ETHA WIND

MELUSELVITYS

Löytönevan Tuulivoimapuisto, 14.06.2021

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

SISÄLLYSLUETTELO

1 YHTEENVETO 3
2 TAUSTA 4
3 MELU 5
3.1 yleistä 5
3.2 Melun muodostuminen 5
4 MELUN OHJEARVOT 7
4.1 Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista 7
4.2 Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat 7
5 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT 8
5.1 Lähtötiedot 8
5.2 Menetelmät 10
6 ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET 11
6.1 Nykytilanne 11
6.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 11
6.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset 12
6.4 Pienitaajuinen melu 13
6.5 Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset 13
6.6 Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät 13
7 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA 14
8 LÄHTEET 15
9 MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, LÖYTÖNEVA 16
Liite 1: Melumallinnuksen tulokset 18
Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta, Löytöneva (painottamattomat melutasot) 19
Liite 3: Sijoitussuunnitelmat 21

VERSIOHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Christian Granlund, 2021-06-14	Arina Makarova	Arina Makarova	Löytönevan tuulivoimapuiston Meluselvitys.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Meluselvitys Löytönevan tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

Työmenetelmät:

Meluselvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.4 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).

Myös 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

Meluselvitys on tehty Löytönevan tuulivoimapuistolle Vetelin kunnan alueella. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan 8 voimalan laajuinen. Melumallinnus on tehty Vestas V162 5.6 MW voimalalla, jonka napakorkeus on 169 metriä ja äänitehotaso 106,8 dB(A) + 2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali. Mallinnuksessa käytettiin Vestaksen tammikuussa 2019 päivittämiä äänitietoja.

Meluselvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) WindPRO Ver3.4 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen R-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen.

3 MELU

3.1 YLEISTÄ

Ääni on aaltoliikettä, joka kulkee väliainetta, esimerkiksi ilmaa, pitkin äänilähteestä äänen havainnointipisteeseen. Äänelle on ominaista voimakkuuden, taajuuden ja jaksollisuuden vaihtelut. On syytä huomioida, että tässä yhteydessä paljon käytetty A-painotettu äänenvoimakkuuden arvo (dBA) on eri, kun absoluuttinen äänenvoimakkuus (dB). Absoluuttinen äänen voimakkuus sisältää kaikkien taajuuksien äänenvoimakkuuden summan, kun A-painotetussa arvossa painotetaan ihmiskorvalle herkkiä taajuuksia.

Ääni luokitellaan meluksi, jos ihminen kokee sen epämiellyttävänä tai häiritsevänä. Ihmiset kokevat meluvaikutukset, kuten muutkin vaikutukset, hyvin eri tavoin. Sama ääni voidaan kokea paikasta ja henkilöstä riippuen eri tilanteissa epämiellyttäväksi meluksi, neutraaliksi ääneksi tai nautinnolliseksi ääneksi. Äänen kokemiseen vaikuttaa myös sen voimakkuus, jaksollisuus sekä taajuus.

Oleellinen vaikutus äänilähteen, kuten tuulivoimalan, meluun on taustamelulla. Taustamelu voi mm. peittää äänilähteelle tyypillisiä ominaisuuksia, kuten äänen jaksollisuutta. Yleisimpiä taustamelun aiheuttajia ovat tuulen aiheuttama suhina sekä liikenteen kohina. Tuulen nopeuden kasvaessa riittävästi, peittää sen tuottama taustamelu tuulivoimalan melun alleen.

Voimakas tai häiritsevä melu voi aiheuttaa terveyshaittoja ja vaikuttaa luonnonympäristön toimintaan. Mitä lähemmäs tuulivoimaloita mennään, sitä häiritsevämpänä melu saatetaan kokea. Siksi on tärkeää tarkastella aluetta maankäytöllisestä näkökulmasta.

3.2 MELUN MUODOSTUMINEN

Tuulivoimaloiden synnyttämä ääni muodostuu lapojen liikkeestä, sekä koneiston aiheuttamasta mekaanisesta äänestä., joista ensimmäinen on yleensä vaikutusten kannalta merkittävämpi. Äänen ominaisuudet vaihtelevat vallitsevien olosuhteiden sekä suunniteltavien voimaloiden teknisten ominaisuuksien mukaisesti. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016)

Lapojen aiheuttama aerodynaaminen melu johtuu pyörimisestä aiheutuvasta jatkuvasta huminasta sekä jaksollisesta huminasta. Kovalla tuulella äänet ovat voimakkaimmillaan etenkin, kun tuuli

puhaltaa voimalan suunnasta. Lämpötila ja ilmankosteus vaikuttavat melun voimakkuuteen. Oleellisimmat tekijät äänen voimakkuuden kannalta ovat kuitenkin etäisyys tuulivoimalasta ja lähistöllä olevien voimaloiden lukumäärä. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016)

Äänelle on ominaista sen vaimeneminen paikallisten olosuhteiden mukaisesti. Äänenvoimakkuus vaimenee äänilähteestä kauemmas mentäessä, sillä sen sisältämä energia vähenee. Etenemiseen vaikuttavat myös ilman ominaisuudet, kuten lämpötila sekä suhteellinen kosteus. Maaston muodoilla, kasvillisuudella ja tuulensuunnalla on oleellinen merkitys äänen vaimenemisessa. Selvittämällä vaimenemiseen vaikuttavat tekijät, pystytään äänen kulkua arvioimaan teoreettisesti.

Tuulivoimaloiden rakentamisen aikana melu johtuu mm. teiden, tuulivoimaloiden, sähköverkon sekä muun infrastruktuurin rakentamisesta sekä alueen liikenteestä. Nämä vaikutukset ovat vain lyhytaikaisia ja tilapäisiä.

Seuraavassa taulukossa on vertailuarvoja äänenvoimakkuusarvojen suhteesta.

Taulukko 1. Vertailutaulukko absoluuttisista äänenvoimakkuuksista

Äänenvoimakkuus	Esimerkki	Kommentti
130 dB	Kipukynnys	
100-120 dB	Rock-konsertti	
90 dB	Rekan ohiajo	
80 dB	Vilkasliikenteinen katu	
70 dB	Ajoneuvon sisämelu	
60 dB	Toimisto, jossa ilmastointi	Tyypillinen äänitaso suoraan tuulivoimalan alla
50 dB	Vaimea keskustelu	
40 dB	Taustamelu kotona	
30 dB	Kuiskaus (1m)	

4 MELUN OHJEARVOT

4.1 VALTIONEUVOSTON ASETUS TUULIVOIMALOIDEN ULKOMELUTASON OHJEARVOISTA

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

Taulukko 2. Ohjearvot valtioneuvoston asetuksessa

	Ulkomelutaso L_{Aeq} päivällä 7-22	Ulkomelutaso L_{Aeq} yöllä 7-22
Pysyvä asutus	45 dB	40 dB
Loma-asutus	45 dB	40 dB
Hoitolaitokset	45 dB	40 dB
Oppilaitokset	45 dB	-
Virkistysalueet	45 dB	-
Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Kansallispuistot	45 dB	40 dB

4.2 ASUMISTERVEYSASETUKSEN TOIMENPIDERAJAT

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus vuodelta 2015 sisältää toimenpideraja-arvot yöaikaiselle matalataajuiselle sisämelulle. Raja-arvot on esitetty alla olevassa taulukossa, joka on annettu yhden tunnin matalataajuisen melun tasolle (raja-arvot eivät ole A-painotettuja).

Taulukko 3. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat yöaikaiselle pienitaajuiselle sisämelulle

Kaista / Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
L_{eq}, 1h / dB	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Asuinhuoneistojen oleskeluun ja lepoon käytettävien huoneiden toimenpiderajoiksi on annettu päiväajan (klo 07–22) keskiäänitasolle L_{Aeq} 35 dB ja yöajan (klo 22–07) keskiäänitasolle L_{Aeq} 30 dB. Taustamelusta selvästi erottuvalle melulle, joka voi aiheuttaa esimerkiksi unihäiriötä, on toimenpiderajana nukkumiseen käytettävissä tiloissa yöaikaan (klo 22–07) yhden tunnin

keskiäänitaso L_{Aeq},1h 25 dB. Lisäksi on huomioitava melun erityisominaisuudet eli mahdolliset kapeakaistaisuus- ja impulssimaisuuskorjaukset. Asetus sisältää toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle, jotka on annettu taajuuspainottamattomina tunnin keskiäänitasoina L_{eq},1h.

Sisämelun kokonaisäänitason mallintamiseksi ei ole annettu ohjeita eikä alalla ole yleisesti käytössä olevaa laskentamenetelmää. Asetuksen mukaisilla ulkomelun ohjearvoilla (40 dB(A)) pyritään kuitenkin varmistamaan myös sisämelun toimenpiderajojen alittuminen. Alalla sovelletun DSO 1284 -laskentamenetelmän mukaan rakennusten äänieristys taajuuksilla 80–200 Hz on noin 20 dB. Äänieristys vaimentaa korkeampia taajuuksia tyypillisesti tehokkaammin, jolloin taajuuksilla 200–500 Hz äänieristyksen voidaan odottaa olevan enemmän kuin 20 dB. Tuulivoimamelu 1–3 kilometrin etäisyydellä äänilähteestä koostuu lähinnä 200–500 Hz:n taajuuksista. Näin ollen on hyvin todennäköistä, että tuulivoimamelun ollessa ulkona 40 dB(A), rakennuksen sisämelu on noin 20 dB(A) tai alle.

Lisäksi ympäristöministeriön ohjeessa uudisrakennusten ääniympäristöstä (Ympäristöministeriö, 2018) on mainittu, että asuinhuoneen ulkovaipan äänieristys tulee olla aina vähintään 30 dB. Tämä tarkoittaa, että jos melutaso ulkona on 40 dB(A), niin sisämelutaso pysyy selvästi toimenpiderajan alapuolella.

5 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

5.1 LÄHTÖTIEDOT

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

Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimalavalmistajan ilmoittamia, 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. Löytöneva tapauksessa äänitehotasot on ilmoitettu 1/3 oktaavikaistoittain.

Turbiinivalmistajien äänitiedot sisältävät epävarmuusmarginaalin. Vestaksen käyttämä epävarmuusmarginaali ei ole suoraan verrattavissa IEC TS 61400-14 -standardiin, johon ympäristöministeriön ohjeet viittaavat. Edellä mainituista syistä johtuen lähtömelutasoon on mallinnuksessa lisätty 2 dB:n epävarmuusmarginaali. Lisätyllä marginaalilla varmistetaan, että mallinnustulokset ovat riittävän konservatiiviset suhteessa ympäristöministeriön ohjeisiin ja lopulliseen voimalatyyppiin.

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeen voimalatiedot

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (Lwa)	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Löytöneva	V162 5.6 MW	169	106,8+2,0	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.

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 7 havainnointipistettä, joiden kohdalta voimaloiden aiheuttamat äänenvoimakkuudet ilmoitetaan.

5.2 Menetelmät

Melumallinnus on suoritettu WindPRO ohjelmiston DECIBEL-moduulia käyttäen. WindPRO on tanskalaisen EMD International A/S:n kehittämä tuulivoiman mallinnusohjelmisto. Ohjelmistolla mallinnetaan ja visualisoidaan äänen eteneminen ja vaimeneminen, mutta sitä käytetään myös muiden vaikutusten mallintamiseen sekä tuuliresurssien laskemiseen.

Mallinnusta tehtäessä ohjelmistoon syötetään ympäristöministeriön (2/2014) ohjeistamat parametrit sekä ISO 9613-2 standardin mukaiset lähtötiedot. Mallinnuksessa lasketaan melun leviäminen vaikutusalueella sekä hankkeesta aiheutuvat melutasot tarkastelluissa pisteissä.

Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti melupäästöarvoon lisätään 2 dB, jos asunnon ja voimalan perustusten välinen korkeusero ylittää 60 metriä. Korjaus tehdään, kun etäisyys voimalan ja asunnon välillä on enintään kolme kilometriä. Tässä melumallinuksessa korkeuserot eivät ylity valituissa havainnointipisteissä eikä 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.

Ympäristöministeriön ohjeessa (2/2014) mainitaan äänivaikutuksiin liittyvä ilmö, Amplitudimodulaatio (EAM, excessive amplitude modulation). Esiintyessään ilmiö aiheuttaa sen, että äänenvoimakkuuden merkittävät jaksottaiset vaihtelut lisäävät melun häiritsevyyttä. Amplitudimodulaatio on paikallisista olosuhteista ja voimalatyypistä riippuva ilmiö. Ilmiötä ei pysty mallintamaan etukäteen, vaan se pystytään varmistamaan ainoastaan käytönaikaisilla melumittauksilla. Amplitudimodulaatiota ei mainita valtioneuvoston asetuksessa tuulivoimaloiden ulkomelutasoa koskien, eikä ilmiön todentamiseksi ole olemassa vakioitua menetelmää. Aiheesta on tehty kansainvälisiä tutkimuksia (esim. Bertagnolio, 2014), joiden mukaan havaittu amplitudimodulaatio on mahdollista hallita teknisesti.

Pienitaajuinen melulaskenta on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti, asuntojen ja vapaa-ajan asuntojen ulkopuolelta käyttäen annettua laskentakaavaa. 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).

6 ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET

6.1 NYKYTILANNE

Löytönevan 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 valtatien melutasoa hieman.

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

6.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Melumallinnuksessa on käytetty Vestaksen V162 5.6 MW clean blade voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 106.8 + 2 dB(A) ja napakorkeus 169 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 8 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 3.

Kuva 1. Löytönevan tuulivoimapuiston melumallinnus., V162 108.8 dB(A). Seitsemän havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla.

Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dBA. Alueen läheisyydestä on valittu 7 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Löytönevan tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat melko vähäiset. Lähin asuinalue on Haapasalon alue (5 vakituista asuntoa ja yksi vapaa-ajan asunto). Melutaso Haapasalon asuinalueella on mallinnuksien mukaan 35.5–36.4 dB(A).

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.

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

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 Löytönevan tuulivoimaloiden pienitaajuisen melun vaikutukset ovat melko 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 päättämillä mallinnuksen lähtötiedoilla, jotka ympäristöministeriö on julkaissut.

7 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA

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

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

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

Melumallinnusten perusteella valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja sekä STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä.

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-Rev5*. Internal work description.

Maanmittauslaitos (2019). *Maanmittauslaitoksen avoimen tietoaineiston 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 (2019). *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). *Third Octave Noise emission V162-5.6 MW.* DMS 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

9 MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, LÖYTÖNEVA

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT	*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä		
Mallinnusraportti numero/tunniste:		Raportin hyväksyntäpäivämäärä: **14.06.2021**	
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: **Etha Wind Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440**			
Vastuuhenkilöt: **Christian Granlund**			
Laatija: **Christian Granlund**		Tarkastaja/hyväksyjä: **Arina Makarova**	
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT			
Mallinnusohjelma ja versio: **WindPRO Ver3.4**		Mallinnusmenetelmä: **ISO 9613-2**	
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)			
Tuulivoimalan valmistaja:		Tyyppi:	Sarjanumero/t:
Nimellisteho: **5.6 MW**	Napakorkeus: **169 m**	Roottorin halkaisija: **162 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 169 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 106,8 dB(A))

Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitu-dimodulaatio)		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 absorption ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet

ISO 9613-2		
Vesialueet, (0) / (G)	**0**	
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)	**0,4**	
Maa-alueet, (0) / (G)		

Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus

Neutraali, (0): **kyllä**	Muu, mikä ja miksi:

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

Vapaa avaruus	Muu, mikä, miksi:

Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)

Asukkaat: **0** kpl	Vapaa-ajan rakennukset: **0** kpl	Hoito- ja oppilaitokset: **0** kpl

Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)

Asukkaat: **0** kpl	Vapaa-ajan rakennukset: **0** kpl	Hoito- ja oppilaitokset: **0** kpl

Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille

Virkistysalueet: **0** kpl	Luonnonsuojelualueet: **0** kpl

LIITE 1: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET

Taulukko 6. Löytönevan mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa.

Havainnoin tipiste	Asunnon luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	Melu [dB(A)]	Ohjearvojen ylitys
a	Vakituinen asunto	355616	7029037	40	36,3	Ei
b	Vakituinen asunto	355710	7029009	40	36,0	Ei
c	Vakituinen asunto	351633	7025924	40	33,5	Ei
d	Vakituinen asunto	356932	7025898	40	30,8	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	355594	7029025	40	36,4	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	353116	7024976	40	33,6	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	354551	7025117	40	34,5	Ei

Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta, Löytöneva (painottamattomat melutasot)

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

Pienitaajuinen melu on laskettu Löytönevan 8 voimalalle.

Taulukko 7. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

Taajuus	Melutaso kohteissa (dB)						
(Hz)	a	b	c	d	e	f	g
20	45.74	45.53	43.89	41.99	45.84	43.91	44.45
25	45.00	44.78	43.14	41.23	45.09	43.16	43.71
31,5	44.48	44.26	42.61	40.70	44.57	42.63	43.18
40	43.93	43.72	42.06	40.13	44.03	42.08	42.63
50	43.49	43.28	41.61	39.67	43.59	41.63	42.18
63	42.71	42.49	40.80	38.84	42.81	40.83	41.39
80	41.80	41.58	39.87	37.88	41.90	39.90	40.47
100	40.62	40.39	38.64	36.59	40.72	38.66	39.25
125	38.84	38.61	36.80	34.67	38.95	36.83	37.44
160	36.25	36.01	34.11	31.87	36.36	34.14	34.78
200	35.24	34.98	32.96	30.59	35.35	33.01	33.69

Taulukko 8. Pienitaajuinen melu sisätiloissa.

Taajuus	Melutaso kohteissa (dB)						
(Hz)	a	b	c	d	e	f	g
20	39.14	38.93	37.29	35.39	39.24	37.31	37.85
25	36.60	36.38	34.74	32.83	36.69	34.76	35.31
31,5	33.68	33.46	31.81	29.90	33.77	31.83	32.38
40	32.53	32.32	30.66	28.73	32.63	30.68	31.23
50	30.49	30.28	28.61	26.67	30.59	28.63	29.18
63	26.11	25.89	24.20	22.24	26.21	24.23	24.79
80	22.10	21.88	20.17	18.18	22.20	20.20	20.77
100	19.42	19.19	17.44	15.39	19.52	17.46	18.05
125	18.64	18.41	16.60	14.47	18.75	16.63	17.24
160	15.05	14.81	12.91	10.67	15.16	12.94	13.58
200	14.04	13.78	11.76	9.39	14.15	11.81	12.49

Kuva 2. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituisessa asunnossa a.

Kuva 3. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa e.

LIITE 3: SIJOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevassa taulukossa

Taulukko 9. Löytönevan voimaloiden sijaintitiedot.

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	353899	7028776	VESTAS V162-5.6 MW 169 m HH clean blade, 108.8 dB(A)
2	353290	7028629	VESTAS V162-5.6 MW 169 m HH clean blade, 108.8 dB(A)
3	352110	7028072	VESTAS V162-5.6 MW 169 m HH clean blade, 108.8 dB(A)
4	354383	7027960	VESTAS V162-5.6 MW 169 m HH clean blade, 108.8 dB(A)
5	355310	7027333	VESTAS V162-5.6 MW 169 m HH clean blade, 108.8 dB(A)
6	353980	7027276	VESTAS V162-5.6 MW 169 m HH clean blade, 108.8 dB(A)
7	353215	7027121	VESTAS V162-5.6 MW 169 m HH clean blade, 108.8 dB(A)
8	353894	7026644	VESTAS V162-5.6 MW 169 m HH clean blade, 108.8 dB(A)