

TUULIVOIMAPUISTO SUOLAKANGAS

Meluselvitys – yhteenvedo

Versio	Päivämäärä	Tekijät	Hyväksytty	Tiivistelmä
01	2018-01-20	JRd	CGr	Suolakankaan tuulivoimapuistolle tehtyjen meluselvitysten yhteenvedo

Sisällysluettelo

1	Yhteenveto	3
2	Tausta.....	4
3	Melu.....	4
3.1	Melun muodostuminen.....	4
4	Melun ohjearvot.....	6
4.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	6
4.2	Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat	6
5	Lähtötiedot ja menetelmät.....	7
5.1	Lähtötiedot.....	7
5.2	Menetelmät	8
6	Arvioidut meluvaikutukset	9
6.1	Nykytilanne	9
6.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset.....	9
6.3	Toiminnan aikaiset vaikutukset	9
6.4	Pienitaajuinen melu	14
6.5	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset	16
6.6	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät.....	17
7	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	17
8	Lähteet	18
9	Mallinnustietojen raportti, Suolakangas	19
	Liite 1: Pienitaajuisen melulaskennan tulokset.....	22
	Liite 2: Sijoitussuunnitelma	22

1 Yhteenveto

Tehtävä: Yhteenveto Suolakankaan tuulivoimapuiston meluselvityksistä.

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 käyttäen R-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen. Rakennusten äänieristys on laskettu DSO 1284 menetelmän mukaisesti, 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 toimenpideraja-arvoja ei ylitetä.

2 Tausta

Tämä meluseelvitys on tehty Suolakankaan tuulivoimahankkeelle Kauhajoen kaupungin alueella. Hanke on kokonaisuudessaan yhdeksän voimalan laajuinen. Melumallinnukset on tehty seitsemällä eri voimalavaihtoehdolla, joista yksi on kaavoituksen yhteydessä esitetty mallinnus ja loput kuusi ovat rakennuslupasijoitus suunnitelmalle mallinnettuja vaihtoehtoja. Mallinnuskohtaiset voimalatyytit on listattu taulukossa 4.

Voimalatietojen yksityiskohdat löytyvät lähdeluettelosta.

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 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 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 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	40 dB	40 dB

4.2 Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat

Sosiaali- ja terveysministeriön vuoden 2015 Asumisterveysasetuksessa määrittelemät yöaikaisen pieni- eli matalataajuisen 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 takuuarvon voimalan melupäästölle. Äänitehotasot ilmoitetaan joko kokonaisäänitehotasona tai 1/3 oktaavikaistoittain riippuen valmistajasta ja käytettävästä voimalasta. Suolakankaan tapauksessa äänitehotasot on ilmoitettu 1/3 oktaavikaistoittain.

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeiden voimalatiedot

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (L _{wa})	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Suolakangas	V126 3.3 MW	167	106.0 dB(A)	Käytössä
Suolakangas	N149 4.5 MW	145	106.0 dB(A)	Käytössä
Suolakangas	N149 4.5 MW	166	106.0 dB(A)	Käytössä
Suolakangas	V150 4.2MW	145	104.9 dB(A)	Käytössä
Suolakangas	V150 4.2MW	166	104.9 dB(A)	Käytössä
Suolakangas	V136 3.6MW	145	108.2 dB(A)	Käytössä
Suolakangas	V136 3.6MW	162	108.2 dB(A)	Käytössä

Pienitaajuinen melu on laskettu edellä mainittujen voimalatyyppien lisäksi 156 metrin napakorkeudella voimaloille N149, V136 ja V150.

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. Alueelta valittiin kahdeksan 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 ohjearvoon 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

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

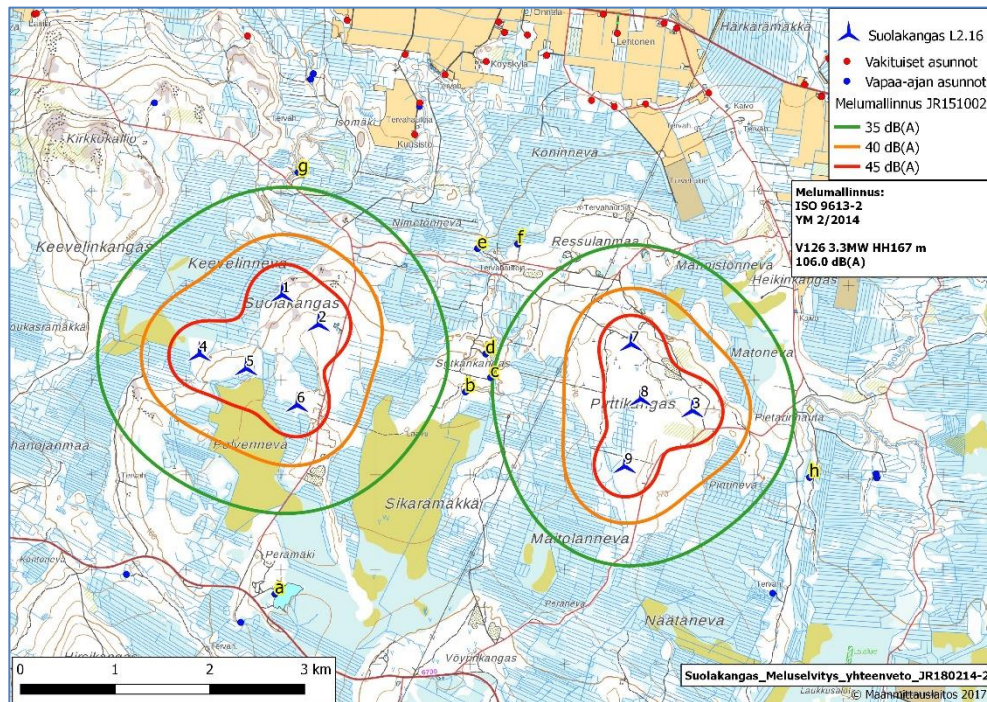
6.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

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.

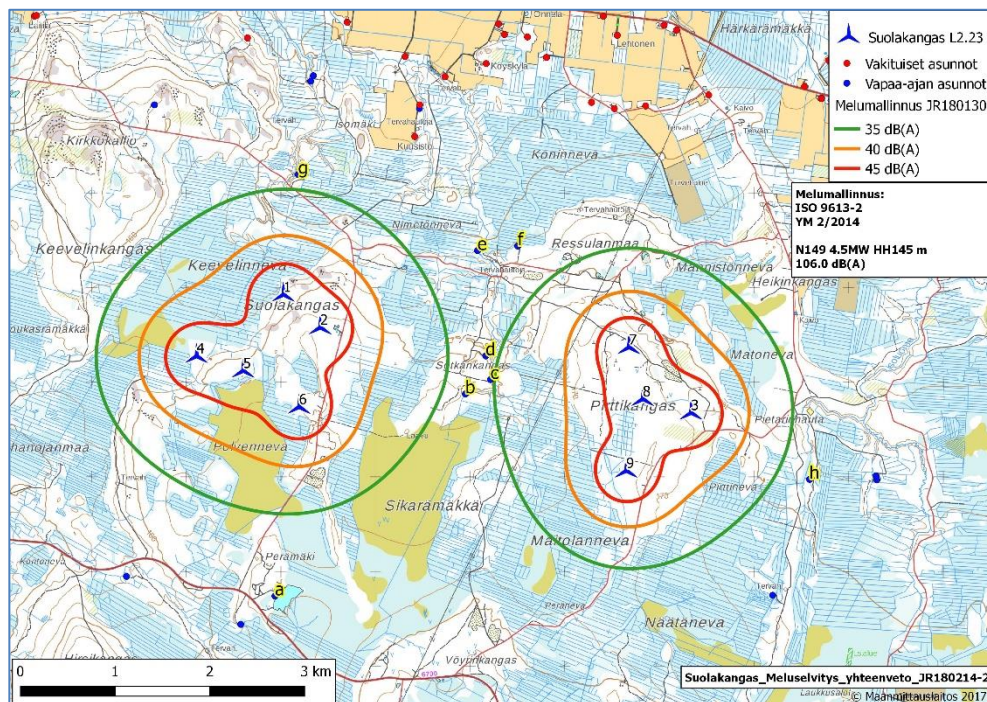
Rakentaminen kestää vain lyhyen ajan suhteessa tuulivoimaloiden elinkaareen, joten meluvaikutuksetkin voidaan katsoa lyhytkestoisiksi.

6.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset

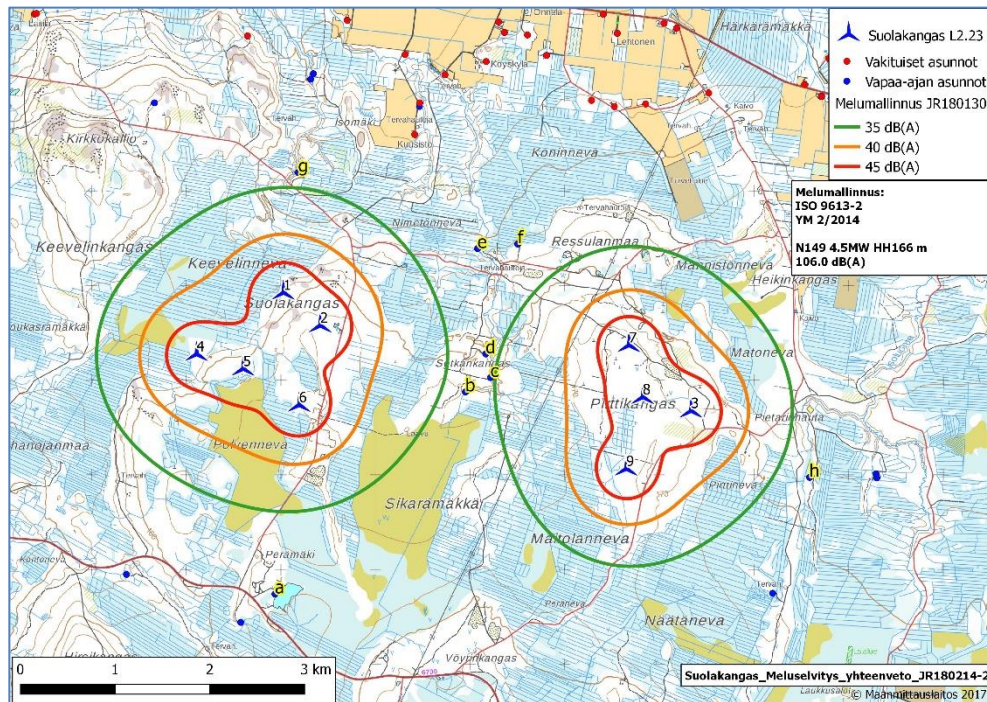
Suolakankaan melumallinnuksissa on käytetty taulukon 4 mukaisia voimalatyyppejä. Melumallinnuskartat kullekin voimalatypille on esitetty seuraavissa kuvissa.



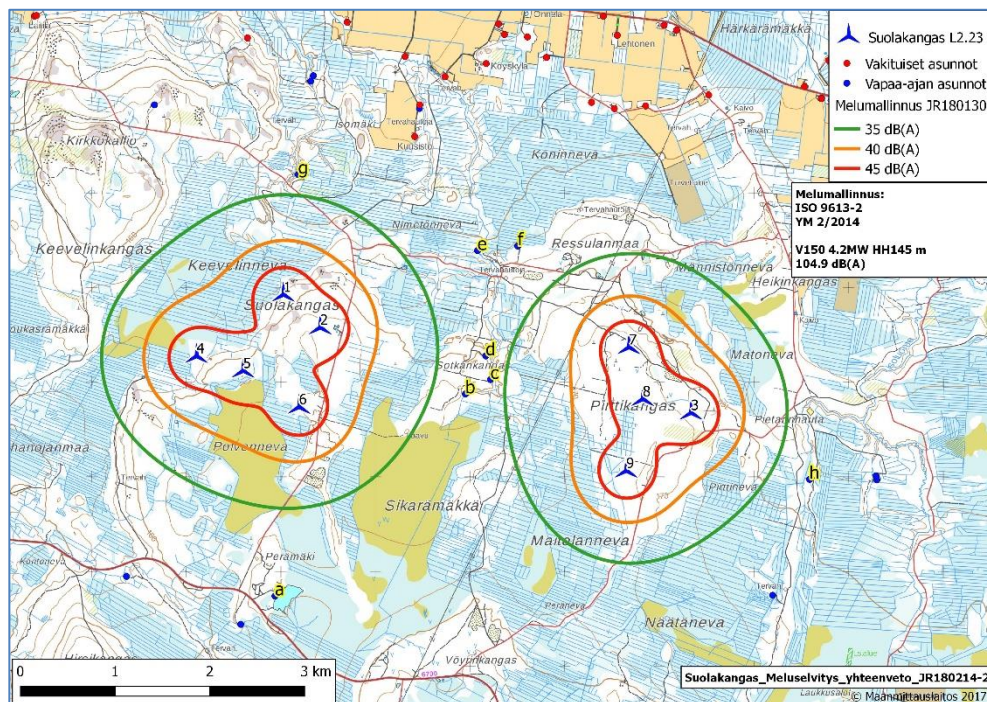
Kuva 2. Suolakankaan tuulivoimapuiston melumallinnus voimalalle V126 3.3MW, 167 metrin napakorkeudella.



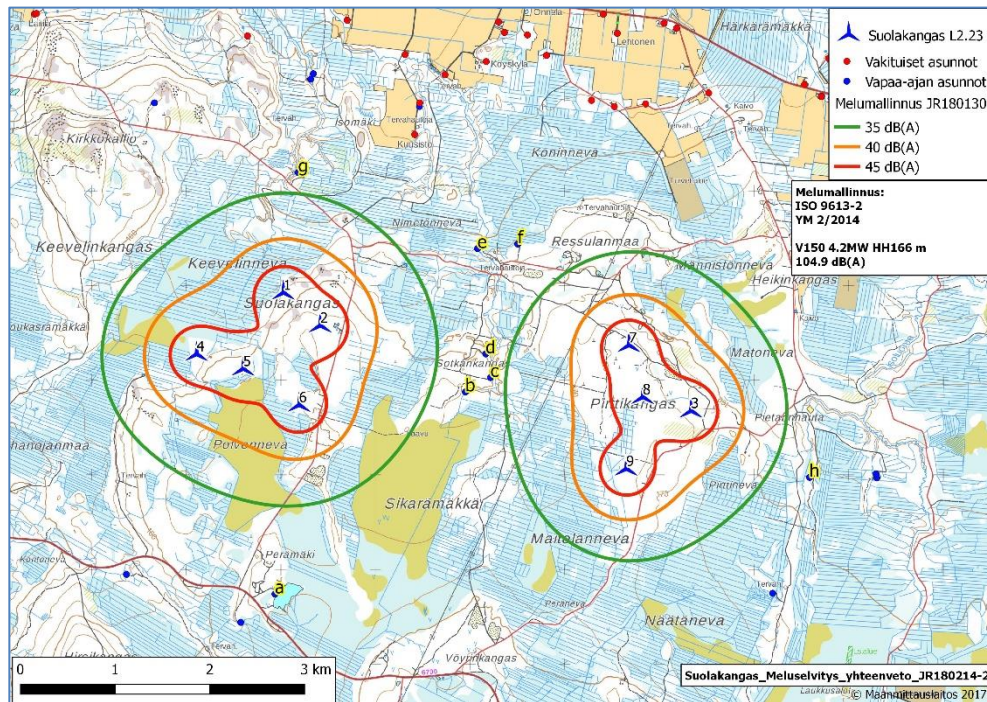
Kuva 3. Suolakankaan tuulivoimapuiston melumallinnus voimalalle N149 4.5MW, 145 metrin napakorkeudella.



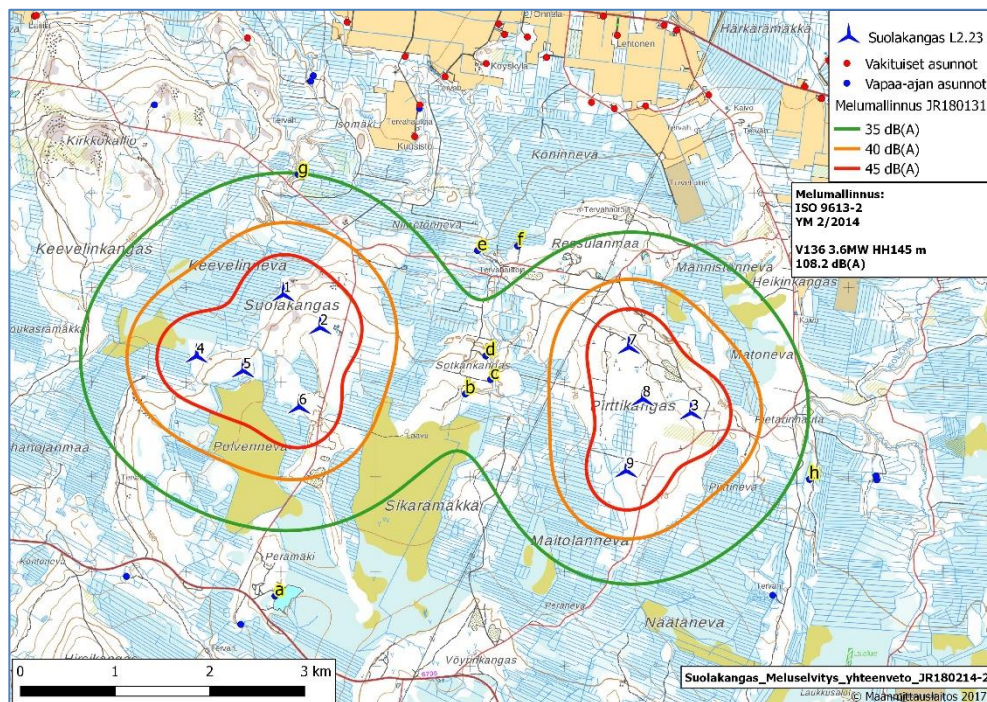
Kuva 4. Suolakankaan tuulivoimapuiston melumallinnus voimalalle N149 4.5MW, 166 metrin napakorkeudella.



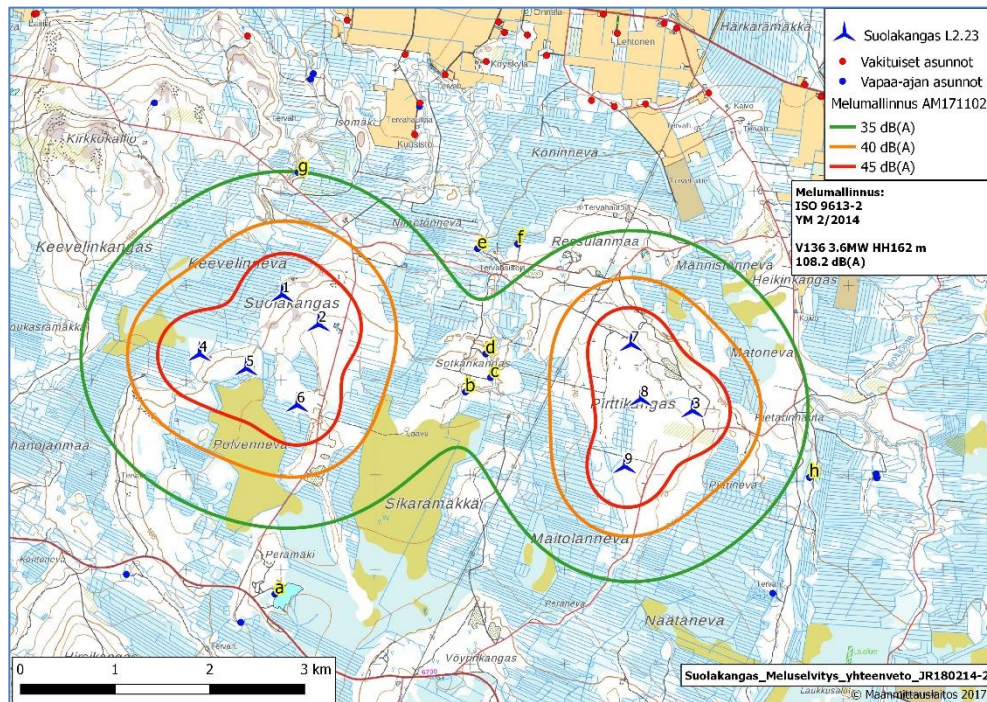
Kuva 5. Suolakankaan tuulivoimapuiston melumallinnus voimalalle V150 4.2MW, 145 metrin napakorkeudella.



Kuva 6. Suolakankaan tuulivoimapuiston melumallinnus voimalalle V150 4.2MW, 166 metrin napakorkeudella.



Kuva 7. Suolakankaan tuulivoimapuiston melumallinnus voimalalle V136 3.6MW, 145 metrin napakorkeudella.



Kuva 8. Suolakankaan tuulivoimapuiston melumallinnus voimalalle V136 3.6MW, 162 metrin napakorkeudella.

Melumallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Vapaa-ajan asuntojen kohdalla meluarvot ovat alle 35 dB(A) ja vakituisten asuntojen kohdalla alle 30 dB(A), lukuun ottamatta V136 voimalalla tehtyä mallinnusta.

Tuloksia tarkasteltaessa on syytä huomioida ISO9613-2 -standardin mukainen oletamus jatkuvasta 8 m/s myötätuulesta 10 metrin korkeudella, äänilähteestä havainnointipisteeseen. Näin ollen, tulokset alueen keskellä sijaitsevissa havainnointipisteissä mallinnetaan todellisuudesta poikkeavissa olosuhteissa. Seuraavissa taulukoissa on mallinnustulosten yhteenvedo havainnointipisteille.

Taulukko 6. Suolakankaan alueelta valitut lähimmät kohteet.

Havainnointipiste	Luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo (dBA)	Ohjearvojen ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	258939	6924743	40	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	260951	6926877	40	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	261216	6927029	40	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	261166	6927279	40	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	261079	6928390	40	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	261504	6928439	40	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	259185	6929194	40	Ei
h	Vapaa-ajan asunto	264587	6925975	40	Ei

Taulukko 7. Suolakankaan mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa, kullekin voimalatyypille

Havainnointi- piste	V126 3.3 MW HH167	N149 4.5 MW 145HH	N149 4.5 MW 166HH	V150 4.2 MW HH145	V150 4.2 MW HH166	V136 3.6 MW HH145	V136 3.6 MW HH162
a	29.6	29.7	29.7	29.4	29.4	30.6	30.6
b	34.6	34.6	34.5	34.2	34.2	35.8 ¹	35.8 ¹
c	34.9	34.9	34.9	34.5	34.5	36.2 ¹	36.1 ¹
d	34.7	34.7	34.7	34.3	34.3	35.9 ¹	35.9 ¹
e	32.5	32.5	32.5	32.2	32.2	33.6	33.6
f	32.4	32.5	32.5	32.1	32.1	33.6	33.6
g	33.8	33.8	33.8	33.4	33.3	35.1 ¹	35.1 ¹
h	32.4	32.4	32.4	32.0	32.0	33.7	33.6

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

6.4 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti.

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

Seuraavassa on esitetty pienitaajuisen melun laskennan tulokset vaihtoehdoista voimakasäänisimmälle, V136 3.6MW, voimalalle, 162 metrin napakorkeudella. Muiden mallinnusten melutasot ovat näitä pienemmät ja ne on raportoitu liitteessä 1.

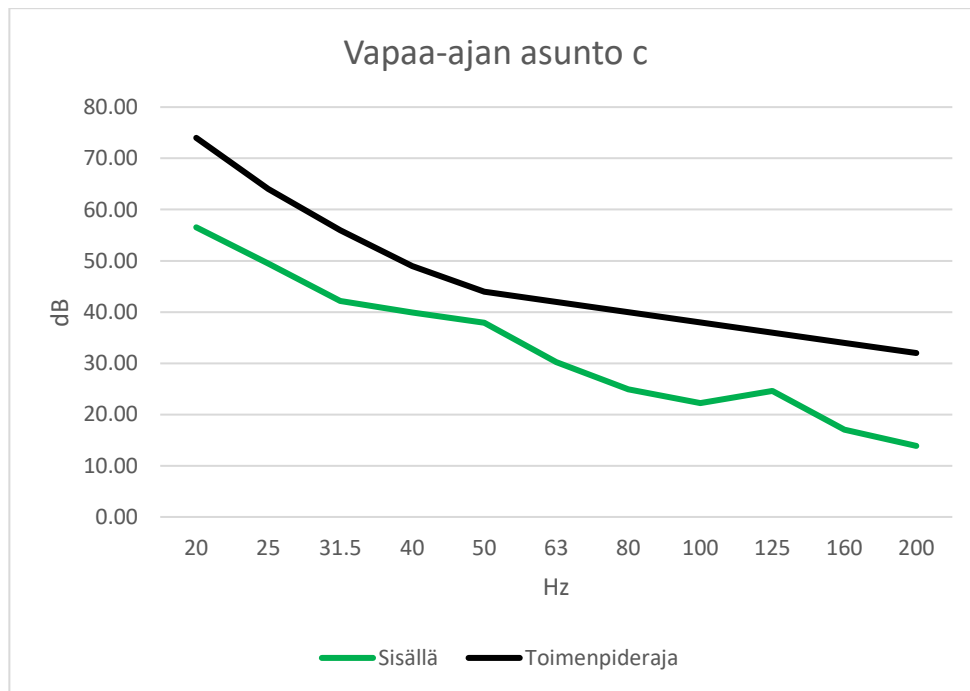
Taulukko 8. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)							
	a	b	c	d	e	f	g	h
20	59.46	62.97	63.14	63.01	61.56	61.44	61.94	60.75
25	54.20	57.73	57.90	57.77	56.31	56.19	56.70	55.51
31,5	49.27	52.81	52.98	52.85	51.39	51.27	51.78	50.58
40	47.61	51.17	51.34	51.21	49.74	49.62	50.14	48.94
50	47.16	50.73	50.90	50.77	49.29	49.17	49.70	48.49
63	43.04	46.65	46.82	46.69	45.20	45.08	45.62	44.41
80	40.80	44.45	44.63	44.50	42.99	42.86	43.42	42.20
100	39.54	43.27	43.46	43.32	41.78	41.66	42.23	41.00
125	40.77	44.62	44.81	44.66	43.08	42.96	43.57	42.32
160	34.04	38.04	38.24	38.09	36.44	36.32	37.00	35.73
200	30.64	34.85	35.07	34.91	33.16	33.05	33.82	32.52

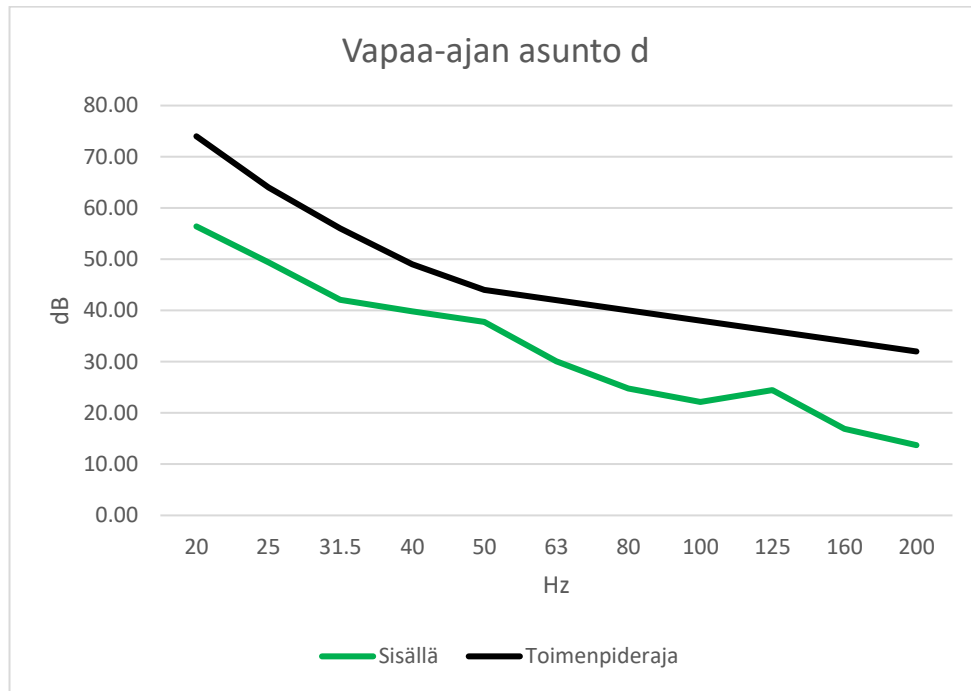
¹ Voimalalla V136 3.6MW, molemmilla napakorkeuksilla, lähimpien vapaa-ajan asuntojen kohdalla ylitetään 35 dB(A) melutasot.

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu sisätiloissa

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)							
	a	b	c	d	e	f	g	h
20	52.86	56.37	56.54	56.41	54.96	54.84	55.34	54.15
25	45.80	49.33	49.50	49.37	47.91	47.79	48.30	47.11
31,5	38.47	42.01	42.18	42.05	40.59	40.47	40.98	39.78
40	36.21	39.77	39.94	39.81	38.34	38.22	38.74	37.54
50	34.16	37.73	37.90	37.77	36.29	36.17	36.70	35.49
63	26.44	30.05	30.22	30.09	28.60	28.48	29.02	27.81
80	21.10	24.75	24.93	24.80	23.29	23.16	23.72	22.50
100	18.34	22.07	22.26	22.12	20.58	20.46	21.03	19.80
125	20.57	24.42	24.61	24.46	22.88	22.76	23.37	22.12
160	12.84	16.84	17.04	16.89	15.24	15.12	15.80	14.53
200	9.44	13.65	13.87	13.71	11.96	11.85	12.62	11.32



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



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

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.

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 Suolakankaan tuulivoimaloiden pienitaajuisen melun vaikutukset ovat vähäisiä.

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.

Mallinnuksissa käytetyt äänekkäimmät voimalat on valittu tarkasteluun maksimivaikutusten selvittämiseksi ja ohjeistuksen mukaisesti laadittuna mallinnus kuvaa teoreettisia maksimivaikutuksia.

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.

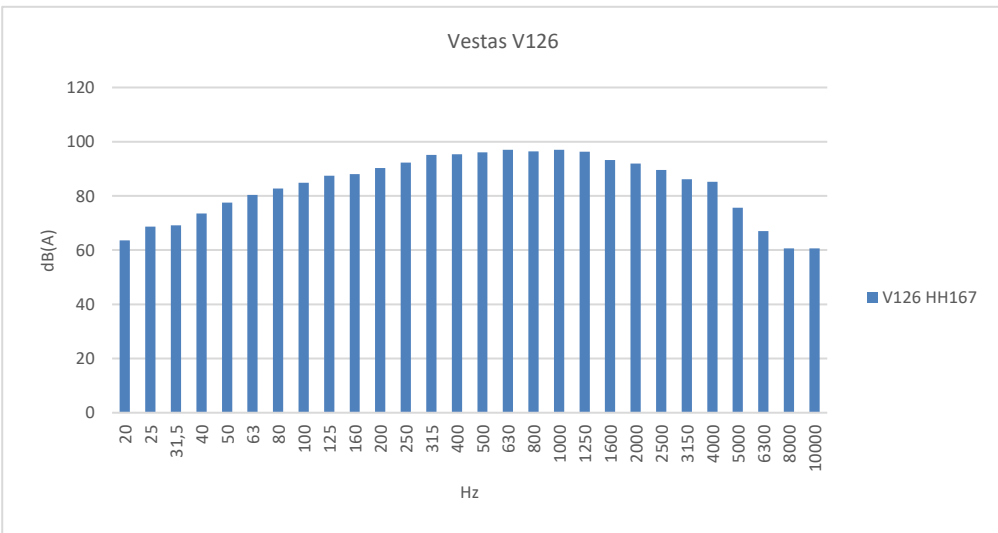
Yksinkertaisesti voimalan ääntä saadaan vaimennettua hidastamalla roottorin pyörimistä tai säätämällä lapojen pyörimiskulmaa, mutta molemmilla tavoilla myös voimalan tuotanto pienenee. Säätämällä lähellä toisiaan pyörivien voimaloiden toimintaa, voidaan melua pienentää esimerkiksi muuttamalla lapojen 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 pienitaajuuden melun ohjearvoja ei ylitetä. Mikäli ohjearvoja kuitenkin ylitetään, voidaan tätä ehkäistä muuttamalla tuulivoimaloiden ajotapaa tai jopa pysäyttämällä haittaa aiheuttavat voimalat.

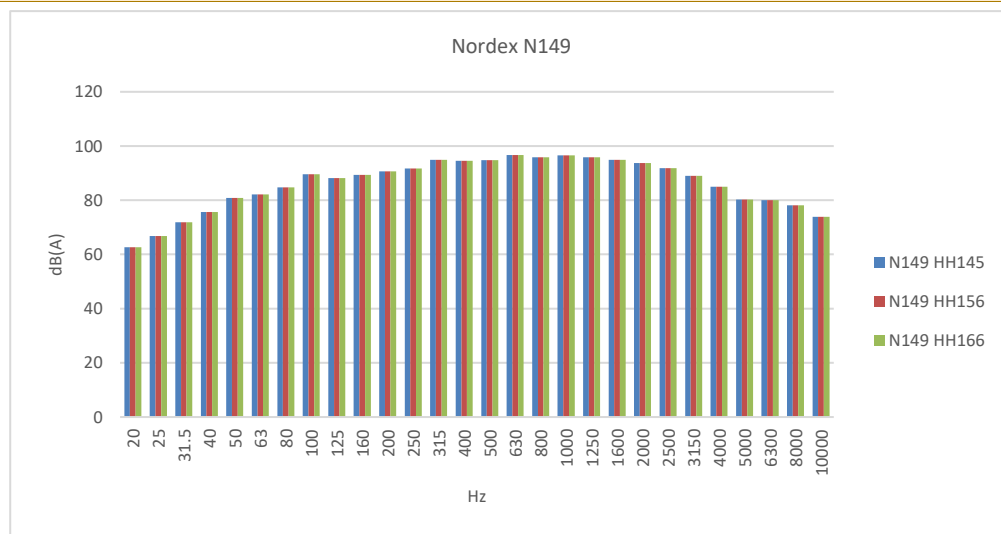
8 Lähteet

- 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 tietoaaineiston CC 4.0 -lisenssi*.
<http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>
- Nordex (2017).** *Projektikohtaiset lähtöäänitehotasot Nordex N149 voimalalle*.
- Sosiaali- ja Terveysministeriö (2015).** *Asumisterveysasetus*. Helsinki.
<http://www.stm.fi/tiedotteet/tiedote/-/view/1907834>
- Suomen ympäristökeskus (2016).** *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).** 0048-2151_V03. V126-3.3/3.45MW- Third Octaves according to General Specification.
- Vestas (2017).** V150-4.0_4.2MW Third Octaves, 0067-4767_V00.
- Vestas (2017).** 0064-2970_V00 - V136-3_6MW Third Octaves.
- 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

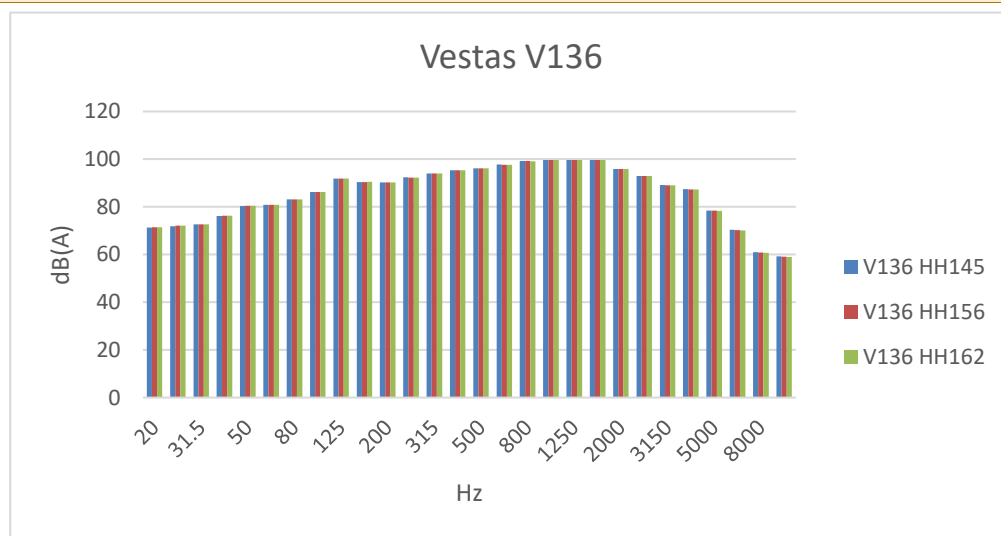
9 Mallinnustietojen raportti, Suolakangas

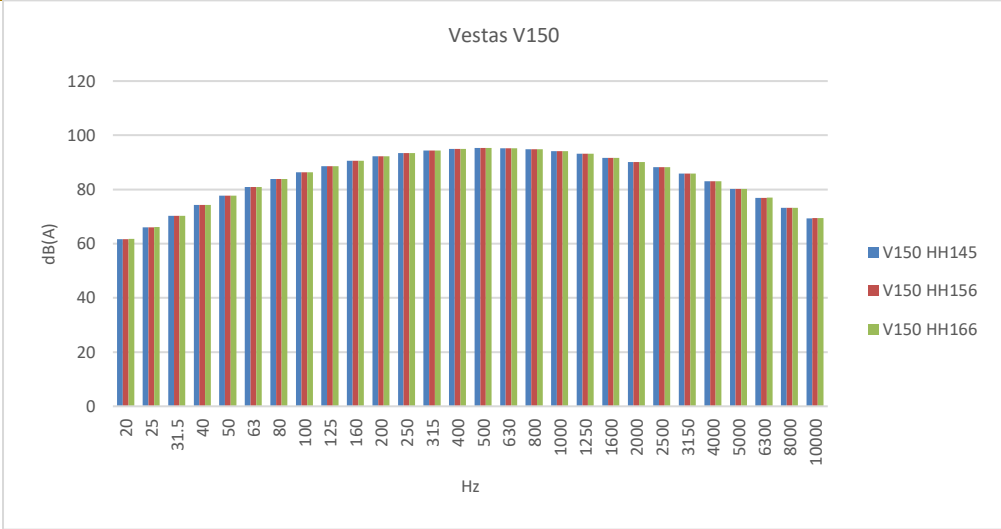
RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT		*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä	
Mallinnusraportin numero/tunniste:		Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 20.02.2018	
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Wind Oy, Kirkkopuistikko 4 65100 VAASA, puh. 044-3809237			
Vastuuhenkilöt Jukka Rönnlund, 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/Vestas/Vestas/Nordex		Tyyppi: V126/V136/V150/N149	Sarjanumero/t:
Nimellisteho: 3,3/3,6/4,2/4,5 MW	Napakorkeus: 145/162/166/167 m	Roottorin halkaisija: 126/136/150/149 m	Tornin tyyppi: Putkitorni
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun			
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus	Muu, mikä
Kyllä	dB	Kyllä	dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
Melupäästötiedot Vestas V126 3.3 MW, 167m HH (Voimalavalmistaja on taannut kokonaismeluarvon 106,0 dB(A))			
 <p>Vestas V126</p> <p>dB(A)</p> <p>Hz</p> <p>■ V126 HH167</p>			

Melupäästötiedot Vestas N149 4.5 MW (Voimalavalmistaja on taannut kokonaismeluarvon 106,0 dB(A))



Melupäästötiedot Vestas V136 3.6 MW (Voimalavalmistaja on taannut kokonaismeluarvon 108,2 dB(A))



Melupäästötiedot Vestas V150 4.2 MW (Voimalavalmistaja on taannut kokonaismeluarvon 104,9 dB(A))							
							
Pienitaajuisen melun laskennassa lisätään 2 dB(A):ä kuhunkin 1/3 oktaavikaistaan IEC 61400-14 standardin mukaisesti, jotta saadaan Lwd arvot.							
Melun erityispiirteiden mittausta ja havainnot:							
Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellisen sykintä (amplitudi)		Muu, Mikä:	
kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei
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: 0kpl			Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl		
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)							

Asukkaat: 0 kpl	Vapaa-ajan rakennukset: 0kpl	Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille		
Virkistysalueet: 0 kpl	Luonnonsuojelualueet: 0	kpl

Liite 1: Pienitaajuisten melulaskennan tulokset

Liitteessä ” Liite_1_Suolakangas_Pienitaajuinen_melu_JR180214-3” on eriteltyä kunkin voimalavaihtoehdon pienitaajuisten melulaskennan tulokset.

Liite 2: Sijoitussuunnitelma

Tässä raportissa käytettiin sijoitussuunnitelmia L2.16 (osayleiskaava) ja L2.23 (rakennusluvat). Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 10. Suolakankaan voimaloiden sijaintitiedot, sijoitussuunnitelma L2.16

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)
1	259015	6927893
2	259400	6927582
3	263350	6926671
4	258141	6927267
5	258635	6927116
6	259173	6926730
7	262702	6927373
8	262803	6926793
9	262634	6926083

Taulukko 11. Suolakankaan voimaloiden sijaintitiedot, sijoitussuunnitelma L2.23

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)
1	259028	6927918
2	259417	6927571
3	263335	6926670
4	258111	6927269
5	258603	6927114
6	259194	6926732
7	262679	6927363
8	262825	6926815
9	262650	6926058