



TUULIVOIMAPUISTO Hankilanneva

Meluselvitys

Versio	Päivämäärä	Tekijät	Hyväksytty	Tiivistelmä
Rev01	01.06.2015	YKo JRd	ATi	Hankilannevan tuulivoimapuiston meluselvitys.

Sisällys

1	Yhteenveto	3
1	Tausta	4
2	Melu.....	5
2.1	Melun muodostuminen.....	5
3	Melun ohjeavot.....	6
3.1	Valtioneuvoston ohjeavot.....	6
3.2	Ympäristöministeriön suunnitteluohjeavot.....	7
3.3	Luonnos valtioneuvoston asetukseksi tuulivoimaloiden melutasoista.....	8
3.4	Asumisterveysohjeen suunnitteluohjeavot.....	8
4	Lähtötiedot ja menetelmät.....	8
4.1	Menetelmät.....	9
5	Arvioidut meluvaikutukset	10
5.1	Nykytilanne.....	10
5.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset	11
5.3	Toiminnan aikaiset vaikutukset.....	11
5.4	Pienitaajuinen melu	12
5.5	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset	12
5.6	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	13
6	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta.....	14
7	Lähteet.....	15
8	Mallinnustietojen raportti	16
	Liite 1: Melumallinnuksen tulokset	18
	Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta (lineaariset melutasot)	19
	Liite 3: Voimaloiden sijainnit	21

1 Yhteenveto

Tehtävä: Meluselvitys Hankilannevan tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

Työmenetelmät: Meluselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.0.578 ohjelmiston DECIBEL-moduulia sekä ISO 9613-2 standardin mukaisia oletuksia ja lähtöarvoja. Mallinnuksessa ja raportoinnissa on käytetty koko prosessin ajan Ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita (Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014). Vaikutusten arvioinnissa käytetyt laskentaparametrit on taulukoitu tässä raportissa.

Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen R Ver3.1.1-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen. Rakennusten äänieristys on laskettu DSO 1284 menetelmän mukaisesti, ja tuloksia on vertailtu asumisterveysohjeessa oleviin sisämelun ohjearvoihin.

Tulokset: Ympäristöministeriön suunnitteluohjearvoja asunnoille ja vapaa-ajan asunnoille ei ylitetä. Myöskään STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä.

1 Tausta

Tämä meluseelvitys on tehty Hankilannevan tuulivoimapuistolle Haapaveden kunnassa. Puisto on kokonaisuudessaan 8 voimalan laajuinen. Hankilannevan melumallinnus on tehty Vestas V126 3.45 MW voimalalla, jonka napakorkeus on 137 metriä ja roottorin halkaisija 126 metriä. Mallinnuksessa käytettiin Vestaksen toimittamia uusia V126:n melutietoja marraskuulta 2014.

Tämä selvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) WindPRO Ver3.0.578 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajunen melu on laskettu käyttäen R Ver3.1.1-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen.

2 Melu

Ääni on aaltoliikettä, joka kulkee väliainetta, esimerkiksi ilmaa, pitkin äänilähteestä äänen havainnointipisteeseen. Äänelle on ominaista voimakkuuden, taajuuden ja jaksollisuuden vaihtelut. On syytä huomioida, että tässä yhteydessä paljon käytetty A-painotettu äänenvoimakkuuden arvo (dB[A]) on eri kuin 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.

2.1 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. Äänen voimakkuuteen vaikuttaa merkittävästi roottorin koko siten, että suuremmilla lavoilla meluvaikutukset ovat suuremmat. 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)

Konehuoneesta syntyvä ääni on yleensä tasaista ja taajuudeltaan kapeakaistaista. Lapojen aiheuttamalle äänelle sen sijaan on ominaista ns. amplitudimodulaatio eli äänen jaksollinen vaihtelu sekä pääosin laajakaistainen taajuus (noin 60-4000Hz). Myös pienitaajuisia ääntä (alle 200 Hz) pidetään tuulivoimaloille ominaisena. Tuulivoimaloiden lähellä niiden äänestä voidaan erottaa tämä lavan aiheuttama jaksollinen ”humahdus”, mutta kauemmas mentäessä amplitudimodulaatio vaimenee (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.

130 dB	Kipukynnys	
100-120 dB	Rock-konsertti	107 dB: Tyypillinen pistemäinen laskennallinen äänilähde konehuoneen korkeudella
90 dB	Rekan ohiajo	
80 dB	Vilkasliikenteinen katu	
70 dB	Ajoneuvon sisämelu	
60 dB	Toimisto, jossa ilmastointi	Tyypillinen mitattu äänitaso tuulivoimalan juurella
50 dB	Vaimea keskustelu	
40 dB	Taustamelu kotona	
30 dB	Kuiskaus (1m)	35 dB: tyypillinen mitattu äänitaso n. 1,3-1,7 kilometrin etäisyydellä voimalasta

3 Melun ohjeartot

3.1 Valtioneuvoston ohjeartot

Valtioneuvosto on päätöksessään 993/1992 antanut yleiset ohjeartot ympäristömelulle. Nämä ohjeartot on esitetty alla olevassa taulukossa. Mikäli melu on iskumaista tai kapeakaistaista,

tulee mallinnustuloksiin lisätä 5 dB ennen niiden vertaamista ohjearvoihin. Tämä impulssimaisuus- tai kapeakaistauskorjaus tehdään sille ajalle, jolloin melu on iskumaista tai kapeakaistaista.

Taulukko 2. Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukaiset ohjearvot.

Ulkona	L_{Aeq} enintään	
	Päivällä (07–22)	Yöllä (22–07)
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	50 dB ¹⁾
Uudet asuinalueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevat	55 dB	45 dB ¹⁾
Loma-asumiseen käytettävät alueet ³⁾ , leirintäalueet ja virkistysalueet taajamien ulkopuolella sekä luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB ²⁾
Sisällä		
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoontumistilat	35 dB	-
Liike- ja toimistohuoneet	45 dB	-

¹⁾ Oppilaitoksia palvelevilla alueilla ei sovelleta yöohjearvoa

²⁾ Yöohjearvoa ei sovelleta sellaisilla luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä

³⁾ Loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamassa voidaan soveltaa asumiseen käytettävien alueiden ohjearvoja

L_{Aeq} = melun A-painotettu keskiäänitaso (ekvivalenttitaso)

3.2 Ympäristöministeriön suunnitteluohjearvot

Heinäkuussa 2012 julkaistun ”Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012- Tuulivoimarakentamisen suunnittelu” –ohjeen mukaan tuulivoimarakentamisen ulkomelutason suunnitteluohjearvot on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 3. Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012- Tuulivoimarakentamisen suunnittelu.

	L_{Aeq} Päiväajalle (07–22)	L_{Aeq} Yöajalle (22–07)
Asumiseen käytettävillä alueilla, loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamissa, virkistysalueilla	45 dB	40 dB
Loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamien ulkopuolella, leirintäalueilla, luonnonsuojelualueilla*	40 dB	35 dB
Muilla alueilla (esim. teollisuusalueilla)	ei sovelleta	ei sovelleta

* yöarvoa ei sovelleta luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä

L_{Aeq} = melun A-painotettu keskiäänitaso (ekvivalenttitaso)

Edelleen jos ääni on erityisen häiritsevää eli tonaalista, kapeakaistaista, impulssimaista tai merkityksellisesti sykkivää (amplitudimodulaatio), lisätään laskenta- tai mittaustuloksiin 5 dB ennen suunnitteluohjearvoon vertaamista.

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

Ympäristöministeriön tuulivoimaloiden melumallinnusohjeen mukaan ”melun impulssimaisuuden ja merkityksellisen sykinän (amplitudimodulaatio) vaikutukset sisältyvät lähtökohtaisesti valmistajan ilmoittamiin melupäästön takuuarvoihin, eikä niiden tarkastelua tässä yhteydessä edellytetä.

Aiheesta on tehty kansainvälisiä tutkimuksia (esim. Bertagnolio, 2014), joiden mukaan havaittu amplitudimodulaatio on mahdollista hallita teknisesti.

3.3 Luonnos valtioneuvoston asetukseksi tuulivoimaloiden melutasoista

Ympäristöministeriön asettamat työryhmät ovat vuonna 2014 selvittäneet uusia melurajoja tuulivoimalalle. Viimeisin työryhmä sai työnsä päätökseen marraskuun puolivälissä 2014. Ympäristöministeriö on pyytänyt lausuntoja luonnoksesta valtioneuvoston asetukseksi tuulivoimaloiden melutason ohjearvoista. Luonnoksessa ehdotetaan pysyvän ja vapaa-ajan asutuksen osalta seuraavia ohjearvoja ulkona: 45 dBA päivällä (07-22) ja 40 dBA yöllä (22-07). Ohjearvot olisivat siis samat sekä vakituiselle että vapaa-ajan asutukselle. Samat ohjearvot pätsivät myös hoitolaitoksiin ja leirintäalueisiin. Oppilaitoksiin, virkistysalueisiin ja kansallispuistoihin sovellettaisiin vain päiväajan ohjearvoa.

Jos tuulivoimalan melu on impulssimaista, kapeakaistaista [tai merkityksellisesti sykkivää] melulle altistuvalla alueella, valvonnan yhteydessä saatuun mittaustulokseen lisätään 5 dB:n sanktio ennen sen vertaamista edellä tarkoitettuihin ohjearvoihin.

Työryhmä ei ollut yksimielinen siitä miten merkityksellisesti sykkivän melun kanssa tulisi menetellä. Siksi se on edellisessä kappaleessa hakasuluissa. Ministeriö keräsi lausuntoja 15.12.2014 asti. Uutta asetusta ei vielä ole julkistettu.

3.4 Asumisterveysohjeen suunnitteluohjearvot

Sosiaali- ja terveysministeriön vuoden 2003 Asumisterveysohjeessa määrittelemä yöaikaisen pieni- eli matalataajuisen sisämelun ohjearvot on esitetty alla. Liitteestä 2 löytyvät pienitaajuisen melulaskennan tulokset rakennusten sisä- ja ulkopuolelta.

Taulukko 4. Asumisterveysohjeen ohjearvot yöaikaiselle pienitaajuiselle sisämelulle terssikaistoittain.

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

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

Voimalatiedot, kuten äänitehotasojen takuuarvot, on saatu voimalan valmistajalta. Äänitehotasot ilmoitetaan joko kokonaisäänitehotasona tai 1/3 oktaavikaistoittain riippuen valmistajasta ja käytettävästä voimalasta. Hankilannevan tapauksessa äänitehotasot on ilmoitettu 1/3 oktaavikaistoittain.

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on mainittu alla.

Taulukko 5. Hankkeen voimalatiedot.

Hankealue	Suunnitteluvaihe	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (L_{wa})	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Hankilanneva	Kaavoitus	8 x V126 3.45MW	137	106,2 dB(A)	Käytössä

Taulukko 6. Melumallinnuksessa käytettyjä arvoja (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014).

Maaston vaikutus melun etenemiseen, kerroin	0,4
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. Kasvillisuuden vaimentavaa vaikutusta ei ole mallinnuksessa huomioitu, koska nykyisten tutkimusten perusteella ei riittävää luotettavuutta tästä voida saavuttaa. Rakennustiedot perustuvat Maanmittauslaitoksen maastotietokantaan, jota on päivitetty paikallisten kuntaviranomaisten ohjeistuksen 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 kymmenen havainnointipistettä, joiden kohdalta voimaloiden aiheuttamat äänenvoimakkuudet ilmoitetaan.

Yhdenkään vakituisen asunnon ja voimalan perustusten välinen korkeusero ei ole yli 60 metriä. Vapaa-ajan asuntojen osalta tilanne on sama; yhdenkään vapaa-ajan asunnon ja voimalan perustusten välinen korkeusero ei ole yli 60 metriä. Näin ollen voimalan melupäästön laskenta-arvoon ei ole tarvetta lisätä 2 dB.

4.1 Menetelmät

Melumallinnus on suoritettu WindPRO Ver3.0.578 ohjelmiston DECIBEL-moduulia käyttäen. WindPRO on tanskalaisen EMD International A/S:n tarjoama 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.

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 asumisterveysohjeessa oleviin sisämelun ohjearvoihin.

Pienitaajuinen melu on laskettu V126 3.3MW Serrated blade voimalalla.

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)

5 Arvioidut meluvaikutukset

Hankilannevan meluvaikutukset on arvioitu kahdeksalla tuulivoimalalla kaavaehdotuksessa käytettävällä sijoitussuunnitelmalla.

5.1 Nykytilanne

Hankilannevan tuulivoimapuiston alue on pääasiassa maa- ja metsätalousaluetta ja sen äänimaisema on tällaiselle alueelle tyypillistä. Alueen läpi kulkevalla valtatie 28:lla on keski vuorokausiliikenteen määrä 351-1500 moottoriajoneuvoa (Liikennevirasto, 2009). Valtatie vaikuttaa Hankilannevan tuulivoimapuiston alueen äänimaisemaan.

5.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

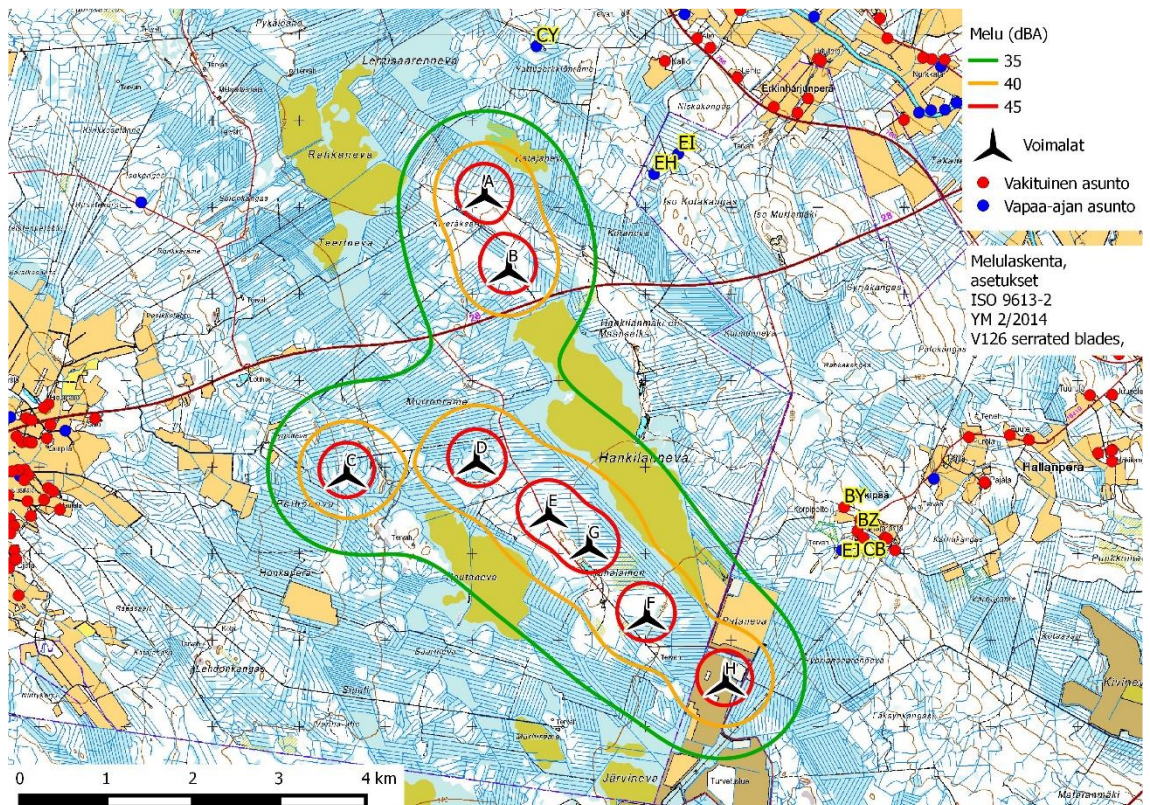
Tuulivoimapuiston rakentamisen aikana melua aiheutuu mm. maansiirtokoneista, nostureista, ajoneuvoliikenteestä sekä rakentamisesta. Rakennustyömaan melu on hyvin impulssimaista ja paikallista ja ajoittuu pääasiallisesti päiväaikaan. Tämän vuoksi meluvaikutukset eivät kasva merkittäviksi. Tiestön ja perustusten 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.

5.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Ympäristöministeriön suunnitteluohjeiden mukaiset äänitasot ulottuvat Hankilannevan tuulivoimapuistohankkeessa siten, että 40 dB(A):n raja ulottuu 500–700 metrin päähän uloimmasta voimalasta ja 35 dB(A):n raja ulottuu 800–1200 metrin päähän uloimmasta voimalasta.

Hankilannevan melumallinnuksessa on käytetty Vestaksen V126 3.45 MW serrated blade voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 106,2 dB(A):ä (kuva 2).



Kuva 2. Hankilannevan tuulivoimapuiston melumallinnus. Kuvaan on merkitty kirjaimin seitsemän havainnointipistettä.

Melumallinnuksen mukaan alueella olevien asuntojen kohdalla ei ylitetä ympäristöministeriön suunnitteluohjearvoa 40 dB(A) vakitukselle asutukselle, ja 35 dB(A) vapaa-ajan asutukselle.

Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukaiset ohjearvot eivät ylitä vakituksissa eivätkä vapaa-ajan asunnoissa.

Myöskään tuulivoimameluasetuksen luonnoksen mukaiset päivä- ja yöajan ohjearvot eivät ylitä minkään vakituksen tai vapaa-ajan asunnon kohdalla.

Alueen läheisyydestä on valittu seitsemän havainnointipistettä, joiden melutasot eri mallinnuksissa on lueteltu liitteessä 1.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Hankilannevan tuulivoimapuiston meluvaikutukset ovat normaalin toiminnan aikana vähäiset.

Tuulivoimapuiston alueella, voimaloiden välittömässä läheisyydessä, äänitaso on yli 45 dB(A), joten melulla saattaa olla vaikutuksia esimerkiksi alueen virkistyskäyttöön. Vaikutusalueella ei kuitenkaan ole virkistyskäyttöön kaavoitettuja alueita, joten näille annettuja ohjearvoja ei ole tarpeen soveltaa.

5.4 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti.

Asumisterveysohjeen ohjearvot pienitaajuiselle melulle alittuvat selvästi lähimmissä asunnoissa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla sisätilojen ohjearvot alittuvat selvästi. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa ohjearvot alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Laskennan tulokset löytyvät liitteestä 2.

Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla ohjearvot alittuvat selvästi. Laskennassa ei ole otettu huomioon asuntojen todellisia äänieristysominaisuuksia, joten todellinen matalataajuinen melu voi olla laskettua korkeampi (DSO laskentamenetelmässä käytetään ainoastaan talojen keskimääräistä äänieristystä). Lasketut arvot eivät kuitenkaan ole lähellä asumisterveysohjeen ohjearvoja, joten arvion mukaan marginaalit ovat riittävät, eivätkä ohjearvot ylity.

5.5 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.

5.6 Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät

Melumallinnus edustaa alueen ns. worst case -äänitilannetta, jossa pohjana on käytetty paikallisia maastotietoja. Hankilannevan tuulivoimapuiston mallinnuksessa on käytetty 137 metriä korkeaa voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 106,2 dB(A). Mikäli rakennettavaksi valitaan toinen voimalatyyppi, mallinnukset päivitetään kyseiselle voimalalle.

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 toiminta-aikoja voidaan tarvittaessa muuttaa siten, että ohjearvot eivät ylity herkällä alueella, joskaan tälle ei meluselvityksen tulosten mukaan ole tarvetta Hankilannevan hankkeessa..

Kohtuuton meluhaitta voidaan tarvittaessa ehkäistä myös pysäyttämällä voimalat kriittiseksi ajaksi.

Tuulivoimaloiden ja rakentamisen aikaista melua voidaan seurata mittaamalla alueen ääniä ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti. Mittaamalla voidaan verrata todellisia vaikutuksia mallinnettuihin arvoihin. Ympäristövaikutusten arvioinnissa on suunniteltu alueen meluntarkkailu kahtena käyttöön oton jälkeisenä vuotena. Mikäli mittauksissa havaitaan ohjearvojen ylityksiä, voidaan voimaloiden toimintaa säätää siten, että meluhaitoilta vältytään.

7 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.

Liikennevirasto (2009). *Liikennemäärä*. <http://kartta.liikennevirasto.fi/maaliikenne/wms>

Suomen ympäristökeskus (2014). *OIVA – Ympäristö- ja paikkatietopalvelu asiantuntijoille*.

<http://www.d3.ymparisto.fi/d3/paikkatieto.htm>

Vestas (2014). *DMS 0048-2151_V01. V126-3.3MW-Mk2A-50/60 Hz Third Octaves according to General Specification*.

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

8 Mallinnustietojen raportti

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT		*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä	
Mallinnusraportin numero/tunniste:		Raportin hyväksyntäpäivämäärä:	
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Wind Oy, Frilundintie 2 65170 VAASA, puh. 044-3809237			
Vastuuhenkilöt Jukka Rönnlund ja Yigit Kolbasi, Etha Wind Oy			
Laatija: Jukka Rönnlund		Tarkastaja/hyväksyjä:	
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT			
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO Ver3.0.578		Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2	
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)			
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas		Tyyppi: VI26	Sarjanumero/t:
Nimellisteho: 3,3 MW	Napakorkeus: 137,0 m	Roottorin halkaisija: 126,0 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 VI26 (arvioitu äänitehotaso)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5	70,0	20	64,9	200	90,5	2000	94,0
63	83,7	25	69,4	250	91,7	2500	91,8
125	91,6	31,5	70,0	315	92,6	3150	88,5
250	91,7	40	74,5	400	92,9	4000	86,7
500	93,8	50	79,9	500	93,8	5000	80,1
1000	97,8	63	83,7	630	96,9	6300	75,2
2000	94,0	80	85,0	800	97,4	8000	72,5
4000	86,7	100	87,7	1000	97,8		
8000	72,5	125	91,6	1250	97,2		
		160	89,4	1600	94,4	Kok.	106,2
Melun erityispiirteiden mittaus ja havainnot:							
Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitu-dimodulaatio)		Muu, Mikä:	
kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei

<p>Tarvittaessa käytetään sanktiota (5dB), tässä tapauksessa ei. Äänispektrin mukaan melussa sattaa olla kapeakaistaisuutta, mutta Vestaksen tietojen pohjalta arvioimme, että altistuvien rakennusten kohdalla sen merkitys on niin pieni, että sanktiota ei käytetä.</p>			
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
Laskenta korkeus		Laskentaruudun koko [m·m]	
4 m	Muu, mikä ja miksi:	10 m * 10 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: 2 m
Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet			
ISO 9613-2		HUOM	
Vesialueet, (0) / (G)			
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)		0,4	Ainoastaan maa-aluekerrointa käytetty.
Maa-alueet, (0) / (G)			
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus			
Neutraali, (0): kyllä		Muu, mikä ja miksi:	
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen			
Vapaa avaruus		Muu, mikä, miksi:	
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)			
Asukkaat: 0 kpl	Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl	Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl	
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)			
Asukkaat: 0 kpl	Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl	Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl	
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille			
Virkistysalueet: 0 kpl		Luonnonsuojelualueet: 0 kpl	

Liite 1: Melumallinnuksen tulokset

Taulukko 7. Meluarvot valituissa kohteissa.

	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Rakennuksen tyyppi	Ohjearvo (dBA)	Melu (dBA)	Ohjearvojen ylitys
BY	430 304	7 092 535	Asunto	40	27,4	Ei
BZ	430 458	7 092 259	Asunto	40	27,4	Ei
CB	430 526	7 092 183	Asunto	40	27,3	Ei
CY	426 746	7 097 862	Vapaa-ajan asunto	35	28,3	Ei
EH	428 105	7 096 387	Vapaa-ajan asunto	35	29,0	Ei
EI	428 385	7 096 619	Vapaa-ajan asunto	35	27,2	Ei
EJ	430 279	7 092 037	Vapaa-ajan asunto	35	28,6	Ei

Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta (lineaariset melutasot)

Asumisterveysohjeen ohjearvot pienitaajuiselle melulle alittuvat selvästi lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoilla ohjearvot alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa.

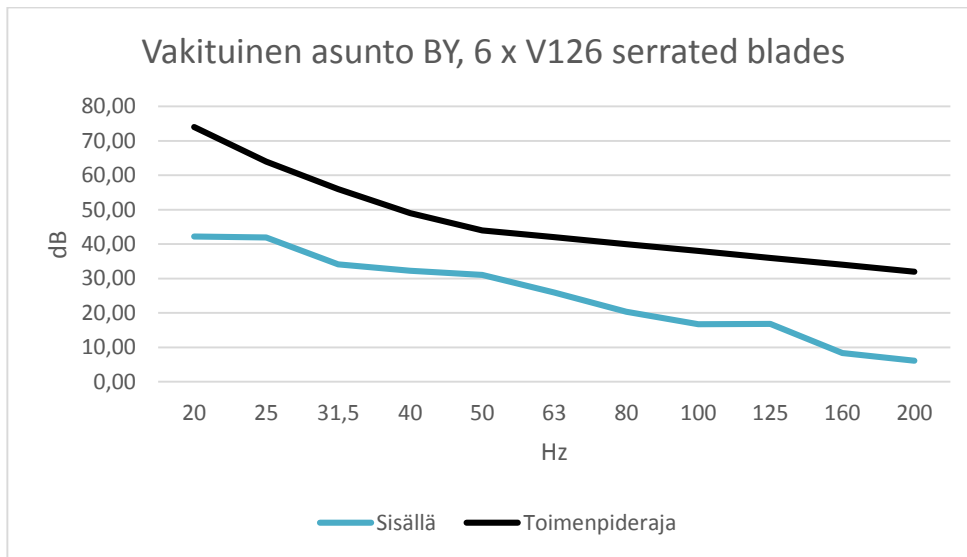
Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla ohjearvot alittuvat selvästi.

Taulukko 8. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

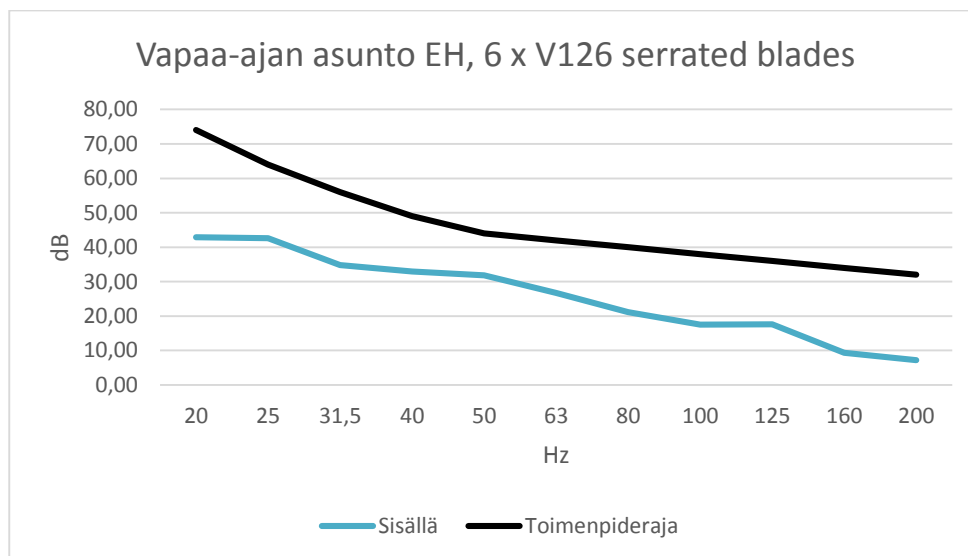
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)						
	BY	BZ	CB	CY	EH	EI	EJ
20	42.22	42.12	42.02	42.03	42.91	41.86	42.80
25	41.95	41.85	41.75	41.77	42.66	41.59	42.54
31,5	34.12	34.02	33.92	33.94	34.83	33.76	34.71
40	32.25	32.15	32.05	32.08	32.97	31.89	32.85
50	31.09	30.99	30.89	30.92	31.81	30.73	31.69
63	25.96	25.86	25.76	25.80	26.70	25.59	26.58
80	20.39	20.30	20.19	20.25	21.15	20.03	21.03
100	16.70	16.61	16.50	16.59	17.50	16.34	17.37
125	16.79	16.69	16.58	16.72	17.64	16.42	17.49
160	8.39	8.29	8.18	8.39	9.32	8.02	9.15
200	6.10	6.02	5.90	6.23	7.15	5.74	6.95

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu sisätiloissa.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)						
	BY	BZ	CB	CY	EH	EI	EJ
20	48.82	48.72	48.62	48.63	49.51	48.46	49.40
25	50.35	50.25	50.15	50.17	51.06	49.99	50.94
31,5	44.92	44.82	44.72	44.74	45.63	44.56	45.51
40	43.65	43.55	43.45	43.48	44.37	43.29	44.25
50	44.09	43.99	43.89	43.92	44.81	43.73	44.69
63	42.56	42.46	42.36	42.40	43.30	42.19	43.18
80	40.09	40.00	39.89	39.95	40.85	39.73	40.73
100	37.90	37.81	37.70	37.79	38.70	37.54	38.57
125	36.99	36.89	36.78	36.92	37.84	36.62	37.69
160	29.59	29.49	29.38	29.59	30.52	29.22	30.35
200	27.30	27.22	27.10	27.43	28.35	26.94	28.15



Kuva 3. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen matalataajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön ohjearvo asunnossa BY.



Kuva 4. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen matalataajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön ohjearvo vapaa-ajan asunnossa EH.

Liite 3: Voimaloiden sijainnit

Taulukko 10. Hankilannevan voimaloiden sijaintitiedot.

Voimala	Itäinen (ETRS- TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35- FIN)	Kokonaisäänen- voimakkuus [dB(A)]	Tuulivoimalatyyppi ¹
A	426141.4	7096191	105.5	VESTAS V126-3.45 MW serrated blade
B	426421.7	7095328	105.5	VESTAS V126-3.45 MW serrated blade
C	424547.3	7092965	105.5	VESTAS V126-3.45 MW serrated blade
D	426049.1	7093114	105.5	VESTAS V126-3.45 MW serrated blade
E	426883	7092500	105.5	VESTAS V126-3.45 MW serrated blade
F	428017.8	7091318	105.5	VESTAS V126-3.45 MW serrated blade
G	427351.1	7092133	105.5	VESTAS V126-3.45 MW serrated blade
H	428928.3	7090559	105.5	VESTAS V126-3.45 MW serrated blade

¹ Pienitaajuinen melu laskettu V126 3.3MW voimalalla.