



PIIPSANNEVAN TUULIVOIMAPUISTON MELUSELVITYS

Sisällysluettelo

Yhteenveto.....	3
1 Tausta.....	4
2 Melu.....	4
2.1 Yleistä.....	4
2.2 Melun muodostuminen.....	4
3 Melun ohjeavot	6
3.1 Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	6
3.2 Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat	6
4 Lähtötiedot ja menetelmät.....	7
4.1 Lähtötiedot.....	7
4.2 Menetelmät	8
5 Arvioidut meluvaikutukset	9
5.1 Nykytilanne	9
5.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset	9
5.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset	9
5.4 Pienitaajuinen melu.....	10
5.5 Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset.....	11
5.6 Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	11
6 Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	11
7 Mallinnustietojen raportti, Piipsanneva.....	13
Liite 1: Melumallinnuksen tulokset.....	15
Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta. (painottamattomat melutasot)	15
Liite 4: Sijoitussuunnitelma.....	19

Versiohistoria

Versio	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
2020-11-26	KJs	JRd	JRd	Piipsannevan tuulivoimapuiston meluselvitys

Yhteenveto

- Tehtävä:** Meluselvitys Piipsannevan tuulivoimapuiston vaikutusalueella.
- Työmenetelmät:** Meluselvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.3 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.

1 Tausta

Meluselvitys on tehty Piipsannevan tuulivoimapuistolle Haapaveden kaupungin alueella. Tuulivoimapuistoon on suunniteltu rakennettavaksi 39 tuulivoimalaa. Tässä selvityksessä tarkastellaan hankkeen meluvaikutuksia.

Meluselvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) WindPRO Ver3.3 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen R-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen. Melumallinnuksessa on käytetty Vestas V162 5.6 MW -tuulivoimalamallin lähtötietoja.

2 Melu

2.1 Yleistä

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.

2.2 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. Oleellimmat 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)	

3 Melun ohjearvot

3.1 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 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	-
virkistysalueet	45 dB	-
leirintäalueet	45 dB	40 dB
kansallispuistot	45 dB	40 dB

3.2 Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat

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

Taulukko 3. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat yöaikaiselle pienitaajuuiselle 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

4 Lähtötiedot ja menetelmät

4.1 Lähtötiedot

Tuulivoimaloiden aiheuttamat meluvaikutukset on mallinnettu soveltaen ISO 9613-2 standardia. Lähtötietoina on käytetty alla olevissa taulukoissa olevia arvoja.

Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimalavalmistajan ilmoittamia, ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti määriteltyjä, melupäästön takuuarvoja. Tämän takuuarvon tuulivoimalavalmistaja on arvioinut mittausten, roottorikoon ja tuulivoimalan toimintaperiaatteiden perusteella.

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

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeeseen voimalatiedot

Hankealue	Suunnittelu- vaihe	Voimat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (L _{wa})	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Piipsanneva	Kaavaehdotus	V162 5.6 MW	219	106.8+2 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 LAPIO-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. Alueelta valittiin 10 havainnointipistettä, joiden kohdalta voimaloiden aiheuttamat äänenvoimakkuudet ilmoitetaan.

4.2 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 mittaus tuloksiin 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 voimalatyypistä 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.

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

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)

5 Arvioidut meluvaikutukset

5.1 Nykytilanne

Piipsannevan tuulivoimapuiston alue koostuu käytöstä poistuneista turvetuotantoalueista, viljellyistä peltoalueista ja metsätalousalueista. Nykytilanteessa alueen äänimaisema on alueen toiminnalle tyypillinen.

5.2 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 rakentamisen aikaiset meluvaikutukset eivät kasva merkittäviksi, ja niitä voidaankin verrata turvetuotannosta syntyvään melutasoon. Tiestön ja perustusten rakentaminen tuottaa eniten melua ja lisääntyvä kuljetustarve saattaa nostaa liikennemelun tasoa.

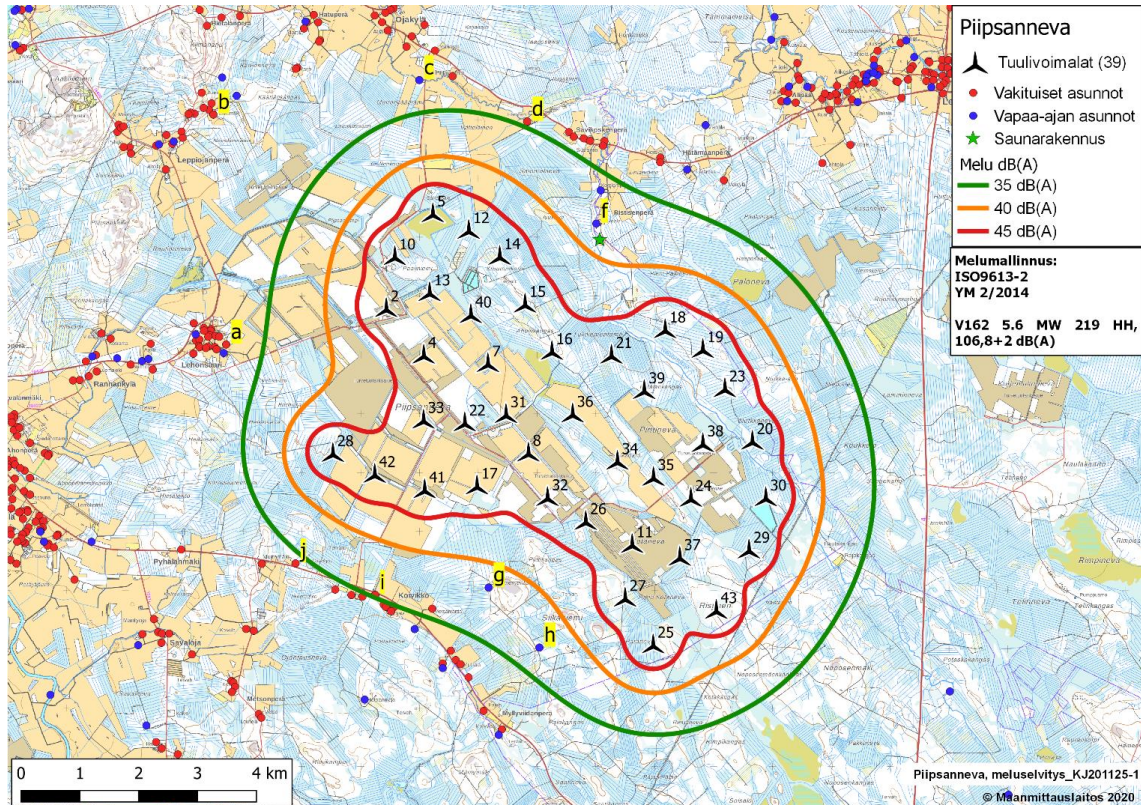
Rakentaminen kestää vain lyhyen ajan (noin kaksi vuotta) suhteessa tuulivoimaloiden elinkaareen (noin 25 vuotta), joten meluvaikutukset voidaan katsoa lyhytkestoisiksi.

5.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Piipsannevan melumallinnuksessa on käytetty Vestas V162 5.6 MW -tuulivoimalamallin lähtötietoja. Mallinnuksessa tuulivoimaloiden napakorkeutena käytettiin 219 metriä ja kokonaisäänitasona 108.8 dB(A). Laskennassa käytetty kokonaisäänitaso on korkea verrattuna useisiin markkinoilla oleviin voimalamalleihin, joten tuloksiin sisältyy varmuusmarginaalia.

Tuulivoimapuistoon on suunniteltu rakennettavaksi 39 tuulivoimalaa. Seuraavassa tarkastellaan hankkeen meluvaikutuksia.

Rakennustiedot on poimittu Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta. Lisätietoja rakennuksista on saatu lisäksi hankkeesta vastaavalta.



Kuva 1. Yllä Piipsannevan tuulivoimapuiston melumallinnus. Kymmenen havainnointipistettä on merkitty kirjaimilla (a-j).

Melumallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dBA. Tulosten perusteella voidaan todeta, että Piipsannevan tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat vähäiset. Alueen läheisyydestä on valittu 10 havainnointipistettä, joiden laskennalliset melutasot on raportoitu liitteessä 1.

5.4 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti.

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat selvästi lähimmissä asunnoissa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla sisätilojen toimenpiderajat alittuvat. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoilla toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Laskennan tulokset on raportoitu liitteissä 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 Piipsannevan tuulivoimaloiden pienitaajuisen melun vaikutukset ovat vähäiset kummassakin hankevaihtoehdossa.

5.5 Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset

Käytön lopettamisen aikaiset meluvaikutukset ovat samankaltaiset rakennusvaiheen vaikutusten kanssa. Ajallisesti meluvaikutukset ovat tuolloin lyhytkestoiset (noin vuosi) ja ne johtuvat työmaakoneiden äänistä ja liikenteestä. Käytön lopettamisen jälkeen alueen äänimaisema palaa samaan tilaan, kuin se oli ennen tuulivoimapuiston rakentamista.

5.6 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. Lisäksi mallinnuksessa käytetty kokonaisäänitaso 108.8 dBA on korkea verrattuna useisiin markkinoilla oleviin voimalamalleihin, joten tuloksiin sisältyy varmuusmarginaalia myös tältä osin. Myöhemmin valittava lopullinen voimalamalli on todennäköisesti hiljaisempi, jolloin vaikutukset jäävät pienemmäksi, kuin tässä selvityksessä on raportoitu.

6 Haittojen ehkäiseminen ja seuranta

Rakennusaikana meluhaittoja voidaan vähentää käyttämällä vähemmän melua aiheuttavia työkoneita ja ajoittamalla työt vähemmän häiritsevään aikaan vuorokaudesta.

Tuulivoimaloiden meluvaikutuksia voidaan säädellä vaikuttamalla äänilähteiden toimintaan. Konehuoneesta lähtevää ääntä voidaan vaimentaa lisäämällä konehuoneeseen eristeitä tai korjaamalla/muuttamalla tekniikkaa. Merkittävämpi vaimennus saadaan aikaan kuitenkin roottorin toimintaan vaikuttamalla.

Yksinkertaisesti voimalan ääntä saadaan vaimennettua hidastamalla roottorin pyörimistä tai säätämällä lapojen pyörimiskulmaa, mutta molemmilla tavoilla myös voimalan tuotanto pienenee. Säätämällä lähellä toisiaan pyörivien voimaloiden toimintaa, voidaan melua pienentää esimerkiksi muuttamalla lapojen kohtauskulmaa. Myös voimaloiden toimintaa voidaan tarvittaessa rajoittaa siten, että ohjearvot eivät ylitä herkällä alueella, joskaan tälle ei meluselvityksen tulosten mukaan ole tarvetta.

Melumallinnusten perusteella valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja sekä STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä. Mikäli ohjearvoja kuitenkin ylitetään, voidaan tätä ehkäistä muuttamalla tuulivoimaloiden ajotapaa tai jopa pysäyttämällä haittaa aiheuttavat voimalat.

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-Rev4*. Internal work description.
- Maanmittauslaitos (2019). 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 (2018). *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 (2019). V162-5.6 MW Third octave noise emission. DMS no.: 0079-5298_01
- Ympäristöministeriö (2016). Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016.
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79057>
- Ympäristöministeriö (2014). *Tuulivoimaloiden melun mallintaminen*. Helsinki.
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH_2_2014.pdf?sequence=1

7 Mallinnustietojen raportti, Piipsanneva

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT		*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä							
Mallinnusraportin numero/tunniste: KJ201125-2				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 26.11.2020					
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Wind Oy, Vaasanpuistikko 14, 65100 Vaasa, puh. 0405777568									
Vastuuhenkilöt Klaus Jåfs, Etha Wind Oy									
Laatija: Klaus Jåfs					Tarkastaja/hyväksyjä: Jukka Rönnlund				
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT									
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO Ver3.3					Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2				
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)									
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas					Tyyppi: V162			Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 5,6 MW		Napakorkeus: 219 m			Roottorin halkaisija: 162,0 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 V162 5.6 MW 219 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama meluarvo: 106.8 dB(A).									
<p style="text-align: center;">Vestas V162, 219 m HH 106.8 dB(A)</p>									
Melun laskennassa lisätään 2 dBA:ä kuhunkin 1/3 oktaavikaistaan IEC 61400-14 standardin mukaisesti, jotta saadaan Lwd arvot.									
Melun erityispiirteiden mittaus ja havainnot:									
Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)		Muu, Mikä:			
kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei		

AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
Laskenta korkeus		Laskentaruudun koko [m·m]	
4 m	Muu, mikä ja miksi:	20 m * 20 m	
Suhteellinen kosteus		Lämpötila	
70 %	Muu, mikä ja miksi:	15 C°	Muu, mikä ja miksi:
Maastomallin lähde ja tarkkuus			
Maastomallin lähde: Maanmittauslaitos		Vaakaresoluutio: 2 m	Pystyresoluutio: 1 m
Maan- ja vedenpinnan 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. Piipsannevan mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa.

Havaintipiste	Luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo (dBA)	Melu [dBA]	Ohjearvon ylitys
a	Vakituinen asunto	429716	7113178	40	32.7	Ei
b	Vakituinen asunto	429497	7117087	40	27.6	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	432999	7117673	40	32.4	Ei
d	Vakituinen asunto	434832	7116968	40	34.6	Ei
e	Saunarakennus	436066	7114957	40	38.9	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	436007	7115233	40	38.1	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	434177	7109044	40	38.2	Ei
h	Vapaa-ajan asunto	435040	7108024	40	36.9	Ei
i	Vakituinen asunto	432248	7108920	40	35.2	Ei
j	Vakituinen asunto	430895	7109455	40	34.2	Ei

Liite 2: Pienitaajuisten melun laskenta. (painottamattomat melutasot)

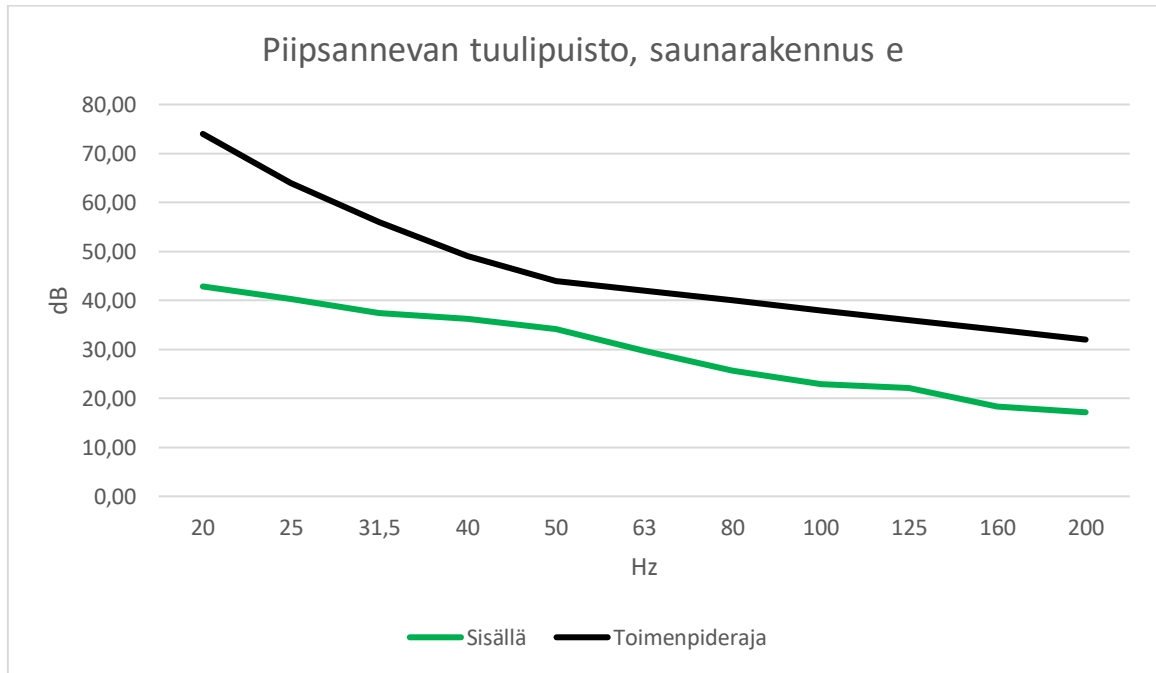
Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat.

Taulukko 7. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella

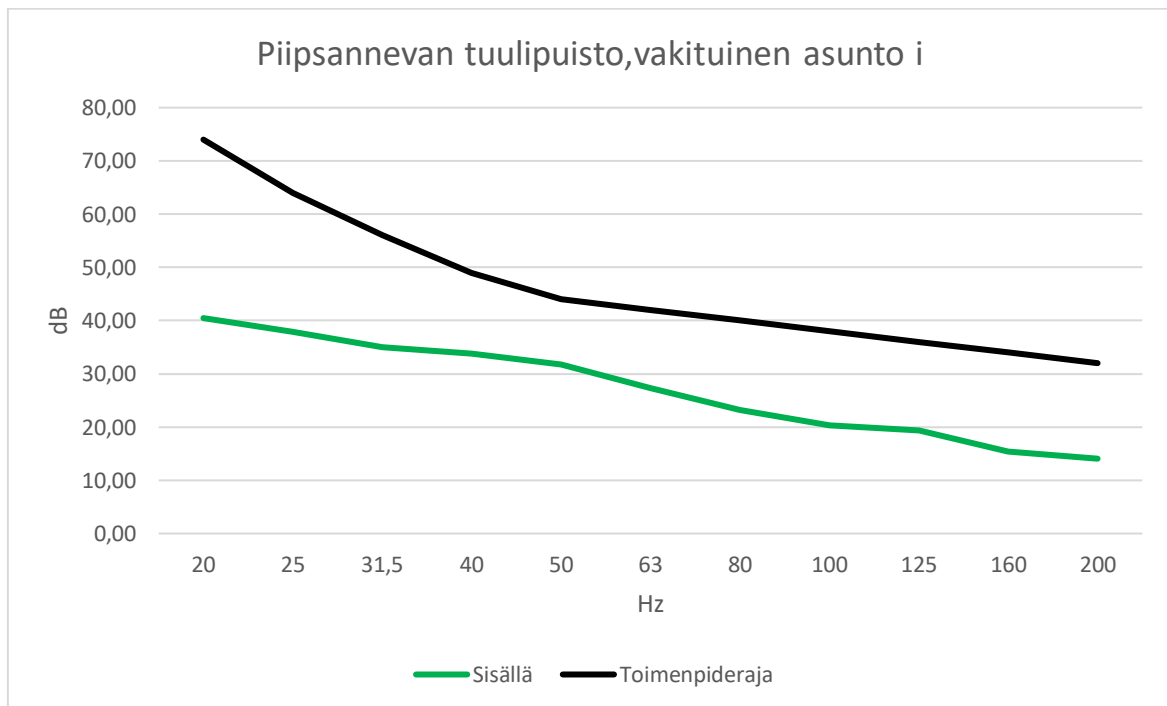
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	45.54	42.63	45.16	46.55	49.45	48.95	49.09	48.11	47.07	46.24
25	44.74	41.80	44.36	45.77	48.69	48.19	48.33	47.34	46.29	45.45
32	44.20	41.24	43.81	45.22	48.16	47.66	47.80	46.81	45.75	44.91
40	43.61	40.61	43.22	44.64	47.60	47.10	47.23	46.24	45.17	44.33
50	43.12	40.08	42.73	44.16	47.15	46.63	46.77	45.77	44.70	43.85
63	42.24	39.12	41.84	43.31	46.33	45.81	45.95	44.94	43.84	42.98
80	41.21	38.00	40.81	42.31	45.39	44.86	45.00	43.97	42.85	41.98
100	39.81	36.43	39.41	40.96	44.13	43.59	43.73	42.67	41.52	40.62
125	37.74	34.12	37.33	38.96	42.26	41.70	41.84	40.75	39.53	38.60
160	34.73	30.76	34.32	36.05	39.54	38.94	39.08	37.94	36.64	35.67
200	33.19	28.79	32.79	34.65	38.36	37.72	37.86	36.66	35.26	34.25

Taulukko 8. Pienitaajuinen melu sisätiloissa

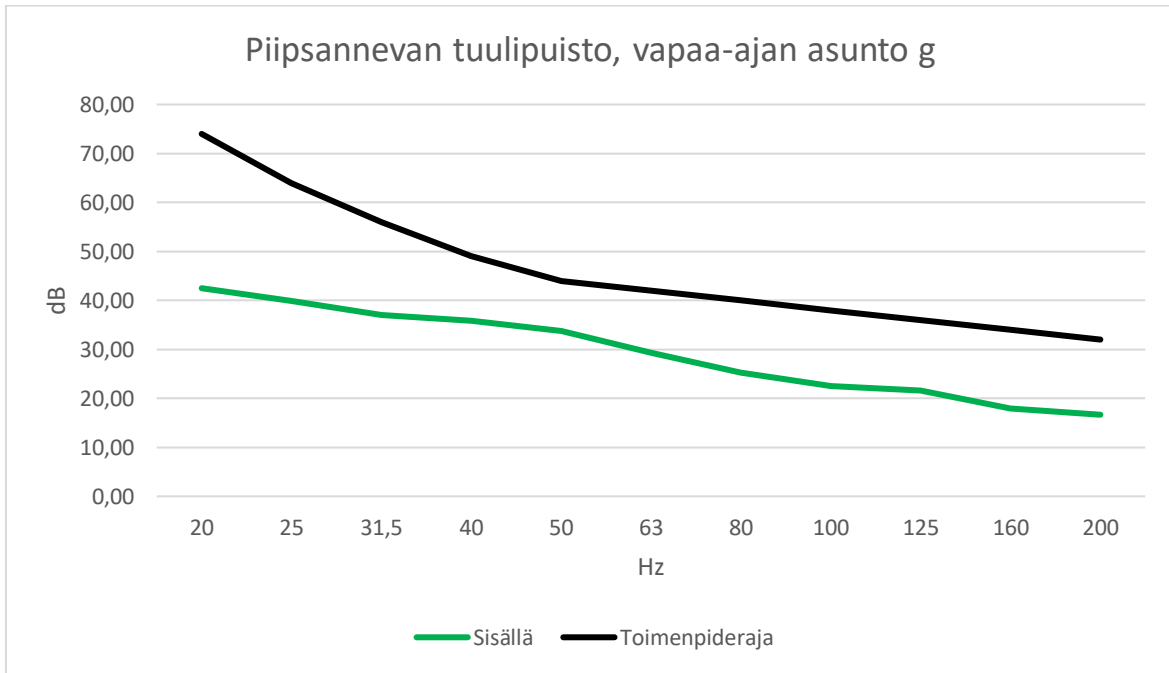
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	38.94	36.03	38.56	39.95	42.85	42.35	42.49	41.51	40.47	39.64
25	36.34	33.40	35.96	37.37	40.29	39.79	39.93	38.94	37.89	37.05
32	33.40	30.44	33.01	34.42	37.36	36.86	37.00	36.01	34.95	34.11
40	32.21	29.21	31.82	33.24	36.20	35.70	35.83	34.84	33.77	32.93
50	30.12	27.08	29.73	31.16	34.15	33.63	33.77	32.77	31.70	30.85
63	25.64	22.52	25.24	26.71	29.73	29.21	29.35	28.34	27.24	26.38
80	21.51	18.30	21.11	22.61	25.69	25.16	25.30	24.27	23.15	22.28
100	18.61	15.23	18.21	19.76	22.93	22.39	22.53	21.47	20.32	19.42
125	17.54	13.92	17.13	18.76	22.06	21.50	21.64	20.55	19.33	18.40
160	13.53	9.56	13.12	14.85	18.34	17.74	17.88	16.74	15.44	14.47
200	11.99	7.59	11.59	13.45	17.16	16.52	16.66	15.46	14.06	13.05



Kuva 2. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön toimenpiderajat saunarakennuksessa e.



Kuva 3. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön toimenpiderajat vakituuisessa rakennuksessa i.



Kuva 4. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa g.

Liite 4: Sijoitussuunnitelma

Melumallinnus perustuu Piipsannevan sijoitussuunnitelmaan. Piipsannevan voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 9. Piipsannevan voimaloiden sijaintitiedot. (39 voimalaa)

Voimala	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Tuulivoimalatyyppi
2	432435	7113815	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
4	433072	7113024	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
5	433227	7115428	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
7	434163	7112880	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
8	434851	7111359	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
10	432581	7114698	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
11	436614	7109804	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
12	433837	7115146	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
13	433171	7114086	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
14	434363	7114703	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
15	434793	7113891	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
16	435250	7113088	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
17	433976	7110800	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
18	437175	7113456	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
19	437815	7113121	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
20	438657	7111560	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
21	436262	7113022	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
22	433769	7111872	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
23	438190	7112453	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
24	437612	7110589	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
25	436971	7108098	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
26	435825	7110197	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
27	436495	7108892	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
28	431527	7111352	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
29	438600	7109711	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
30	438885	7110599	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
31	434470	7112014	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
32	435176	7110603	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
33	433068	7111919	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
34	436363	7111219	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
35	436976	7110945	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
36	435602	7112023	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
37	437423	7109587	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
38	437816	7111519	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)

39	436819	7112422	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
40	433872	7113713	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
41	433087	7110735	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
42	432239	7110998	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
43	438044	7108685	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)
43	438044	7108685	Vestas V162 5.6 MW 219 m HH, 106.8+2 dB(A)