

TUULIVOIMAPUISTO PARHALAHTI

Melusehvitys

Versio	Päivämäärä	Tekijät	Hyväksytty	Tiivistelmä
01	2017-12-19	JRd	CGr	Parhalahden tuulivoimapuiston melusehvitys.

Sisällysluettelo

1	Yhteenveto	3
2	Tausta.....	4
3	Melu.....	4
3.1	Melun muodostuminen.....	5
4	Melun ohjearvot.....	6
4.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	6
4.2	Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat	6
5	Lähtötiedot ja menetelmät.....	6
5.1	Lähtötiedot.....	6
5.2	Menetelmät	7
6	Arvioidut meluvaikutukset	9
6.1	Nykytilanne	9
6.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset.....	9
6.3	Toiminnan aikaiset vaikutukset	9
6.4	Pienitaajuinen melu	11
6.5	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset	12
6.6	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät.....	12
7	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	13
8	Lähteet	14
9	Mallinnustietojen raportti, Parhalahti	15
	Liite 1: Melumallinnuksen tulokset.....	18
	Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta, Parhalahti (lineaariset melutasot)	19
	Liite 3: Pienitaajuisen melun laskenta, Parhalahti, Sarvankangas ja Oltava (lineaariset melutasot).....	21
	Liite 4: Sijoitussuunnitelmat	23

1 Yhteenveto

Tehtävä: Meluselvitys Parhalahden tuulivoimapuiston vaikutusalueella sekä yhteisvaikutukset Sarvankankaan ja Oltavan tuulivoimaloiden kanssa.

Työmenetelmät: Meluselvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.1 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.

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

Tämä meluselvitys on tehty Pyhäjoelle suunnitellulle Parhalahden tuulivoimapuistolle. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan kymmenen voimalan laajuinen. Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelmaa L1.4.1 (liite 4). Melumallinnus on tehty Vestas V126 3.3 MW voimalalla, jonka napakorkeus on 187 metriä. Mallinnuksessa käytettiin Vestaksen elokuussa 2015 päivittäisiä äänitietoja. Tämä voimalatyyppi on valittu, koska se on markkinoiden kovaäänisimpiä.

Sarvankankaan alueella käytettiin Vestaksen V126 3.45 MW voimalamallia, jonka napakorkeus on 137 metriä.

Oltavan alueella käytettiin Nordexin N131 3.0 MW voimalamallia, jonka napakorkeus on 144 metriä.

Tämä selvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) WindPRO Ver3.1 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen R-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen.

3 Melu

Ääni on aaltoliikettä, joka kulkee väliainetta, esimerkiksi ilmaa, pitkin äänilähteestä äänen havainnointipisteeseen. Äänelle on ominaista voimakkuuden, taajuuden ja jaksollisuuden vaihtelut. On syytä huomioda, 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.

3.1 Melun muodostuminen

Tuulivoimaloiden synnyttämä ääni muodostuu pääosin (noin 65 % äänestä) lapojen liikkeestä, mutta myös koneiston aiheuttamasta mekaanisesta äänestä (noin 35 % äänestä). Konehuoneesta lähtevä ääni voi nousta merkittävämmäksi äänen lähteeksi esimerkiksi vikatilanteissa, kun vaihteisto tai generaattori ei toimi oikein. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, 2012)

Lapojen aiheuttama aerodynaaminen melu johtuu pyörimisestä aiheutuvasta jatkuvasta huminasta sekä jaksollisesta huminasta. Jaksollinen humina syntyy ilmakerroksen puristumisesta lavan ohittaessa tornin ja toisaalta lavan melun heijastuessa tornin rungosta. Kovalla tuulella äänet ovat voimakkaimmillaan etenkin, kun tuuli puhaltaa voimalan suunnasta. Lämpötila ja ilmankosteus vaikuttavat melun voimakkuuteen. Oleellimmat tekijät äänen voimakkuuden kannalta ovat kuitenkin etäisyys tuulivoimalasta ja lähistöllä olevien voimaloiden lukumäärä. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, 2012)

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 ohjeavot

4.1 Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjeavoista

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

Taulukko 2. Ohjeavot valtioneuvoston asetuksessa

	ulkomelutaso L_{Aeq} päivällä klo 7—22	ulkomelutaso L_{Aeq} yöllä klo 22—7
pysyvä asutus	45 dB	40 dB
loma-asutus	45 dB	40 dB
hoitolaitokset	45 dB	40 dB
oppilaitokset	45 dB	—
virkestysalueet	45 dB	—
leirintäalueet	45 dB	40 dB
kansallispuistot	40 dB	40 dB

4.2 Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat

Sosiaali- ja terveysministeriön vuoden 2015 Asumisterveysasetuksessa määrittelemät yöaikaisen pieni- eli matalataajuuden sisämelun toimenpiderajat on esitetty alla.

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

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.

Voimalavalmistaja on antanut takuarvon voimalan melupäästölle. Äänitehotasot ilmoitetaan joko kokonaisäänitehotasona tai 1/3 oktaavikaistoittain riippuen valmistajasta ja käytettävästä voimalasta. Parhalahden tapauksessa äänitehotasot on ilmoitettu 1/3 oktaavikaistoittain.

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeiden voimalatiedot

Hankealue	Suunnittelu- vaihe	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotas o (L _{wa})	1/3 oktaavikaistoittainen äänspektri
Parhalahti	Rakennuslupa	V126 3.3 MW	187	106.0 dB(A)	Käytössä
Sarvankangas	Toiminnassa	V126 3.45 MW	137	106.2 dB(A)	Käytössä
Oltava	Kaavoitettu	N131 3.0 MW	144	104.5 dB(A)	Käytössä

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

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

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

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 yhdeksän 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 tapauksessa korkeuserot eivät ylity eikä korjauksia ole tehty.

Jos ääni on erityisen häiritsevää eli kapeakaistaista tai impulssimaista, lisätään laskenta- tai mittaustuloksiin 5 dB ennen asetuksen ohjeeseen vertaamista. Tässä mallinnuksessa laskentatuloksiin ei ole tarvetta lisätä sanktiota, koska lähtötiedoissa ei äänen erityispiirteitä havaittu.

Amplitudimodulaatio on paikallisista olosuhteista ja voimalatyyppistä riippuva ilmiö. Ilmiötä ei pysty mallintamaan etukäteen, vaan se pystytään varmistamaan ainoastaan käytönaikaisilla melumittauksilla. 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. 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.

Pienitaajuinen melu 1/3-oktaavitasoittain altistuvassa kohteessa rakennuksen ulkopuolella arvioidaan yhtälöllä

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

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]

Kuva 1. Pienitaajuisen melun laskentakaava (Ympäristöministeriö, 2014).

6 Arvioidut meluvaikutukset

6.1 Nykytilanne

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

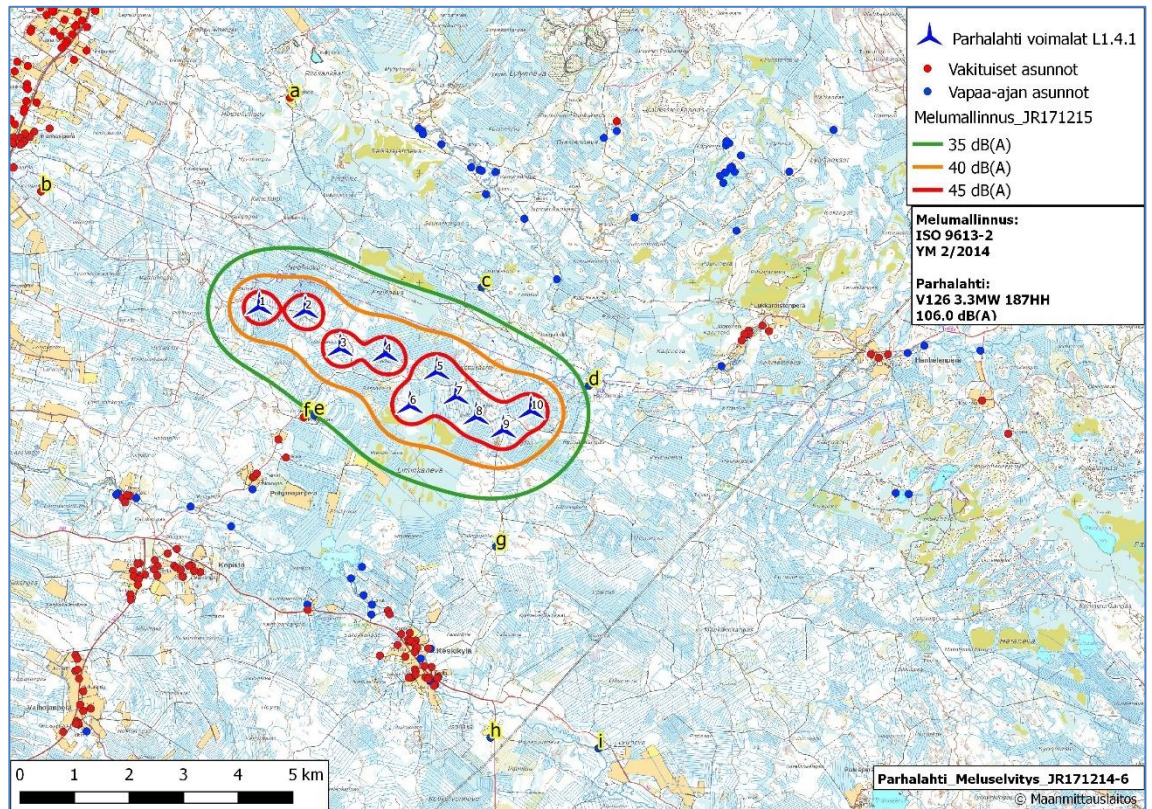
6.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

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

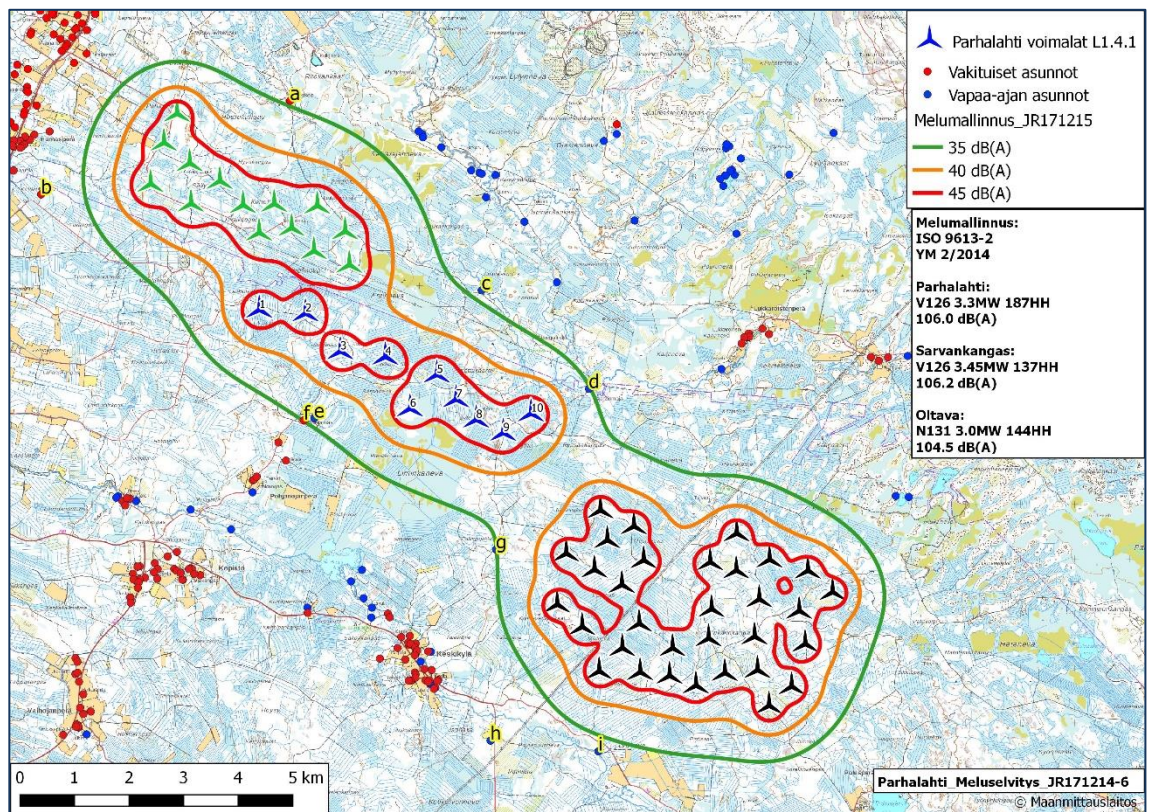
Parhalahden melumallinnuksessa on käytetty Vestaksen V126 3.3 MW serrated blade voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 106.0 dB(A) ja napakorkeus 187 metriä (kuva 2).



Kuva 2. Parhalahden tuulivoimapuiston melumallinnus. Kuvassa 9 havainnointipistettä on merkitty kirjaimilla.

Melumallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dBA. Alueen läheisyydestä on valittu 9 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Alla esitellään meluvaikutukset, kun myös Sarvankankaan ja Oltavan tuulivoimalat on otettu huomioon.



Kuva 3. Parhalahden, Sarvankankaan ja Oltavan yhteisvaikutusten mallinnus.

Melumallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen yöajan ohjearvoa 40 dB(A).

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Parhalahden tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat vähäiset.

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

6.4 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti. Laskennat on suoritettu kahdelle eri vaihtoehdolle: (1) Parhalahden voimalat sekä (2) Parhalahden, Sarvankankaan ja Oltavan voimalat.

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 liitteestä 2 ja 3.

Laskennassa on käytetty laskentastandardissa todettuja äänieristysominaisuuksia, joten todellinen pienitaajuinen melu voi poiketa lasketusta arvosta (DSO 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 Parhalahden tuulivoimaloiden pienitaajuisen melun vaikutukset ovat vähäiset.

6.5 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.

6.6 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.

Mallinnuksessa käytetty voimala on valittu maksimivaikutusten tarkasteluun perustuen ja on todennäköistä, että alueelle valitaan voimala, jonka lähtömelutaso on alhaisempi.

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 (2016)** *01-Noise-CGYK141220-1-Rev3*. Internal work description.
- Maanmittauslaitos (2017).** Maanmittauslaitoksen avoimen tietoineiston CC 4.0 -lisenssi.
<http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>
- Sosiaali- ja Terveysministeriö (2015).** *Asumisterveysasetus*. Helsinki.
<http://www.stm.fi/tiedotteet/tiedote/-/view/1907834>
- Suomen ympäristökeskus (2017).** *OIVA – Ympäristö- ja paikkatietopalvelu asiantuntijoille*.
http://paikkatieto.ymparisto.fi/lapio/lapio_flex.html#
- Valtioneuvosto (2015).** *Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista*.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151107>
- Vestas (2015).** *V126-3.3_3.45MW Estimated Third Octaves, Item No. 0048-2151.V03*.
- Vestas (2015).** *0049-9517_V01 - V126-3_45MW-(IEC3A)-Third Octaves*.
- Nordex (2014).** *F008_246_A08_EN Revision 01*.
- Ympäristöministeriö (2012).** *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu*. Helsinki.
http://www.tuulivoimaopas.fi/files/40/Tuulivoimarakentamisen_suunnittelu.pdf
- Ympäristöministeriö (2014).** *Tuulivoimaloiden melun mallintaminen*. Helsinki.
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH_2_2014.pdf?sequence=1

9 Mallinnustietojen raportti, Parhalahti

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT								*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä	
Mallinnusraportin numero/tunniste:				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 19.12.2017					
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Wind Oy, Frilundintie 2 65170 VAASA, puh. 044-3809237									
Vastuuhenkilöt Jukka Rönnlund, Etha Wind Oy									
Laatija: Jukka Rönnlund				Tarkastaja/hyväksyjä: Christian Granlund					
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT									
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO Ver3.1				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2					
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)									
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas/Nordex				Tyyppi: V126/N131		Sarjanumero/t:			
Nimellisteho: 3,45 MW/3,3MW/3,0MW		Napakorkeus: 187/137/144 m		Roottorin halkaisija: 126,0/131 m		Tornin tyyppi: Putkitorni			
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun									
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä					
Kyllä	dB	Kyllä	dB	dB					
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa	dB					
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT									
Melupäästötiedot Vestas V126 3.3 MW, 187m HH (Voimalavalmistaja on taannut kokonaismeluarvon 106,0 dBA)									
1/1 oktaavi [Hz]		1/3 oktaavi [Hz]							
31,5	75.9	20	63.6	200	90.3	2000	91.9		
63	85.5	25	68.8	250	92.3	2500	89.6		
125	91.7	31,5	69.2	315	95.1	3150	86.2		
250	97.8	40	73.6	400	95.4	4000	85.2		
500	101.0	50	77.6	500	96.1	5000	75.5		
1000	101.3	63	80.4	630	97.0	6300	66.9		
2000	96.6	80	82.7	800	96.4	8000	60.6		
4000	88.9	100	84.9	1000	97.0	10000	60.6		
8000	68.6	125	87.4	1250	96.3				
		160	88	1600	93.2	Yht.	106.0		
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDO									
Melupäästötiedot Vestas V126 3.45 MW, 137m HH (Voimalavalmistaja on taannut kokonaismeluarvon 106,2 dBA)									
1/1 oktaavi [Hz]		1/3 oktaavi [Hz]							
31,5	76.7	20	64.9	200	90.5	2000	94.0		
63	88.1	25	69.4	250	91.7	2500	91.8		
125	94.6	31,5	70.0	315	92.6	3150	88.5		

250	96.5	40	74.5	400	92.9	4000	86.7
500	99.7	50	79.9	500	93.8	5000	80.1
1000	102.2	63	83.7	630	96.9	6300	75.2
2000	98.3	80	85.0	800	97.4	8000	72.5
4000	91.0	100	87.7	1000	97.8	10000	72.5
8000	78.4	125	91.6	1250	97.2		
		160	89.4	1600	94.4	Yht.	106.2
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Melupäästötiedot Nordex N131 3.0 MW, 144m HH (Voimalavalmistaja on taannut kokonaismeluarvon 104,5 dBA)							
1/1 oktaavi [Hz]				1/3 oktaavi [Hz]			
31,5	73.2	20	57.9	200	88.6	2000	92.9
63	83.0	25	63.4	250	89.6	2500	92.3
125	90.0	31,5	66.5	315	91.4	3150	91.9
250	94.8	40	71.6	400	90.7	4000	91.5
500	96.4	50	74.9	500	91.4	5000	89.4
1000	99.3	63	78.4	630	92.5	6300	84.6
2000	98.2	80	79.9	800	94.2	8000	78.6
4000	95.8	100	84.0	1000	94.8	10000	68.6
8000	85.7	125	84.6	1250	94.7		
		160	86.7	1600	94.8	Yht.	104.5
Pienitaajuisten melun laskennassa lisätään 2 dBA:ä kuhunkin 1/3 oktaavikaistaan IEC 61400-14 standardin mukaisesti, jotta saadaan Lwd arvot.							
Melun erityispiirteiden mittausta ja havainnot:							
Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitu-		Muu, Mikä:	
kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Laskenta korkeus				Laskentaruudun koko [mm]			
4 m	Muu, mikä ja miksi:			20 m * 20 m			
Suhteellinen kosteus				Lämpötila			
70 %	Muu, mikä ja miksi:			15 C°	Muu, mikä ja miksi:		
Maastomallin lähde ja tarkkuus							
Maastomallin lähde: Maanmittauslaitos				Vaakaresoluutio: 2 m		Pystyresoluutio: 1 m	
Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet							
ISO 9613-2							
Vesialueet, (0) / (G)				0			
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)				0,4			
Maa-alueet, (0) / (G)							

Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus		
Neutraali, (0): kyllä	Muu, mikä ja miksi:	
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen		
Vapaa avaruus	Muu, mikä, miksi:	
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)		
Asukkaat: 0 kpl	Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl	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 6. Parhalahten mallinnuksen ja yhteisvaikutusten mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa

Havainnointi-piste	Luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	Melu [dB(A)]	Melu, yhteisvaikutukset [dB(A)]	Ohjearvojen ylitys
a	Vakituinen asunto	378627	7158389	40	18.2	28.6	Ei
b	Vakituinen asunto	374066	7156675	40	16.9	33.3	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	382136	7154920	40	34.1	35.1	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	384101	7153116	40	34.9	35.8	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	379068	7152575	40	21.9	34.5	Ei
f	Vakituinen asunto	378876	7152538	40	34.1	35.2	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	382399	7150175	40	18.2	30.5	Ei
h	Vapaa-ajan asunto	382298	7146673	40	29.7	35.0	Ei
i	Vapaa-ajan asunto	384275	7146477	40	32.6	34.1	Ei

Liite 2: Pienitaajuisten melun laskenta, Parhalhti (lineaariset melutasot)

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

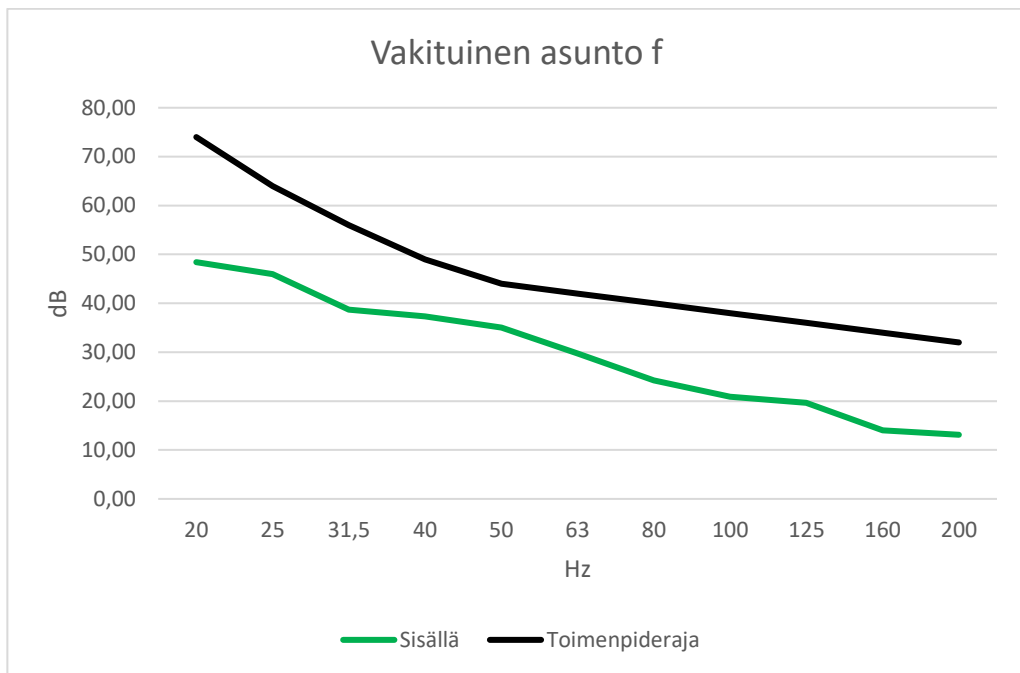
Pienitaajuinen melu on laskettu tilanteessa, jossa Parhalhti on toiminnassa.

Taulukko 7. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella

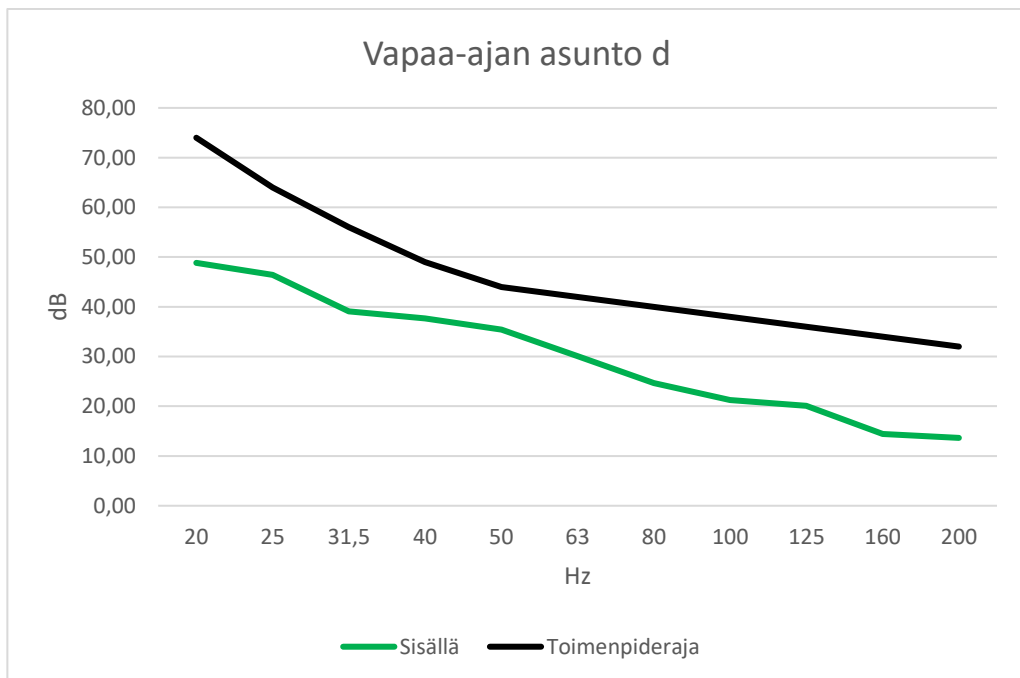
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
20	55.19	51.76	44.22	54.63	54.20	53.85	45.09	47.15	44.82
25	54.55	51.10	43.48	53.98	53.56	53.20	44.36	46.45	44.09
31,5	49.43	45.97	38.30	48.86	48.44	48.08	39.20	41.30	38.92
40	48.59	45.11	37.36	48.02	47.60	47.23	38.26	40.40	37.99
50	48.05	44.55	36.71	47.48	47.06	46.68	37.63	39.79	37.36
63	46.27	42.74	34.72	45.69	45.28	44.89	35.67	37.89	35.40
80	44.07	40.49	32.26	43.49	43.07	42.67	33.24	35.53	32.97
100	42.09	38.43	29.81	41.50	41.09	40.65	30.85	33.28	30.58
125	40.24	36.45	27.27	39.62	39.23	38.75	28.39	31.02	28.14
160	35.67	31.71	21.72	35.03	34.66	34.10	22.95	25.87	22.73
200	35.09	30.90	19.84	34.41	34.08	33.41	21.23	24.54	21.08

Taulukko 8. Pienitaajuinen melu sisätiloissa

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
20	48.59	45.16	37.62	48.03	47.60	47.25	38.49	40.55	38.22
25	46.15	42.70	35.08	45.58	45.16	44.80	35.96	38.05	35.69
31,5	38.63	35.17	27.50	38.06	37.64	37.28	28.40	30.50	28.12
40	37.19	33.71	25.96	36.62	36.20	35.83	26.86	29.00	26.59
50	35.05	31.55	23.71	34.48	34.06	33.68	24.63	26.79	24.36
63	29.67	26.14	18.12	29.09	28.68	28.29	19.07	21.29	18.80
80	24.37	20.79	12.56	23.79	23.37	22.97	13.54	15.83	13.27
100	20.89	17.23	8.61	20.30	19.89	19.45	9.65	12.08	9.38
125	20.04	16.25	7.07	19.42	19.03	18.55	8.19	10.82	7.94
160	14.47	10.51	0.52	13.83	13.46	12.90	1.75	4.67	1.53
200	13.89	9.70	0.00	13.21	12.88	12.21	0.03	3.34	0.00



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



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

Liite 3: Pienitaajuisten melun laskenta, Parhalahti, Sarvankangas ja Oltava (lineaariset melutasot)

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

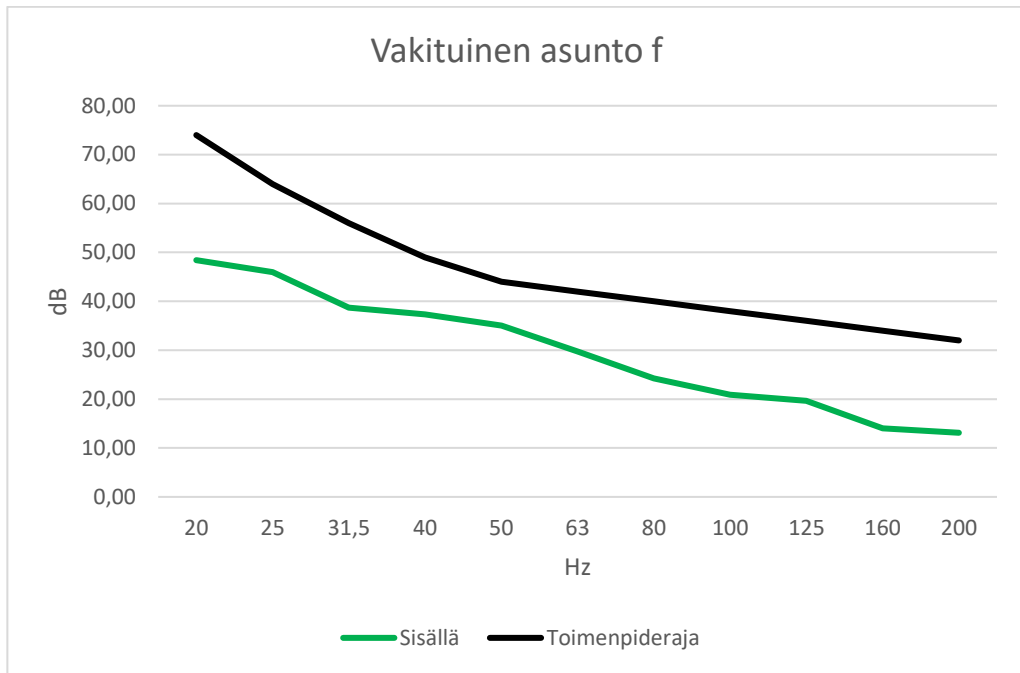
Pienitaajuinen melu on laskettu tilanteessa, jossa Parhalahtien, Sarvankankaan ja Oltavan voimalat ovat toiminnassa.

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella

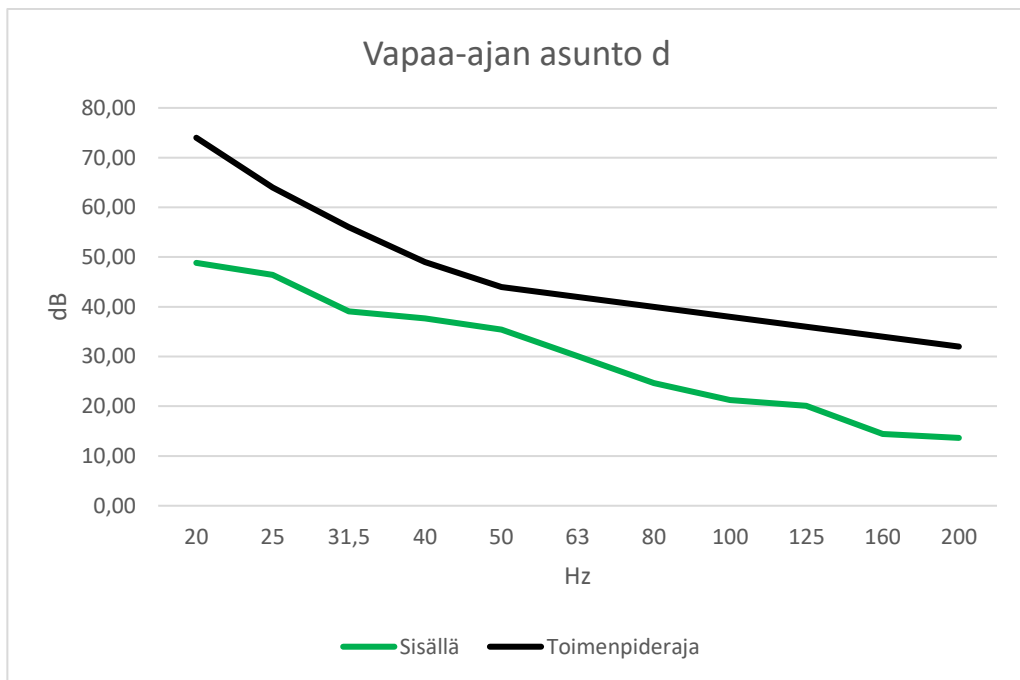
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
20	55.84	54.20	51.89	55.44	54.79	55.01	50.00	55.32	52.41
25	55.20	53.67	51.46	54.79	54.19	54.37	49.48	54.67	51.74
31,5	50.25	49.99	48.61	49.85	49.74	49.50	46.20	49.62	46.71
40	49.45	49.57	48.37	49.06	49.11	48.72	45.84	48.79	45.86
50	48.83	48.56	47.18	48.43	48.32	48.07	44.70	48.20	45.24
63	47.08	47.19	45.98	46.67	46.73	46.32	43.36	46.41	43.41
80	44.77	44.43	42.99	44.35	44.21	43.96	40.40	44.13	41.08
100	42.87	43.64	42.67	42.45	42.80	42.11	39.73	42.14	39.00
125	40.76	40.39	38.91	40.30	40.17	39.86	35.98	40.12	36.84
160	36.14	36.66	35.57	35.66	35.91	35.22	32.22	35.43	31.98
200	35.37	35.62	34.40	34.84	34.99	34.31	30.73	34.66	31.02

Taulukko 10. Pienitaajuinen melu sisätiloissa

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
20	49.24	47.60	45.29	48.84	48.19	48.41	43.40	48.72	45.81
25	46.80	45.27	43.06	46.39	45.79	45.97	41.08	46.27	43.34
31,5	39.45	39.19	37.81	39.05	38.94	38.70	35.40	38.82	35.91
40	38.05	38.17	36.97	37.66	37.71	37.32	34.44	37.39	34.46
50	35.83	35.56	34.18	35.43	35.32	35.07	31.70	35.20	32.24
63	30.48	30.59	29.38	30.07	30.13	29.72	26.76	29.81	26.81
80	25.07	24.73	23.29	24.65	24.51	24.26	20.70	24.43	21.38
100	21.67	22.44	21.47	21.25	21.60	20.91	18.53	20.94	17.80
125	20.56	20.19	18.71	20.10	19.97	19.66	15.78	19.92	16.64
160	14.94	15.46	14.37	14.46	14.71	14.02	11.02	14.23	10.78
200	14.17	14.42	13.20	13.64	13.79	13.11	9.53	13.46	9.82



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



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

Liite 4: Sijoitussuunnitelmat

Mallinnuksessa on käytetty Parhalahden sijoitussuunnitelmaa L1.4.1 sekä Sarvankankaan ja Oltavan kaavoitettuja voimalapaikkoja. Sijoitussuunnitelmassa on huomioitu kaikki kaavaluonnoksessa esitetyt rajoitteet, kuten esimerkiksi melu-, välke- ja luontoselvitykset ym.

Parhalahden, Sarvankankaan ja Oltavan voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 11. Parhalahden voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	378064	7154546	Vestas V126 3.3MW 106.0 dB(A)
2	378910	7154480	Vestas V126 3.3MW 106.0 dB(A)
3	379549	7153786	Vestas V126 3.3MW 106.0 dB(A)
4	380372	7153686	Vestas V126 3.3MW 106.0 dB(A)
5	381316	7153358	Vestas V126 3.3MW 106.0 dB(A)
6	380825	7152738	Vestas V126 3.3MW 106.0 dB(A)
7	381669	7152906	Vestas V126 3.3MW 106.0 dB(A)
8	382037	7152534	Vestas V126 3.3MW 106.0 dB(A)
9	382533	7152293	Vestas V126 3.3MW 106.0 dB(A)
10	383041	7152647	Vestas V126 3.3MW 106.0 dB(A)

Taulukko 12. Sarvankankaan voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen (ETRS- TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS- TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	376555	7158121	Vestas V126 3.45MW 106.2 dB(A)
2	376315	7157589	Vestas V126 3.45MW 106.2 dB(A)
3	376071	7156833	Vestas V126 3.45MW 106.2 dB(A)
4	376787	7157213	Vestas V126 3.45MW 106.2 dB(A)
5	377339	7156889	Vestas V126 3.45MW 106.2 dB(A)
6	376811	7156473	Vestas V126 3.45MW 106.2 dB(A)
7	377765	7156447	Vestas V126 3.45MW 106.2 dB(A)
8	378059	7155941	Vestas V126 3.45MW 106.2 dB(A)
9	378655	7156029	Vestas V126 3.45MW 106.2 dB(A)
10	379635	7155965	Vestas V126 3.45MW 106.2 dB(A)
11	379125	7156435	Vestas V126 3.45MW 106.2 dB(A)
12	378335	7156469	Vestas V126 3.45MW 106.2 dB(A)
13	379063	7155605	Vestas V126 3.45MW 106.2 dB(A)
14	379711	7155353	Vestas V126 3.45MW 106.2 dB(A)

Taulukko 13. Oltavan voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	387221	7149246	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
2	386808	7150451	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
3	387953	7149034	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
4	386322	7149924	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
5	387135	7148564	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
6	385577	7147846	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
7	388564	7149377	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
8	386061	7147667	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
9	387189	7147950	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
10	386347	7149067	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
11	386293	7148529	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
12	385021	7148799	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
13	384713	7148351	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
14	386590	7147896	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
15	387409	7149972	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
16	388111	7149769	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
17	385633	7148350	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
18	385039	7147911	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
19	383977	7148740	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
20	384704	7149509	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
21	385104	7149961	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
22	384924	7150582	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
23	384311	7150875	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
24	383519	7149149	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
25	384202	7149788	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
26	383686	7150084	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
27	387400	7147298	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
28	386800	7149774	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
29	384288	7147929	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
30	384438	7150327	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
31	388062	7148428	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)
32	387815	7147649	Nordex N131 3.0MW 104.5 dB(A)