

Vastaanottaja
Puskakorven Tuulivoima Oy

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
28.11.2018

Viite
1510029105

PUSKAKORVENKALLION TUULIVOIMAHAANKE MELUMALLINNUS

PUSKAKORVENKALLION TUULIVOIMAHANKE MELUMALLINNUS

Päivämäärä 28.11.2018
Laatija Arttu Ruhanen
Tarkastaja Janne Ristolainen, Ville Virtanen

Puskakorven tuulivoimahankkeen osayleiskaavoitukseen liittyvä meluselvitys.

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 12/2017 aineistoa.

Viite 1510029105

SISÄLTÖ

1.	YLEISTÄ	1
2.	MELUN OHJEARVOT	1
2.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	1
2.2	Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa	2
3.	MELUMALLINNUKSEN TI EDOT	2
3.1	Tuulivoimalatiedot	2
3.2	Maastomalli ja rakennustiedot	3
3.3	Melulaskenta	3
4.	TULOKSET	6
4.1	Meluvyöhyke- ja reseptoritulokset	6
4.2	Pienitaajuinen melu	6
5.	TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	8
5.1	Melutasot verrattuna ohjearvoihin	8
5.2	Melun erityispiirteet ja häiritsevyysskorjaukset	8
5.3	Alueen yleiset tuuliolosuhteet ja niiden vaikutus melutasojen esiintyvyyteen	8
6.	YHTEI SMELU VI EREI STEN TUULI VOI MAPUI STOJEN KANSSA	9
	LIITTEET	10

1. YLEISTÄ

Puskakorven Tuulivoima Oy suunnittelee tuulivoimahanketta Pyhäjoen kuntaan. Puskakorvenkallion tuulivoimahankkeesta on käynnissä osayleiskaavoitus, johon tämä melumallinnus liittyy. Koska kyseessä on kaavavaiheen selvitys, on Ympäristöministeriön hallinnon ohjeita 2/2014 "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen" raportin mukaisesti meluvyöhykkeiden sekä reseptoripistekohtaisten tarkastelujen mallinnusmenetelmänä laskentamalli ISO 9613-2. Pienitaajuisten melun tarkastelu tehtiin erillislaskentana YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti.

Kohteeseen on tehty melumallinnus ympäristövaikutusten arvioinnin (YVA) yhteydessä ja viimeisin melumallinnusraportti on päivätty 16.3.2018.

Mallinnus tehtiin tässä suunnittelun vaiheessa selvitettäväksi valitulla yhdellä laitosmallilla. Mikäli jatkosuunnittelussa päädytään eri tuulivoimalamalliin tai hankkeen suunnitelma muuten olennaisesti muuttuu, on meluvaikutukset arvioitava uudelleen.

Tässä selvityksessä on tarkasteltu myös yhteismeluvaikutuksia Puskakorvenkallion tuulivoimahankkeen ympäristössä olevien toiminnassa olevien ja suunniteltujen tuulivoimahankkeiden kanssa; Juurakko, Karhunnevangas, Mäkikangas, Paltusmäki, Pyhäkoski ja Ristiveto.

Työ on tehty Puskakorven Tuulivoima Oy:n toimeksiannosta. Meluselvityksen ovat Rambollissa tehneet ins.(AMK) Janne Ristolainen ja ins. (AMK) Arttu Ruhanen.

2. MELUN OHJEARVOT

2.1 Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista

Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 (voimaantulopäivä 1.9.2015) on annettu tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot. Ohjearvot on annettu absoluuttisina lukuarvoina, joissa ei huomioida taustamelua. Asetusta sovelletaan maankäyttö- ja rakennusalan mukaisessa maankäytön ja rakentamisen suunnittelussa, lupamenettelyissä ja valvonnassa sekä ympäristönsuojelulain mukaisessa lupamenettelyssä ja valvonnassa.

Tuulivoimalan toiminnasta aiheutuvan melupäästön takuuarvon perusteella määritelty laskennallinen melutaso ja valvonnan yhteydessä mitattu melutason eivät saa ulkona ylittää melulle altistuvalla alueella melun A-taajuuspainotetun keskiäänitason (L_{Aeq}) ohjearvoja taulukossa 1 esitetyn mukaisesti.

Taulukko 1. Valtioneuvoston asetuksen mukaiset tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot 1107/2015

	Ulkomelutason L_{Aeq} päivällä klo 7-22	Ulkomelutason 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

Valvonnan yhteydessä saatuun mittaustulokseen tehdään 5 dB lisäys, mikäli tuulivoimalan melu on impulssimaista tai kapeakaistaista altistuvalla alueella.

Valtioneuvoston asetuksessa veloitetaan noudattamaan sisätilojen melun osalta Asumisterveysasetuksessa annettuja sisätilojen melun toimenpiderajoja.

- 2.2 Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa
Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 545/2015 (voimaantulopäivä 15.5.2015) on annettu toimenpiderajoja asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisämelulle (ns. asumisterveysasetus). Asetus korvaa aiemmin käytössä olleen asumisterveysohjeen (STM oppaita 2003: 1).

Asuinhuoneistojen asuinhuoneisiin (paitsi keittiö ja muut tilat) toimenpiderajoiksi on annettu päiväjän keskiäänitasolle $L_{Aeq, 7-22}$ 35 dB ja yöajan keskiäänitasolle $L_{Aeq, 22-7}$ 30 dB. Selvästi taustamelusta erottuvalle melulle, joka voi aiheuttaa unihäiriötä, on toimenpiderajana nukkumiseen käytettävissä tiloissa yöaikaan (klo 22-7) 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 $L_{eq, 1h}$.

Taulukko 2. Yöaikaisen pienitaajuisen sisämelun toimenpiderajat terssikaistoittain (Asumisterveysasetus 545/2015). Päiväaikana sallitaan 5 dB suurempia arvoja.

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

Vuonna 2015 annettu Asumisterveysasetus ei tuo muutoksia mallinnusmenettelyihin tai -tarpeisiin, vaan mallinnukset tehdään vuonna 2014 annetun YM:n ohjeistuksen mukaisesti.

3. MELUMALLINNUKSEN TIEDOT

3.1 Tuulivoimalatiedot

Mallinnus tehtiin GE 4.8-158 laitosmallilla. Tuulivoimaloiden napakorkeutena käytettiin 171 metriä, jolloin 158 m roottorin halkaisijan omaavan tuulivoimalan kokonaiskorkeus on 250 m. Voimalamallin melutiedot on saatu GE:n toimittamista dokumenteista:

- *Technical Documentation Wind Turbine Generator Systems 4.8-158 - 50 Hz; Product Acoustic Specifications; Normal Operation according to IEC Incl. Octave and 1/3rd Octave Band Spectra; Noise_Emission-NO_4.8-158-50Hz_IEC_EN_r02*
- *Technical Documentation Wind Turbine Generator Systems All Turbine Types; Machine Noise Performance Test; Machine_Noise_Performance_Test_Generic_EN_r02*

Yllä mainituissa dokumenteissa laitosmallin suurin äänitehotaso on $L_{WA,k}$ 104 dB, kun tuulennopeus on napakorkeudella 8 m/s tai enemmän. Laitosvalmistaja on ilmoittanut takaavansa melupäästöarvon, kun huomioidaan + 1 dB epävarmuus, joten mallinnuksessa käytettävä äänitehotaso on $L_{WA,d}$ 105 dB. Tarkemmat melutiedot on esitetty raportin liitteessä 2.

Melupäästöarvot syötettiin meluvyöhykelaskentaan ja reseptoripistelaskentaan 1/1 –oktaavikaistoittain voimalan taajuusjakauman mukaisesti. Pienitaajuisen melun laskenta tehtiin 1/3 –oktaavikaistatietoihin perustuen.

Dokumentin mukaan laitosmallin äänen tonaalisuus (tonal audibility, standardissa IEC 61400-11 esitetyllä menettelyllä) on 4 dB:n alle tai tasolla. VTT:n tutkimusraportissa "Tuulivoimalan meluvaikutukset: Häiritsevyyksimittaristo ja sen käyttö" (VTT-R-04392-14) on esitetyn periaatteen mukaisesti ääneksien tai kapeakaistaisen äänikomponenttien kuultavuus (tonal audibility) tulisi olla suurempi kuin 4 dB, jonka johdosta meluun tulisi 0-6 dB sanktio (kapeakaistaisuuskorjaus). Laitosmalli ei siis aiheuta tonaalista ääntä.

Voimalaitosten koordinaatit perustuvat 15.11.2018 tarkistettuun sijoitussuunnitelmaan ja on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS –TM35FIN)

Tunnus	E / lon	N / lat
2	365548	7145091
7	366746	7146255
8	366299	7145781
9	366160	7145228
10	365840	7144779
11	366936	7145774
12	366784	7145290
13	366665	7144850
14	366444	7144483
15	367571	7144352
16	367215	7143744
17	367709	7143876
18	367577	7143341
19	368171	7143875
20	368453	7143279
21	368021	7142904

3.2 Maastomalli ja rakennustiedot

Laskennassa käytetty maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen laserkeilaukseen perustuvasta Korkeusmalli 2 m –korkeusaineistosta (vaakaresoluutio 2 m ja pystyresoluutio 0,3 m). Maa- ja vesialueiden absorptio ja heijastukset syötettiin maastomalliin MML:n maastotietokannan rajauksen mukaisesti. Maastomallissa ei ole huomioitu rakennuksia. Kolmiulotteinen maastomalli sisältää siis laskenta-alueen maanpinnan korkeusvaihtelut sekä maan- ja vedenpinnan heijastukset ja absorption.

Mikäli tuulivoimalan perustus on 60 metriä korkeammalla kuin asuin- tai lomarakennus (enintään 3 km tuulivoimalasta), tulee reseptoripistekohtaisessa laskennassa lisätä kyseisen tuulivoimalan melupäästöön 2 dB. Koska kaikkien tuulivoimaloiden suunnitelluilla sijoituspaikoilla perustuskorkeus on alle +60 mpy, on tuulivoimaloiden perustusten ja kolmen kilometrin etäisyydellä laitoksista sijaitsevien altistuvien kohteiden välinen maanpinnan korkeusero on alle 60 metriä. Näin ollen korjausta voimalaitosten äänitehotasoon ei tehdä.

Mallissa ei ole huomioitu metsäkasvillisuutta melua vaimentavana tekijänä. Metsäkasvillisuus (puusto yms.) voi vaimentaa melua, mikäli kasvillisuusvyöhyke on riittävän korkea ja syvyys on suuri. Ympäristömeluarvioinneissa kasvillisuuden vaikutusta ei kuitenkaan pääsääntöisesti oteta huomioon, koska kasvillisuusvyöhykkeiden pysyvyydestä ei voida olla varmoja (esim. puuston avohakkuut). Laskentamallien kyvystä huomioida luotettavasti puuston vaikutusta melun eteneeseen ei ole vielä riittävästi tutkittua tietoa.

3.3 Melulaskenta

Melulaskennat tehtiin Ympäristöministeriön hallinnon ohjeita 2/2014 "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen" raportin mukaisilla laskentaparametreilla ja -menetelmillä.

Meluvyöhykelaskenta ja eri suuntien lähimpien altistuvien kohteiden luona tehdyt reseptoripistelaskennat on tehty SoundPlan 8.0 –melulaskentaohjelmalla. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta www.soundplan.eu.

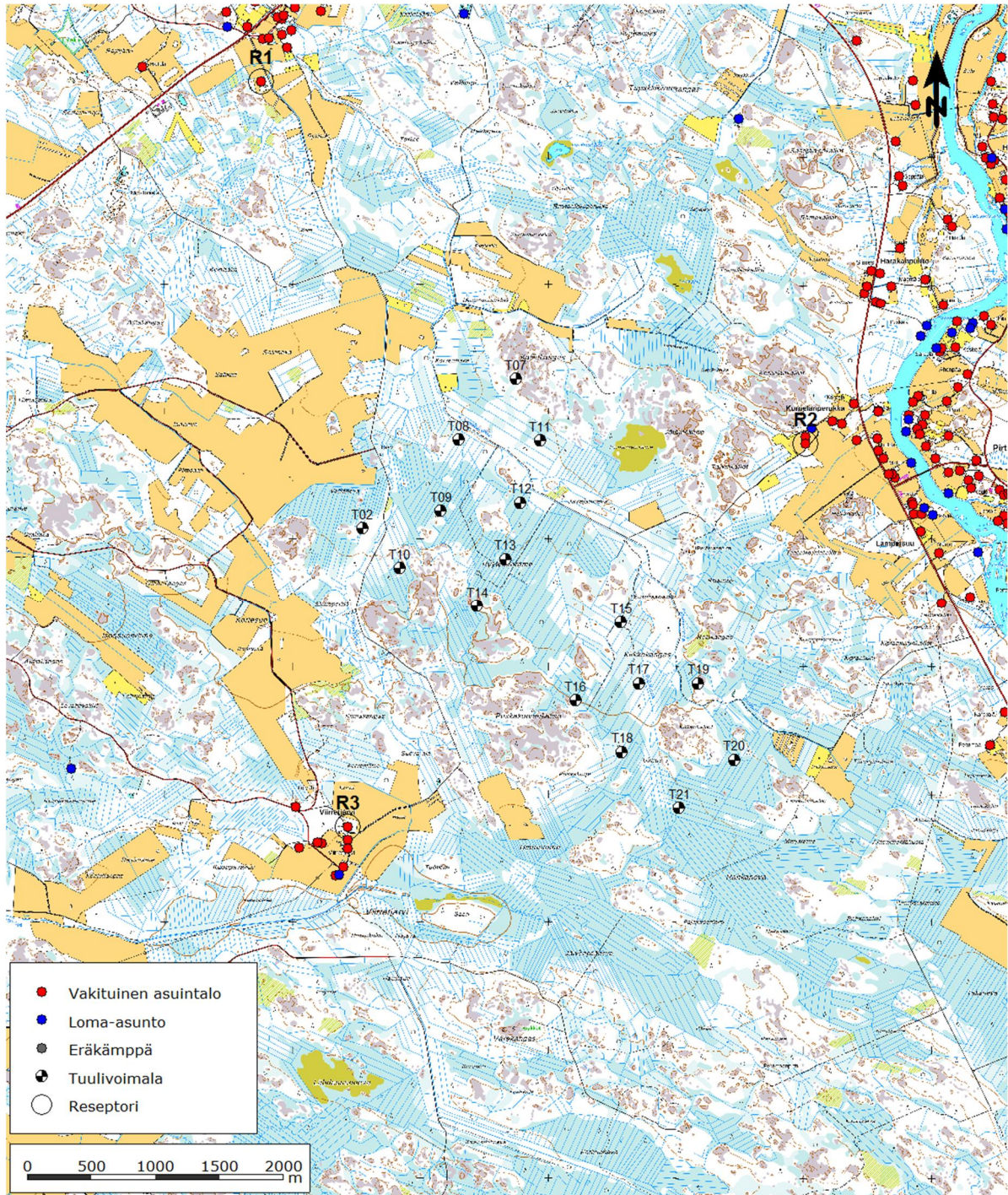
Meluvyöhykelaskenta on tehty laskentapisteverkkoon ja ohjelma interpoloi melutasot laskentapisteen välisille alueille. Meluvyöhykelaskennan lisäksi tehtiin reseptoripistelaskentoja lähimpien hankealueen ulkopuolella sijaitsevien asuintalojen kohdalla, reseptoripisteiden sijainti on esitetty kuvassa 1. Reseptoripistelaskennan tuloksena käy ilmi tarkka keskiäänitaso (L_{Aeq}) kyseisen laskentapisteen kohdalla.

Taulukko 4. Meluvyöhyke- ja reseptoripistelaskennassa käytetyt parametrit

Laskentamalli	ISO 9613-2
Laskentaverkko	20 x 20 m välein 4 m korkeudella pinnasta
Yksittäiset laskentapisteen (reseptoripisteet)	4 m korkeudella pinnasta
Laskentaetäisyys	max 6000 m melulähteestä
Heijastusten lukumäärä	1
Maanpinnan absorptio	vesialueet vaikutuskerroin 0 (akustisesti kova) maa-alueet vaikutuskerroin 0,4 (akustisesti puolikova)
Ilman absorptio	standardin ISO 9316 mukainen
Äänen suuntaavuus ja vaimentuminen	vapaa avaruus
Ilmakehän stabiilius laskennassa / meteorologinen korjaus	0 neutraali – stabiili sääolosuhde
Sääolosuhteet	- ilmanpaine 1013,25 mbar - suhteellinen kosteus 70 % - lämpötila 15 °C

Pienitaajuuden melun tarkastelu tehtiin YM:n ohjeessa 2/2014 esitetyn mukaisesti. Taajuuspainotamattomien terassikaistakohtaisten melutasojen laskenta tehtiin kuvan 1 reseptoripisteisiin. Pienitaajuisia sisämelutasoja arvioitiin DSO 1284 laskentamenetelmässä esitettyjen asuintalon julkisivun ilmaääneneristävyyssarvojen avulla.

Kaikki esitetyt melutasot ovat suoraan mallinnuksen tuloksia, eikä niihin ole lisätty mitään mahdollisia häiritsevyysskorjauksia.



Kuva 1. Reseptoripisteiden ja tuulivoimalaitosten sijainnit

4. TULOKSET

4.1 Meluvyöhyke- ja reseptoritulokset

Mallinnustulokset ovat keskiäänitasoja tilanteessa, jossa tuulivoimalaitokset tuottavat suurimman mahdollisen melupäästön koko päivä- tai yöajan ja myötätuuliolosuhte vallitsee samanaikaisesti kaikkiin ilmansuuntiin.

Puskakorvenkallion meluvyöhykkeet on esitetty liitteen 1 melukartassa. Mallinnuksen mukaan kaikki hankealueen ympäristön asuin- ja lomarakennukset jäävät 40 dB:n meluvyöhykkeen ulkopuolelle. Taulukossa 5 on esitetty reseptorilaskentojen tulokset.

Taulukko 5. Reseptoripistelaskentojen tulokset (ulkomelutaso), Puskakorvenkallion tuulivoimahanke

Reseptori	Käyttöstatus	ETRS-TM35FIN		L_{Aeq} , dB
		E / Ion	N / lat	
R1	Asuintalo	364759	7148582	26
R2	Asuintalo	369012	7145748	33
R3	Asuintalo	365437	7142754	33

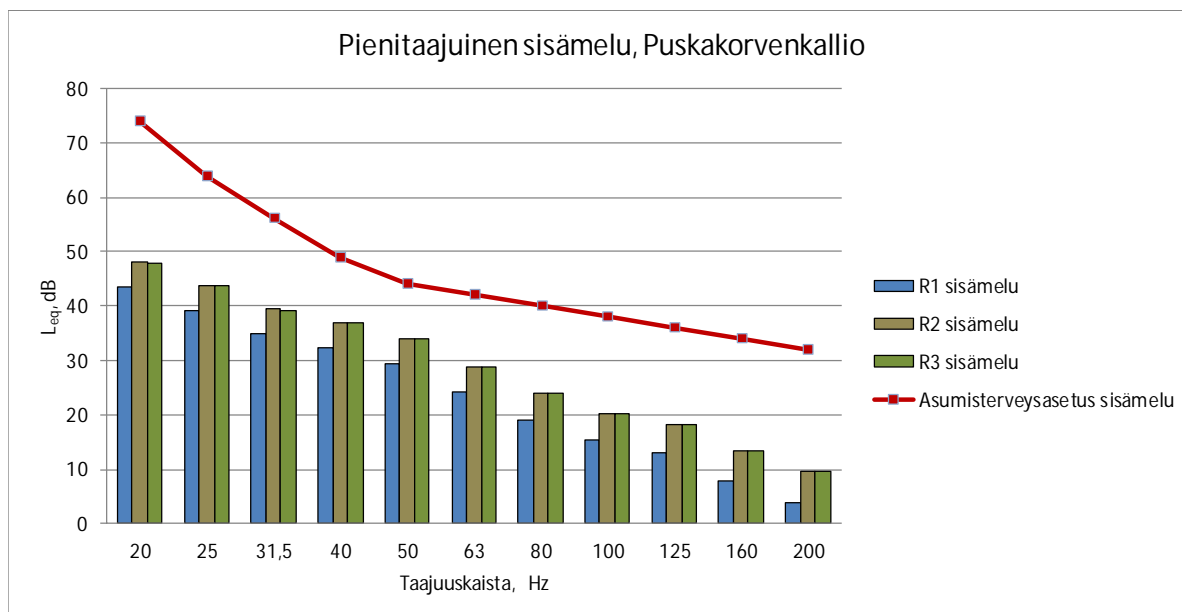
Käytännöllisesti katsoen kaikki tavanomaiset rakenteet täyttävät 20 dB:n eristävyysvaatimuksen (RIL 129-2009 Ääneneristykseen toteuttaminen). Reseptoreihin lasketut ulkomelutasot ovat 26-33 dB:n välillä, joten arvio sisämelutasosta on 6-13 dB.

4.2 Pienitaajuinen melu

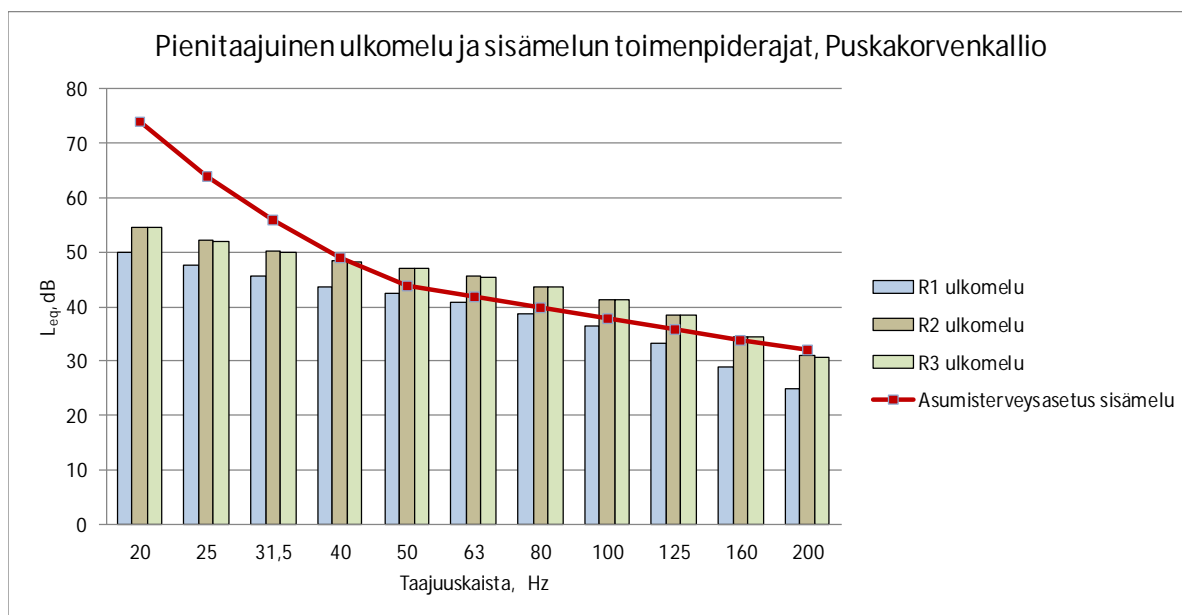
Pienitaajuinen melu laskettiin kuvan 1 mukaisesti reseptoripisteisiin. Laskentojen tulokset on esitetty taulukossa 6 ja kuvissa 2-3.

Taulukko 6. Lineaariset terssikaistakohtaiset äänitasot ulkona reseptoripisteissä, Puskakorvenkallion tuulivoimahanke

Taajuus- kaista, Hz	Reseptori	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
L_{Leq} , dB		Ulkomelutaso										
	R1	50	48	46	44	42	41	39	36	33	29	25
	R2	55	52	50	48	47	46	44	41	38	34	31
	R3	55	52	50	48	47	45	44	41	38	34	31
Asumisterveysasetuksen yöajan sisämelun toimenpideraja		74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32



Kuva 2. Pienitaajuinen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä



Kuva 3. Pienitaajuinen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä

Verrattaessa ulkomelutasoja sisätiloihin asetettuihin Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuinen melun yöajan toimenpiderajoihin, ovat rakennusten ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) seuraavan suuruisia:

- R1 = ulkomelu alle sisätilojen toimenpiderajojen
- R2 = 50-125 Hz 2-4 dB
- R3 = 50-125 Hz 2-4 dB

Muutoin ulkomelutasot jäävät yöajan sisämelun toimenpiderajojen alle tai tasolle.

DSO 1284 -menetelmän mukaiset ääneneristävyyssarvot (äänitasoero ΔL) kuvaavat tyypillisen tanskalaisen asuintalon ilmaääneneristävyyttä, jotka vastaavat kohtuullisen hyvin Suomessa käytettyjä rakenteita. Kun huomioidaan ulkoseinän ääneneristävyys DSO 1284 -menetelmässä mainittujen arvojen mukaisesti, alittavat tertiökohtaiset melutasot toimenpiderajat myös reseptoripisteissä R2 ja R3. Laskennan periaatteiden mukaan pienitaajuinen melu vaimenee etäisyyden kasvaessa, joten melutasot laskevat, jos tarkastellaan tasoa kauempana tuulivoimaloita.

Asumisterveysasetuksen mukaan päiväajan pienitaajuiselle melulle voidaan hyväksyä 5 dB suu-
rempia arvoja kuin yöaikana, joten lasketut melutasot ovat jo ulkona pienempiä kuin sisämelun
päiväaikaiset toimenpiderajat.

5. TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Melutasot verrattuna ohjearvoihin

Mallinnuksen mukaan Puskakorvenkallion tuulivoimahankkeen aiheuttama ulkomelutaso alittaa
Valtioneuvoston asetuksen 1107/2015 ulkomelun päiväajan ohjearvon 45 dB ja yöajan ohjearvon
40 dB kaikkien hankealueen ympäristössä sijaitsevien asuin- ja lomarakennusten kohdalla.

Sisätiloihin arvioidut (ulkoseinän ääneneristävyyden DSO 1284 arvojen mukaisesti) pienitaajuisen
melun tasot alittavat sisätiloihin annetut 545/2015 mukaiset toimenpiderajat ympäristön raken-
nusten kohdalla. Mikäli rakennusten ulkovaipan kokonaisääneneristävyyden täyttää 20 dB:n tason,
ovat sisämelutasot 545/2015 sisämelun toimenpiderajan $L_{Aeq, 1h}$ 25 dB alle.

Valtioneuvoston asetuksessa veloitetaan noudattamaan sisätilojen melun osalta Asumisterveys-
asetuksessa 545/2015 annettuja sisätilojen melun toimenpiderajoja. Ulkomelun ohjearvoilla pyri-
tään varmistamaan sisämelun osalta arvojen täyttyminen.

YM:n mallinnusohjeen (2/2014) mukaan ohjearvovertailussa ei huomioida epävarmuutta, kun las-
kenta tehdään ohjeessa mainituilla parametreilla ja käyttäen valmistajan takaamia melupäästöar-
voja (declared value tai warranted level). Tällöin melupäästön takuuarvoon on sisällytetty koko
laskennan epävarmuus. Tässä mallinnuksessa on käytetty mallinnusohjeen tarkoittamaa takuuar-
voa.

5.2 Melun erityispiirteet ja häiritsevyyden korjaukset

Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa
edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaaisuudesta.
Mahdollinen häiritsevyyden korjaus +5 dB tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulok-
seen, mikäli melun todetaan olevan kapeakaistaista ja/tai impulssimaista. Impulssimaisuuden ja
kapeakaistaisuuden määrittäminen mittaustuloksesta tehdään YM:n ohjeessa *"Tuulivoimaloiden
melutason mittaaminen altistuvassa kohteessa"* 4/2014 esitetyn mukaisesti.

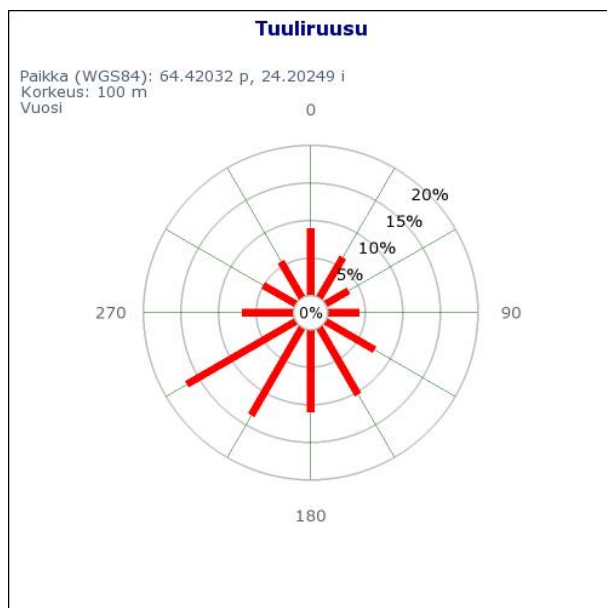
Valmistajan ilmoittamien tietojen mukaan tässä selvityksessä tutkittu tuulivoimalamalli GE 4.8-158
ei aiheuta tonaalista (kapeakaistaista) melua.

Valtioneuvoston asetus 1107/2015 ei sisällä korjausta merkityksellisestä sykinnästä (EAM, Excess
amplitude modulation), koska sen määrittämiseen ei ole standardisoitua menetelmää. Tavanomai-
nen tuulivoimalan äänitason vaihtelu (NAM, Normal amplitude modulation) on osa tuulivoimalai-
toksen toimintaa ja sisältyy ohjearvoihin.

5.3 Alueen yleiset tuuliolosuhteet ja niiden vaikutus melutasojen esiintyvyyteen

Tuuliolosuhteet vaikuttavat tuulivoimalaitoksen meluntuottoon. Meluntuotto ei kasva lineaarisesti
tuulennopeuden mukana ja äänitehotason voimistuminen pysähtyy tai alkaa laskea voimalan
saavuttaessa tietyn tuulen nopeuden. Hiljaisilla tuulen nopeuksilla voimalaitoksen äänitehotaso
on merkittävästi maksimiarvoa pienempi.

Tuulennopeus vaihtelee päivä- ja yöaikana ja hetkittäinen äänitaso vaihtelee sen mukaisesti. Mal-
linnuksen tulokset vastaavat keskiäänitasoja tilanteessa, jossa tuulennopeus on koko päivä- tai
yöajan erittäin voimakasta. Todellinen päivä- ja yöajan keskiäänitaso laitosten ympärillä riippuu
tarkastelujakson tuulisuudesta ja muista sääolosuhteista.



Kuva 4. Tuuliruusu hankealueelta Suomen Tuuliatlakselta

Mallinnuksessa oletetaan olevan myötätuuli tuulivoimaloista kaikkiin ilmansuuntiin. Koska alueen vallitseva tuulensuunta on lounaan suunnasta, toteutuu mallinnuksen mukainen melutaso useimmin hankealueen koillispuolella. Vastaavasti hankealueen lounaispuolella mallinnuksen mukaisten melutasojen esiintyminen on harvinaisempaa.

6. YHTEISELMELU VIEREISTEN TUULIVOIMAPUISTOJEN KANSSA

Yhteismelua tarkasteltiin Puskakorvenkallion hankkeen ympärillä olevien toiminnassa olevien ja suunniteltujen tuulivoimahankkeiden kanssa; Juurakko, Karhunnevangas, Mäkikangas/Mäki-kankaan laajennus, Paltusmäki, Pyhäkoski ja Ristiveto.

Ympäristön tuulivoimahankkeiden tiedot perustuvat Puskakorvenkallion YVA-vaiheen melumallinnusta varten kerättyihin tietoihin. Ympäristön tuulivoimahankkeiden koordinaatit saatiin Puskakorvenkallion YVA-hankkeen aineistoista. Kunkin hankkeen laitosmallien, napakorkeuksien ja äänitehotasojen tiedot kerättiin julkisesti saatavilla olevista lähteistä, mm. hankevastaavien nettisivuilta sekä YVA- ja kaavaselostuksista.

Lähes kaikkien tuulivoimahankkeiden laitosmallien taajuusjakaumat ja laitosmallien takuut saatiin tuulivoimatoimittajilta.

Koska Ristivedon tuulivoimat ovat valmistuneet jo vuonna 2013 ja Siemens SWT 2.3 MW laitosmallista ei ollut saatavilla 1/3-oktaavikaistajakaumaa, käytettiin meluvyöhykkeiden mallinnuksessa oktaavikaista-arvoja. Oktaavikaista-arvoista inter- ja ekstrapoloitiin pienitaajuuden melun laskennassa vaadittavat 1/3-oktaaviarvot taajuusvälillä 20-200 Hz. Siemens SWT 2.3 MW laitosmallille ei ollut käytettävissä valmistajan takuuta, joten laitosmallin melupäästöön lisättiin 2 dB ennen mallinnuksen tekemistä.

Yhteismelukartta on esitetty liitteessä 3. Kuvan 1 mukaisiin reseptoreihin tehtyjen laskentojen tulokset taulukossa 7.

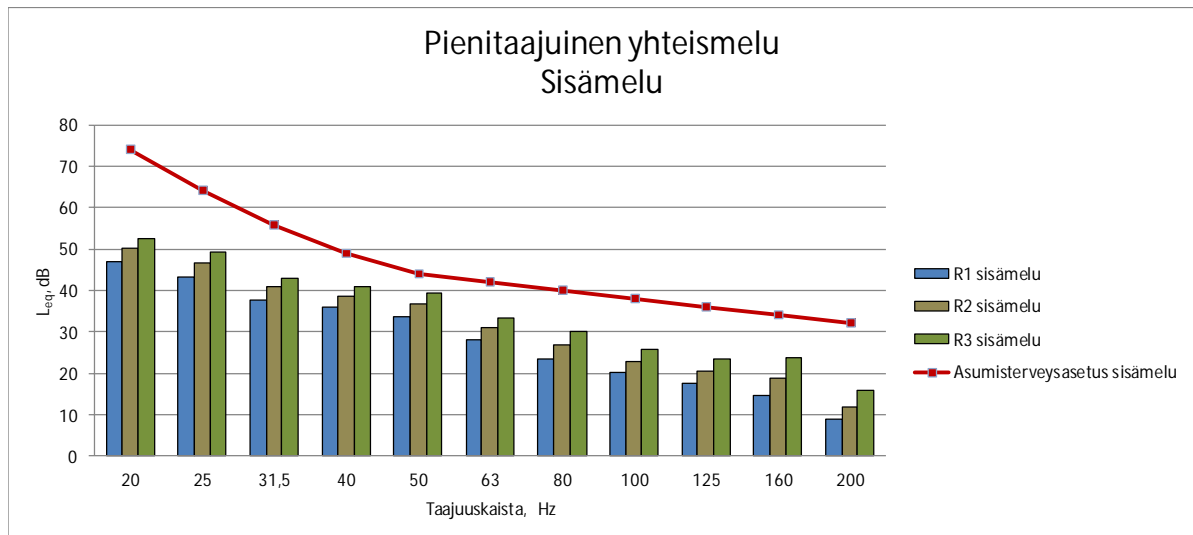
Taulukko 7. Hankkeiden yhteismelutasot reseptoripisteissä

Reseptori	L_{Aeq} , dB
R1	32
R2	34
R3	39

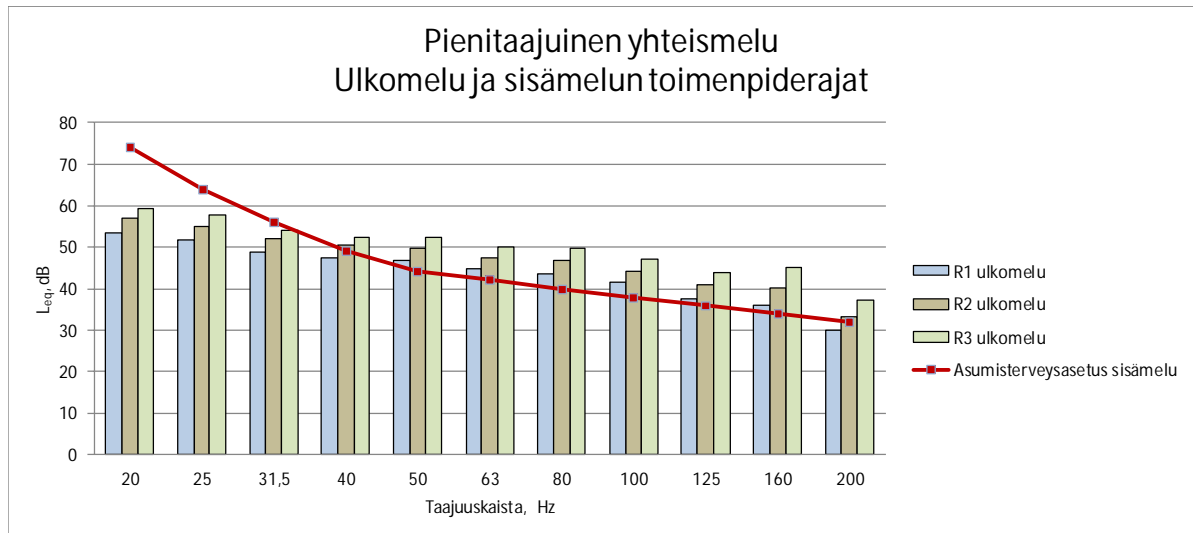
Yhteismallinnuksessa melutasot jäävät alle yöajan ohjearvon 40 dB:n Puskakorvenkallion hankkeen ympäristön lähimpien asuin- ja lomarakennusten kohdalla.

Mallinnuksessa tuulen oletetaan olevan myötäinen kaikkiin ilmansuuntiin. Täten yhteismallinnuksen melutasot eivät esiinny kaikkialla ympäristössä mallinnuksen kaltaisina summavaikutuksina. Hankealueiden laitamilla melutasot voivat summautua mallinnuksen mukaisina. Hankealueiden välissä olevilla alueilla melutasot eivät suoraan summaudu keskenään, mutta melun esiintymisen kokonaisuus kasvaa. Tämä johtuu siitä, että usean hankkeen sijoittuessa eri puolille altistuvaa kohdetta on todennäköisempää, että jonkin hankkeen tuulivoimalaitosten ääni on kuultavissa.

Hankkeiden pienitaajuista melua tarkasteltiin yhteislaskennalla kuvan 1 reseptoripisteissä, joiden tulokset on esitetty kuvissa 5-6. Sisätiloihin lasketut pienitaajuisten melun yhteistasot jäävät Puskakorvenkallion ympäristön reseptoripisteissä R1, R2 ja R3 alle toimenpiderajojen.



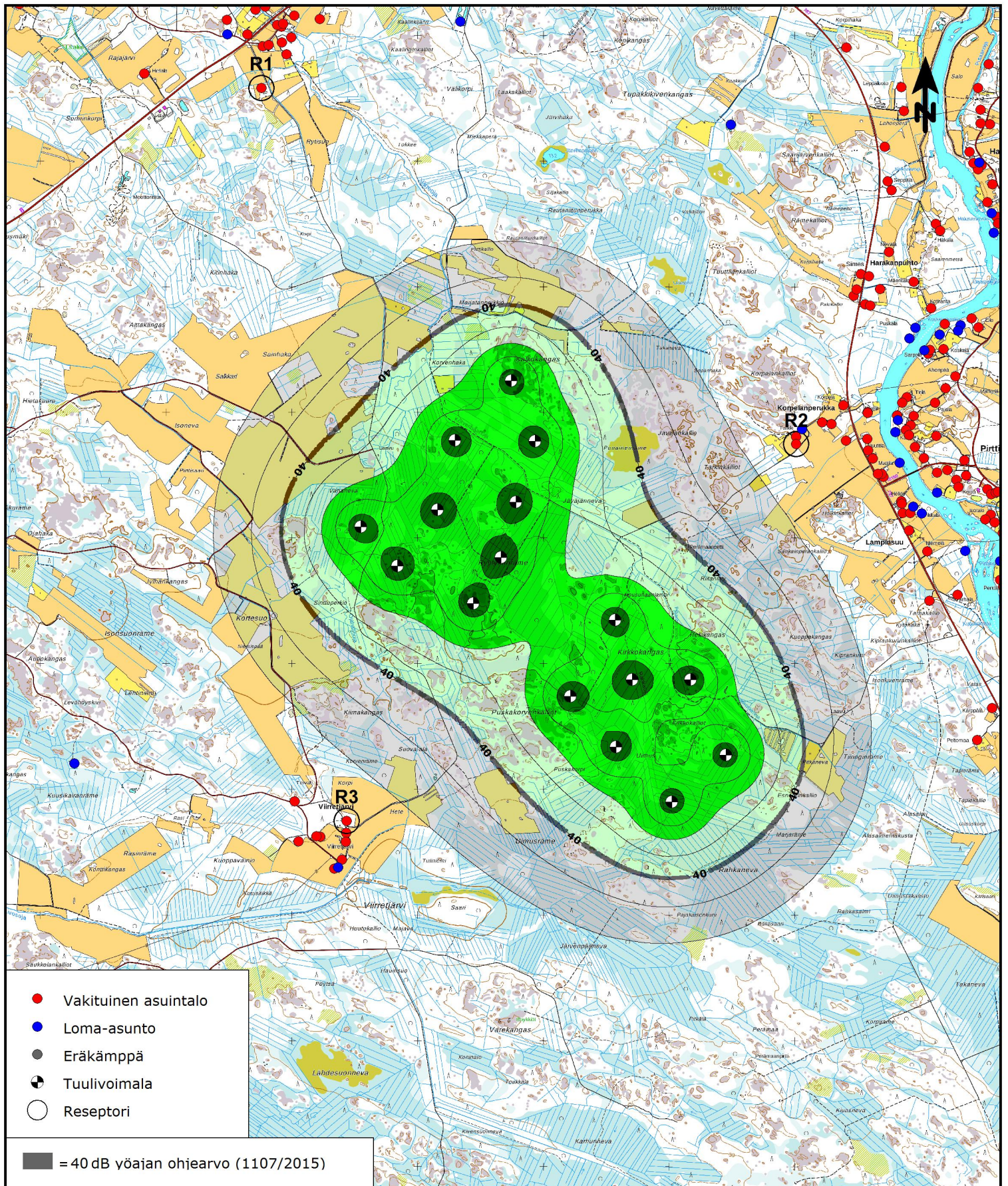
Kuva 5. Pienitaajuisten sisämelun yhteislaskentatulokset reseptoripisteissä



Kuva 6. Pienitaajuisten ulkomelun yhteislaskentatulokset reseptoripisteissä

LIITTEET

- Liite 1 Puskakorvenkallion meluvyöhykekartta
- Liite 2 Puskakorvenkallion tuulivoimaloiden akustiset tiedot (laskennan perustiedot ja laskennan lähtötiedot on esitetty tässä raportin tekstiosassa)
- Liite 3 Yhteismelukartta
- Liite 4 Puskakorvenkallion ympäristön tuulivoimahankkeiden akustiset tiedot (laskennan perustiedot ja laskennan lähtötiedot on esitetty tässä raportin tekstiosassa)



- Vakituinen asuintalo
- Loma-asunto
- Eräkämpä
- Tuulivoimala
- Reseptori

 = 40 dB yöajan ohjearvo (1107/2015)



Puskakorven Tuulivoima Oy
 Puskakorvenkallion tuulivoimahanke,
 Pyhäjoki

Mittakaava (A4) 1:40000
 0 500 1000 1500 2000 m

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}
 Laskentamalli ISO 9613-2
 Laskentakorkeus mp +4 m
 Layout 15.11.2018
 GE 4.8-158 (normal operation)
 -HH = 171 m
 -kokonaiskorkeus 250 m
 - L_{WA} = 105 dB
 28.11.2018 A.Ruhanen

Liite 1

Äänitaso dB(A)

50 <		<= 50
45 <		<= 45
40 <		<= 40
35 <		<= 35

Laatija: Arttu Ruhanen, Ramboll Finland Oy
 Päivämäärä: 28.11.2018

Hankevastaava: Puskakorven Tuulivoima Oy
 Hankealue: Puskakorvenkallio, Pyhäjoki

Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

Tuulivoimalan valmistaja: Tyyppe: Sarjanumero:
 GE 4.8-158 -
 Nimellisteho: Napakorkeus: Roottorin halkaisija: Tornin tyyppi:
 4,8 MW 171 m 158 m -

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö: Pyörimisnopeus: Muu, mikä:

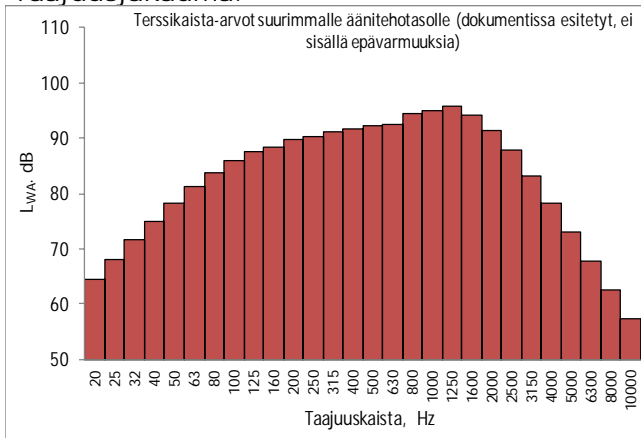
Kyllä Kyllä
 Ei Ei
 Ei ilmoitettu Ei ilmoitettu

Suurin äänitehotaso L_{WA} : Laitosvalmistajan mukaan lisäämällä +1 dB epävarmuustaso saadaan
 104,0 dB tunnus-/takuarvo, joten laskennassa käytetty arvo on 105 dB

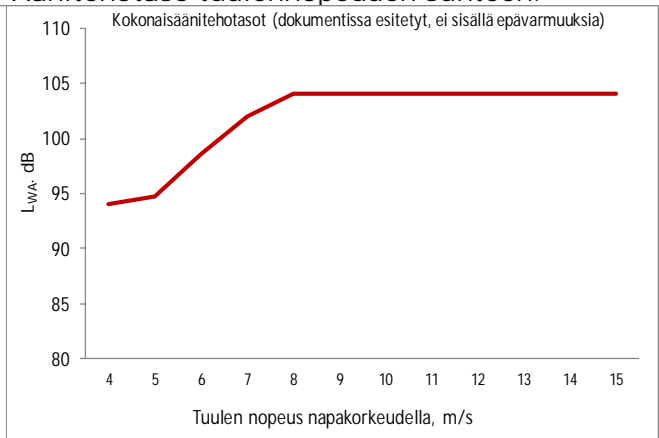
Lähdedokumentti:

Technical Documentation Wind Turbine Generator Systems 4.8-158 - 50 Hz; Product Acoustic Specifications Normal Operation according to IEC Incl. Octave and 1/3rd Octave Band Spectra; Noise_Emission-NO_4.8-158-50Hz_IEC_EN_r02

Taajuusjakauma:



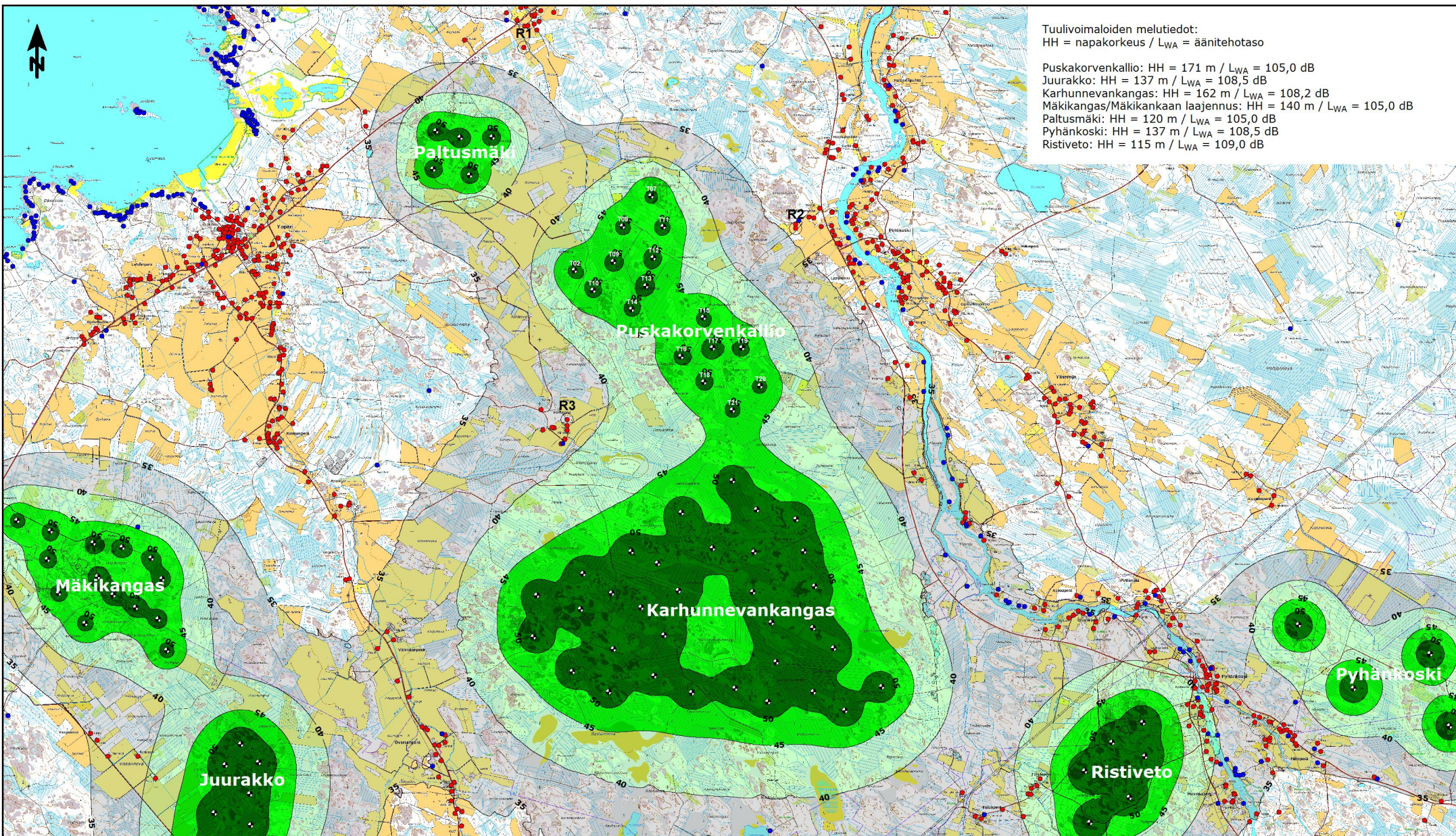
Äänitehotaso tuulennopeuden suhteen:



Melun erityspiirteiden mittaus ja havainnot:

Kapeakaistaisuus / Impulssimaisuus Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio) Muu, mikä
 Tonaalisuus

Kyllä Kyllä Kyllä
 Ei Ei Ei
 Ei ilmoitettu Ei ilmoitettu Ei ilmoitettu



Tuulivoimaloiden melutiedot:
 HH = napakorkeus / L_{WA} = äänitehotaso

Puskakorvenkallio: HH = 171 m / L_{WA} = 105,0 dB
 Juurakko: HH = 137 m / L_{WA} = 108,5 dB
 Karhunnevankangas: HH = 162 m / L_{WA} = 108,2 dB
 Mäkikangas/Mäkikankaan laajennus: HH = 140 m / L_{WA} = 105,0 dB
 Paltusmäki: HH = 120 m / L_{WA} = 105,0 dB
 Pyhäkoski: HH = 137 m / L_{WA} = 108,5 dB
 Ristiveto: HH = 115 m / L_{WA} = 109,0 dB

RAMBOLL

Puskakorven Tuulivoima Oy

Puskakorvenkallion tuulivoimahanke,
 Pyhäjoki

Mittakaava (A4) 1:80000
 0 1000 2000
 m

Yhteismeluvyöhykkeet L_{Aeq}

Puskakorvenkallion ja ympäristön tuulivoimahankkeet

Laskentamalli ISO 9613-2
 Laskentakorkeus mp +4 m

28.11.2018 A.Ruhanen

Liite 3

- Vakituinen asuintalo
 - Loma-asunto
 - Eräkämpä
 - Tuulivoimala
 - Reseptori
- 40 dB = yöajan ohjearvo (1107/2015)

Äänitaso
 dB(A)

50 <	<= 50
45 <	<= 45
40 <	<= 40
35 <	<= 35

Laatija: Arttu Ruhanen, Ramboll Finland Oy
 Päivämäärä: 28.11.2018

Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

Juurakko

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Vestas	V126	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
3,3 MW	137 m	126 m	-

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

Suurin äänitehotaso L_{WA} :

108,5 dB

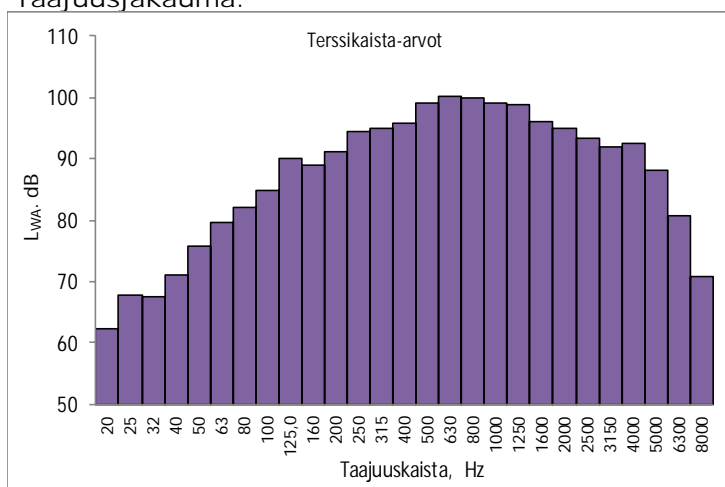
tunnus-/takuarvo

clean blade, mode 0 (=normal mode)

Melutietojen lähdedokumentti:

V126-3.3/3.45MW Third Octaves according to General Specification
 DMS 0048-2151_V03; 2015-08-27

Taajuusjakauma:



Melun erityspiirteiden mittaus ja havainnot:

Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus	Impulssimaisuus	Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)	Muu, mikä
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

Karhunnevangas

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Vestas	V136	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
3,45 MW	162 m	136 m	-

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

 Suurin äänitehotaso L_{WA} :

108,2 dB

tunnus-/takuarvo

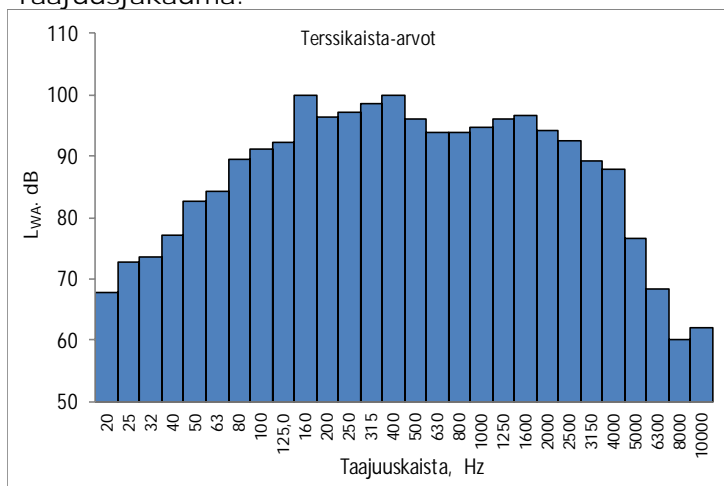
clean blade, mode 0 (=normal mode)

Melutietojen lähdedokumentti:

V136-3.45 MW Third octave noise emission

DMS 0055-9919_V01; 2016-03-02

Taajuusjakauma:



Melun erityspiirteiden mittaust ja havainnot:

Kapeakaistaisuus /	Impulssimaisuus	Merkityksellinen sykintä	Muu, mikä
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

Mäkikangas/Mäkikankaan laajennus

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Nordex	N117/3000	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
3,0 MW	140 m	117 m	-

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

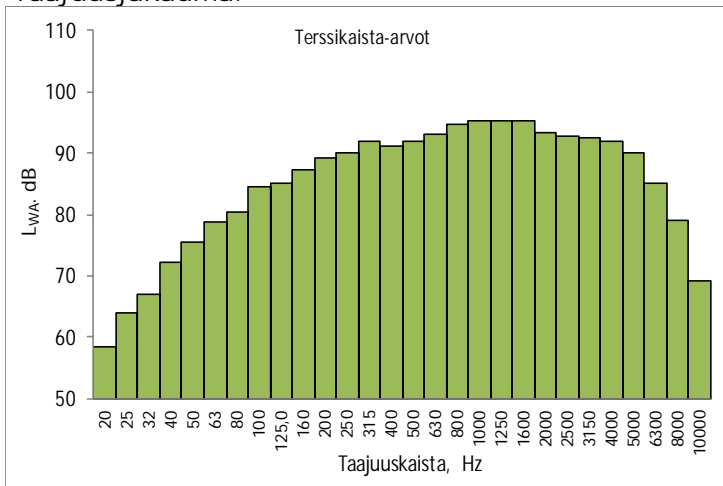
Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

Suurin äänitehotaso L_{WA} :
 105,0 dB tunnus-/takuarvo
 Standard mode

Melutietojen lähdedokumentti:

Technical Report; Third octave sound power levels; Nordex N117/3000 – Operational Modes
 F008_244_A17_EN
 Revision 02; 2015-10-23

Taajuusjakauma:



Melun erityspiirteiden mittaust ja havainnot:

Kapeakaistaisuus /	Impulssimaisuus	Merkityksellinen sykintä	Muu, mikä
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

Paltusmäki

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Nordex	N117/3000	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
3,0 MW	120 m	117 m	-

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

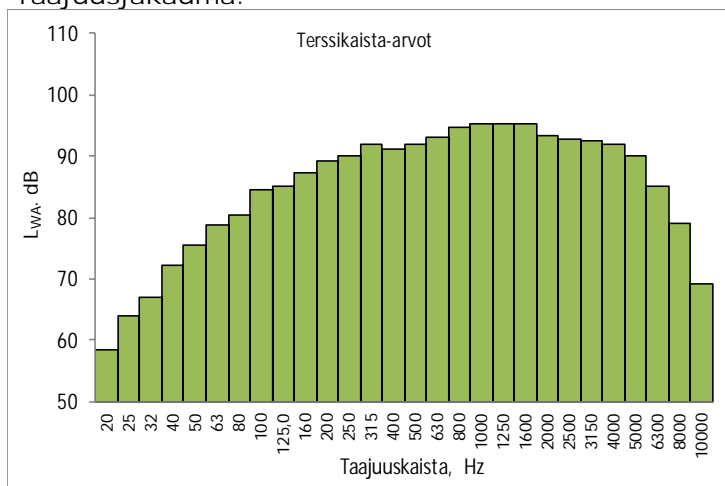
Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

Suurin äänitehotaso L_{WA} :
 105,0 dB tunnus-/takuarvo
 Standard mode

Melutietojen lähdedokumentti:

Technical Report; Third octave sound power levels; Nordex N117/3000 – Operational Modes
 F008_244_A17_EN
 Revision 02; 2015-10-23

Taajuusjakauma:



Melun erityspiirteiden mittaust ja havainnot:

Kapeakaistaisuus /	Impulssimaisuus	Merkityksellinen sykintä	Muu, mikä
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

Pyhäkoski

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Vestas	V126	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
3,3 MW	137 m	126 m	-

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

 Suurin äänitehotaso L_{WA} :

108,5 dB

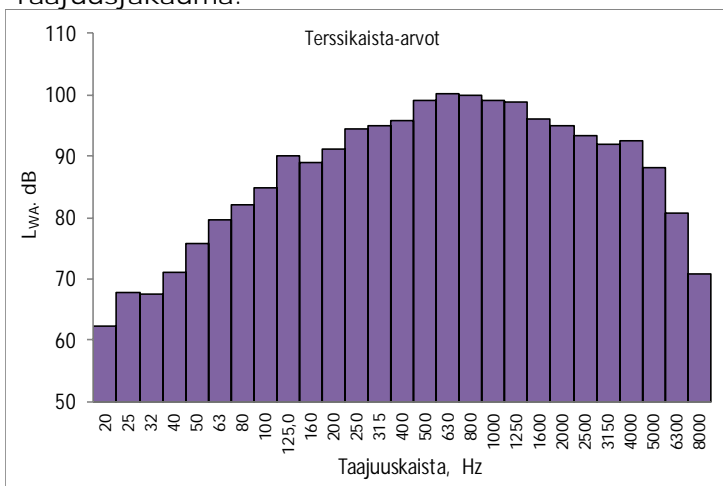
tunnus-/takuarvo

clean blade, mode 0 (=normal mode)

Melutietojen lähdedokumentti:

 V126-3.3/3.45MW Third Octaves according to General Specification
 DMS 0048-2151_V03; 2015-08-27

Taajuusjakauma:



Melun erityspiirteiden mittaust ja havainnot:

Kapeakaistaisuus /	Impulssimaisuus	Merkityksellinen sykintä	Muu, mikä
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

Ristiveto

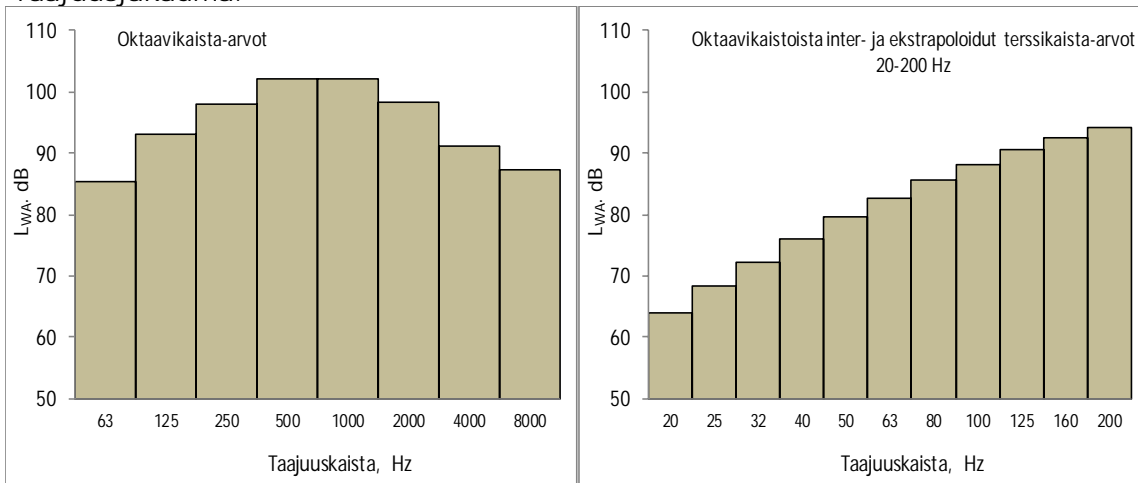
Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Siemens	SWT-108-2.3	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
2,3 MW	115 m	108 m	-

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

Suurin äänitehotaso L_{WA} :	Laitosvalmistajan ilmoittamaan arvoon lisätään + 2 dB epävarmuustaso, jotta saadaan tunnus-/takuuarvo, joten laskennassa käytetty arvo on 109 dB
107,0 dB	

 Melutietojen lähdedokumentti:
 WindPro 3.0 WTG catalogue

Taajuusjakauma:


Melun erityspiirteiden mittausta ja havainnot:

Kapeakaistaisuus /	Impulssimaisuus	Merkityksellinen sykintä	Muu, mikä
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	