13.5
b	51.8	48.1	44.2	42.1	38.8	33.4	28.5	26.7	23.6	18.8	16.1
c	51.7	48.1	44.2	42.1	38.7	33.3	28.5	26.6	23.6	18.8	16.0
d	51.6	47.9	44.0	41.9	38.6	33.1	28.3	26.5	23.4	18.6	15.8
e	48.3	44.6	40.7	38.6	35.3	29.8	24.9	23.0	19.9	15.0	12.1
f	50.6	47.0	43.0	41.0	37.6	32.2	27.4	25.5	22.5	17.7	15.0
g	50.7	47.1	43.2	41.1	37.7	32.3	27.5	25.7	22.6	17.8	15.1
h	51.0	47.3	43.4	41.4	38.0	32.6	27.8	25.9	22.9	18.1	15.4
i	49.7	46.0	42.1	40.0	36.7	31.2	26.4	24.5	21.4	16.5	13.7
j	49.7	46.0	42.1	40.0	36.7	31.2	26.4	24.5	21.4	16.5	13.7
k	48.6	44.9	41.0	38.9	35.5	30.1	25.2	23.2	20.1	15.1	12.1
l	50.4	46.7	42.8	40.7	37.4	32.0	27.1	25.2	22.1	17.3	14.4
m	51.7	48.0	44.1	42.0	38.7	33.3	28.4	26.6	23.6	18.8	16.1
n	51.8	48.1	44.2	42.1	38.8	33.4	28.6	26.7	23.7	18.9	16.2
o	49.7	46.1	42.1	40.0	36.7	31.2	26.4	24.5	21.3	16.4	13.5
p	49.2	45.5	41.6	39.5	36.1	30.7	25.8	23.8	20.7	15.7	12.7
q	50.5	46.9	42.9	40.9	37.5	32.1	27.2	25.3	22.3	17.4	14.6
r	50.2	46.6	42.6	40.6	37.2	31.8	26.9	25.0	21.9	17.0	14.2
s	50.7	47.0	43.1	41.0	37.7	32.2	27.4	25.6	22.5	17.7	15.0

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

	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
Taajuus: (Hz)	**20**	**25**	**31.5**	**40**	**50**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**
a	48.9	46.3	43.9	41.3	38.3	35.0	31.4	29.0	22.8	16.6	11.9
b	50.8	48.2	45.8	43.2	40.3	37.0	33.4	31.1	25.0	18.9	14.5
c	50.7	48.2	45.8	43.2	40.2	36.9	33.4	31.0	25.0	18.9	14.4
d	50.6	48.0	45.6	43.0	40.1	36.7	33.2	30.9	24.8	18.7	14.2
e	47.3	44.7	42.3	39.7	36.8	33.4	29.8	27.4	21.3	15.1	10.5
f	49.6	47.1	44.6	42.1	39.1	35.8	32.3	29.9	23.9	17.8	13.4
g	49.7	47.2	44.8	42.2	39.2	35.9	32.4	30.1	24.0	17.9	13.5
h	50.0	47.4	45.0	42.5	39.5	36.2	32.7	30.3	24.3	18.2	13.8
i	48.7	46.1	43.7	41.1	38.2	34.8	31.3	28.9	22.8	16.6	12.1
j	48.7	46.1	43.7	41.1	38.2	34.8	31.3	28.9	22.8	16.6	12.1
k	47.6	45.0	42.6	40.0	37.0	33.7	30.1	27.6	21.5	15.2	10.5
l	49.4	46.8	44.4	41.8	38.9	35.6	32.0	29.6	23.5	17.4	12.8
m	50.7	48.1	45.7	43.1	40.2	36.9	33.3	31.0	25.0	18.9	14.5
n	50.8	48.2	45.8	43.2	40.3	37.0	33.5	31.1	25.1	19.0	14.6
o	48.7	46.2	43.7	41.1	38.2	34.8	31.3	28.9	22.7	16.5	11.9
p	48.2	45.6	43.2	40.6	37.6	34.3	30.7	28.2	22.1	15.8	11.1
q	49.5	47.0	44.5	42.0	39.0	35.7	32.1	29.7	23.7	17.5	13.0
r	49.2	46.7	44.2	41.7	38.7	35.4	31.8	29.4	23.3	17.1	12.6
s	49.7	47.1	44.7	42.1	39.2	35.8	32.3	30.0	23.9	17.8	13.4

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

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

Liite 4: Pienitaajuisen melun laskenta, Sarvikangas (VE2)

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevissa asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat.

Pienitaajuinen melu on laskettu Sarvikankaan puiston 25 tuulivoimalalle.

Taulukko 15. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
Taajuus: (Hz)	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
a	53.7	51.9	50.3	48.9	47.1	45.3	43.5	43.1	39.0	35.1	32.3
b	57.1	55.3	53.7	52.3	50.5	48.8	47.0	46.7	42.7	39.0	36.4
c	57.0	55.2	53.6	52.2	50.4	48.6	46.9	46.6	42.6	38.9	36.2
d	56.8	55.0	53.4	52.0	50.3	48.5	46.7	46.4	42.4	38.7	36.0
e	53.7	51.8	50.3	48.8	47.1	45.3	43.5	43.1	39.0	35.2	32.4
f	55.9	54.1	52.5	51.1	49.3	47.5	45.8	45.5	41.5	37.7	35.0
g	56.0	54.1	52.6	51.2	49.4	47.6	45.9	45.6	41.6	37.8	35.1
h	56.2	54.4	52.9	51.4	49.7	47.9	46.1	45.8	41.8	38.1	35.4
i	54.6	52.8	51.2	49.8	48.0	46.2	44.5	44.1	40.0	36.2	33.4
j	54.6	52.8	51.2	49.8	48.0	46.2	44.5	44.1	40.0	36.2	33.4
k	53.5	51.6	50.1	48.6	46.8	45.0	43.2	42.8	38.7	34.8	31.9
l	55.2	53.3	51.8	50.3	48.6	46.8	45.0	44.7	40.6	36.8	34.0
m	56.4	54.6	53.0	51.6	49.8	48.0	46.3	46.0	42.0	38.3	35.6
n	56.5	54.7	53.1	51.7	49.9	48.1	46.4	46.1	42.1	38.4	35.7
o	53.2	51.3	49.8	48.3	46.5	44.7	42.9	42.5	38.4	34.4	31.4
p	52.5	50.6	49.1	47.6	45.8	44.0	42.2	41.7	37.5	33.5	30.5
q	53.4	51.6	50.0	48.6	46.8	45.0	43.2	42.8	38.6	34.7	31.8
r	51.6	49.7	48.2	46.7	44.9	43.1	41.2	40.8	36.5	32.5	29.4
s	55.6	53.8	52.3	50.8	49.1	47.2	45.5	45.2	41.2	37.4	34.7

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

	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
Taajuus: (Hz)	**20**	**25**	**31.5**	**40**	**50**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**
a	47.1	43.5	39.5	37.5	34.1	28.7	23.8	21.9	18.8	13.9	11.1
b	50.5	46.9	42.9	40.9	37.5	32.2	27.3	25.5	22.5	17.8	15.2
c	50.4	46.8	42.8	40.8	37.4	32.0	27.2	25.4	22.4	17.7	15.0
d	50.2	46.6	42.6	40.6	37.3	31.9	27.0	25.2	22.2	17.5	14.8
e	47.1	43.4	39.5	37.4	34.1	28.7	23.8	21.9	18.8	14.0	11.2
f	49.3	45.7	41.7	39.7	36.3	30.9	26.1	24.3	21.3	16.5	13.8
g	49.4	45.7	41.8	39.8	36.4	31.0	26.2	24.4	21.4	16.6	13.9
h	49.6	46.0	42.1	40.0	36.7	31.3	26.4	24.6	21.6	16.9	14.2
i	48.0	44.4	40.4	38.4	35.0	29.6	24.8	22.9	19.8	15.0	12.2
j	48.0	44.4	40.4	38.4	35.0	29.6	24.8	22.9	19.8	15.0	12.2
k	46.9	43.2	39.3	37.2	33.8	28.4	23.5	21.6	18.5	13.6	10.7
l	48.6	44.9	41.0	38.9	35.6	30.2	25.3	23.5	20.4	15.6	12.8
m	49.8	46.2	42.2	40.2	36.8	31.4	26.6	24.8	21.8	17.1	14.4
n	49.9	46.3	42.3	40.3	36.9	31.5	26.7	24.9	21.9	17.2	14.5
o	46.6	42.9	39.0	36.9	33.5	28.1	23.2	21.3	18.2	13.2	10.2
p	45.9	42.2	38.3	36.2	32.8	27.4	22.5	20.5	17.3	12.3	9.3
q	46.8	43.2	39.2	37.2	33.8	28.4	23.5	21.6	18.4	13.5	10.6
r	45.0	41.3	37.4	35.3	31.9	26.5	21.5	19.6	16.3	11.3	8.2
s	49.0	45.4	41.5	39.4	36.1	30.6	25.8	24.0	21.0	16.2	13.5

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

	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
Taajuus: (Hz)	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
a	46.1	43.6	41.1	38.6	35.6	32.3	28.7	26.3	20.2	14.0	9.5
b	49.5	47.0	44.5	42.0	39.0	35.8	32.2	29.9	23.9	17.9	13.6
c	49.4	46.9	44.4	41.9	38.9	35.6	32.1	29.8	23.8	17.8	13.4
d	49.2	46.7	44.2	41.7	38.8	35.5	31.9	29.6	23.6	17.6	13.2
e	46.1	43.5	41.1	38.5	35.6	32.3	28.7	26.3	20.2	14.1	9.6
f	48.3	45.8	43.3	40.8	37.8	34.5	31.0	28.7	22.7	16.6	12.2
g	48.4	45.8	43.4	40.9	37.9	34.6	31.1	28.8	22.8	16.7	12.3
h	48.6	46.1	43.7	41.1	38.2	34.9	31.3	29.0	23.0	17.0	12.6
i	47.0	44.5	42.0	39.5	36.5	33.2	29.7	27.3	21.2	15.1	10.6
j	47.0	44.5	42.0	39.5	36.5	33.2	29.7	27.3	21.2	15.1	10.6
k	45.9	43.3	40.9	38.3	35.3	32.0	28.4	26.0	19.9	13.7	9.1
l	47.6	45.0	42.6	40.0	37.1	33.8	30.2	27.9	21.8	15.7	11.2
m	48.8	46.3	43.8	41.3	38.3	35.0	31.5	29.2	23.2	17.2	12.8
n	48.9	46.4	43.9	41.4	38.4	35.1	31.6	29.3	23.3	17.3	12.9
o	45.6	43.0	40.6	38.0	35.0	31.7	28.1	25.7	19.6	13.3	8.6
p	44.9	42.3	39.9	37.3	34.3	31.0	27.4	24.9	18.7	12.4	7.7
q	45.8	43.3	40.8	38.3	35.3	32.0	28.4	26.0	19.8	13.6	9.0
r	44.0	41.4	39.0	36.4	33.4	30.1	26.4	24.0	17.7	11.4	6.6
s	48.0	45.5	43.1	40.5	37.6	34.2	30.7	28.4	22.4	16.3	11.9

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

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

Liite 5: Pienitaajuisen melun laskenta, Sarvikangas (VE2) ja Niinimäen yhteisvaikutukset

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevissa asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat.

Pienitaajuinen melu on laskettu tilanteessa, jossa Sarvikankaan (VE2, 25 voimalaa) ja Niinimäen (22 voimalaa) tuulivoimapuistot ovat toiminnassa.

Taulukko 18. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella

	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
Taajuus: (Hz)	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
a	56.2	54.4	52.8	51.4	49.6	47.8	46.0	45.6	41.5	37.6	34.7
b	57.9	56.1	54.5	53.1	51.3	49.5	47.8	47.4	43.4	39.6	36.9
c	57.7	55.9	54.3	52.9	51.1	49.3	47.6	47.2	43.2	39.4	36.6
d	57.5	55.6	54.1	52.6	50.9	49.1	47.3	47.0	42.9	39.1	36.4
e	54.1	52.2	50.7	49.2	47.4	45.6	43.8	43.4	39.3	35.3	32.5
f	56.2	54.3	52.8	51.4	49.6	47.8	46.0	45.7	41.6	37.8	35.1
g	56.3	54.4	52.9	51.4	49.7	47.9	46.1	45.8	41.7	37.9	35.2
h	56.5	54.7	53.1	51.7	49.9	48.1	46.4	46.0	42.0	38.2	35.5
i	55.1	53.2	51.7	50.2	48.4	46.6	44.8	44.4	40.3	36.4	33.5
j	55.1	53.2	51.7	50.2	48.5	46.6	44.9	44.5	40.3	36.4	33.6
k	54.1	52.2	50.7	49.2	47.4	45.5	43.7	43.3	39.1	35.1	32.1
l	55.9	54.0	52.5	51.0	49.3	47.4	45.7	45.3	41.2	37.3	34.4
m	57.1	55.2	53.7	52.2	50.5	48.7	46.9	46.6	42.5	38.7	36.0
n	57.2	55.3	53.8	52.3	50.6	48.8	47.0	46.7	42.6	38.8	36.1
o	54.9	53.1	51.5	50.0	48.3	46.4	44.6	44.2	40.0	35.9	32.9
p	54.5	52.7	51.1	49.6	47.8	46.0	44.2	43.7	39.5	35.4	32.3
q	55.6	53.8	52.2	50.8	49.0	47.1	45.4	44.9	40.8	36.8	33.9
r	56.2	54.4	52.8	51.4	49.6	47.8	46.0	45.6	41.5	37.6	34.8
s	56.0	54.2	52.6	51.2	49.4	47.6	45.8	45.5	41.4	37.6	34.8

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

	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
Taajuus: (Hz)	**20**	**25**	**31.5**	**40**	**50**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**
a	49.6	46.0	42.0	40.0	36.6	31.2	26.3	24.4	21.3	16.4	13.5
b	51.3	47.7	43.7	41.7	38.3	32.9	28.1	26.2	23.2	18.4	15.7
c	51.1	47.5	43.5	41.5	38.1	32.7	27.9	26.0	23.0	18.2	15.4
d	50.9	47.2	43.3	41.2	37.9	32.5	27.6	25.8	22.7	17.9	15.2
e	47.5	43.8	39.9	37.8	34.4	29.0	24.1	22.2	19.1	14.1	11.3
f	49.6	45.9	42.0	40.0	36.6	31.2	26.3	24.5	21.4	16.6	13.9
g	49.7	46.0	42.1	40.0	36.7	31.3	26.4	24.6	21.5	16.7	14.0
h	49.9	46.3	42.3	40.3	36.9	31.5	26.7	24.8	21.8	17.0	14.3
i	48.5	44.8	40.9	38.8	35.4	30.0	25.1	23.2	20.1	15.2	12.3
j	48.5	44.8	40.9	38.8	35.5	30.0	25.2	23.3	20.1	15.2	12.4
k	47.5	43.8	39.9	37.8	34.4	28.9	24.0	22.1	18.9	13.9	10.9
l	49.3	45.6	41.7	39.6	36.3	30.8	26.0	24.1	21.0	16.1	13.2
m	50.5	46.8	42.9	40.8	37.5	32.1	27.2	25.4	22.3	17.5	14.8
n	50.6	46.9	43.0	40.9	37.6	32.2	27.3	25.5	22.4	17.6	14.9
o	48.3	44.7	40.7	38.6	35.3	29.8	24.9	23.0	19.8	14.7	11.7
p	47.9	44.3	40.3	38.2	34.8	29.4	24.5	22.5	19.3	14.2	11.1
q	49.0	45.4	41.4	39.4	36.0	30.5	25.7	23.7	20.6	15.6	12.7
r	49.6	46.0	42.0	40.0	36.6	31.2	26.3	24.4	21.3	16.4	13.6
s	49.4	45.8	41.8	39.8	36.4	31.0	26.1	24.3	21.2	16.4	13.6

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

	Melutaso kohteissa a - s (dBA)										
Taajuus: (Hz)	**20**	**25**	**31.5**	**40**	**50**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**
a	48.6	46.1	43.6	41.1	38.1	34.8	31.2	28.8	22.7	16.5	11.9
b	50.3	47.8	45.3	42.8	39.8	36.5	33.0	30.6	24.6	18.5	14.1
c	50.1	47.6	45.1	42.6	39.6	36.3	32.8	30.4	24.4	18.3	13.8
d	49.9	47.3	44.9	42.3	39.4	36.1	32.5	30.2	24.1	18.0	13.6
e	46.5	43.9	41.5	38.9	35.9	32.6	29.0	26.6	20.5	14.2	9.7
f	48.6	46.0	43.6	41.1	38.1	34.8	31.2	28.9	22.8	16.7	12.3
g	48.7	46.1	43.7	41.1	38.2	34.9	31.3	29.0	22.9	16.8	12.4
h	48.9	46.4	43.9	41.4	38.4	35.1	31.6	29.2	23.2	17.1	12.7
i	47.5	44.9	42.5	39.9	36.9	33.6	30.0	27.6	21.5	15.3	10.7
j	47.5	44.9	42.5	39.9	37.0	33.6	30.1	27.7	21.5	15.3	10.8
k	46.5	43.9	41.5	38.9	35.9	32.5	28.9	26.5	20.3	14.0	9.3
l	48.3	45.7	43.3	40.7	37.8	34.4	30.9	28.5	22.4	16.2	11.6
m	49.5	46.9	44.5	41.9	39.0	35.7	32.1	29.8	23.7	17.6	13.2
n	49.6	47.0	44.6	42.0	39.1	35.8	32.2	29.9	23.8	17.7	13.3
o	47.3	44.8	42.3	39.7	36.8	33.4	29.8	27.4	21.2	14.8	10.1
p	46.9	44.4	41.9	39.3	36.3	33.0	29.4	26.9	20.7	14.3	9.5
q	48.0	45.5	43.0	40.5	37.5	34.1	30.6	28.1	22.0	15.7	11.1
r	48.6	46.1	43.6	41.1	38.1	34.8	31.2	28.8	22.7	16.5	12.0
s	48.4	45.9	43.4	40.9	37.9	34.6	31.0	28.7	22.6	16.5	12.0

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

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

LIITE 6: SIJOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 21. Sarvikankaan voimaloiden sijaintitiedot (VE1, 32 voimalaa)

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	VoimalamalliNapakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	491401	6914330	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
2	491917	6914110	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
3	490900	6913574	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
4	491401	6913409	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
5	491966	6913414	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
6	492476	6913269	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
7	492641	6914241	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
8	493053	6913915	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
9	493202	6913293	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
10	493431	6912740	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
11	493690	6912223	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
12	493789	6914033	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
13	493958	6913425	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
14	494235	6912875	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
15	494476	6912311	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
16	494406	6914248	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
17	494582	6913644	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
18	494863	6913146	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
19	495116	6912622	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
20	495013	6914763	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
21	495181	6914159	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
22	495472	6913659	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
23	495620	6915358	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
24	495894	6914847	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
25	496189	6914359	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
26	495713	6916433	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
27	496318	6916486	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
28	496855	6916393	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
29	496252	6915707	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
30	496552	6915144	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
31	496986	6915751	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
32	497295	6914363	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)

Taulukko 22. Sarvikankaan voimaloiden sijaintitiedot (VE2, 25 voimalaa)

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	491402	6914403	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
2	491888	6914159	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
3	490933	6913460	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
4	491653	6913325	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
6	492375	6913300	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
7	492672	6914154	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
8	493072	6913698	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
9	493381	6913031	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
11	493606	6912474	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
12	493762	6914149	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
15	494385	6912369	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
16	494280	6913999	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
17	494621	6913608	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
18	494915	6913162	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
19	495081	6912600	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
20	494863	6914663	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
22	495487	6913897	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
23	495628	6915391	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
24	495904	6914909	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
25	496187	6914346	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
26	495741	6916103	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
27	496407	6916561	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
29	496428	6915905	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
31	496929	6915650	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)
32	495603	6916693	SG170-6.6 200m HH, 106+2 dB(A)

Taulukko 23. Niinimäen voimaloiden sijaintitiedot (22 voimalaa)

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	500953	6917752	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
2	500704	6918433	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
3	500232	6919093	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
4	499854	6919599	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
5	499633	6920274	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
6	500269	6917530	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
8	499418	6918884	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
10	498831	6920236	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
11	499604	6916533	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
12	499440	6917308	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
13	498756	6917403	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
15	496853	6917345	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
16	497659	6918624	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
18	497999	6919509	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
19	497601	6920072	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
20	496870	6920300	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
22	497214	6920963	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
23	497840	6921445	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
24	497056	6921752	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
26	497584	6917437	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
27	497612	6916664	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)
28	498404	6916580	SG170-6.6 165m HH, 106+2 dB(A)