

Vastaanottaja  
Ilmatar Loviisa Oy

Asiakirjatyyppi  
Raportti

Päivämäärä  
29.4.2019

Viite  
1510014407

# TETOMIN TUULIVOI - MAYLEISKAAVA, LOVIISA MELUSELVITYS

# TETOMIN TUULIVOIMAYLEISKAAVA, LOVIISA MELUSELVITYS

Päivämäärä 29.4.2019  
Laatija Ville Virtanen  
Tarkastaja Janne Ristolainen

Tuulivoimahankkeen melumallinnus

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 04/2019  
aineistoa.

Viite 1510014407

## 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 TIEDOT	2
3.1	Tuulivoimalatiedot	2
3.2	Melulaskenta	3
3.3	Maastomalli	4
4.	TULOKSET	5
4.1	Mallinnustulokset	5
4.2	Pienitaajuinen melu	5
5.	TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	6
5.1	Melun erityspiirteet ja häiritsevyyskorjaukset	6
5.2	Melutasot verrattuna ohjearvoihin	6
5.3	Alueen tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun	6

## LIITTEET

Liite 1	Laskentaparametrit ja tuulivoimaloiden akustiset tiedot
Liite 2	Meluvyöhykkeet (8 voimalaa), äänitehotaso 108,1 dB + 1,5 dB Uc

## 1. YLEISTÄ

Ilmatar Loviisa Oy suunnittelee tuulivoimahanketta Loviisaan Tetomin alueelle, hanketta varten on käynnistetty tuulivoima-osayleiskaavan laatiminen. Tämän työn tarkoituksena on ollut selvittää suunniteltujen tuulivoimalaitosten aiheuttamat meluvaikutukset kaavoitustyötä varten.

Melumallinnus tehtiin Ympäristöministeriön hallinnon ohjeita 2/2014 "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen" raportin mukaisilla laskentaparametreilla. Koska kyseessä on kaavoitusta varten tehty selvitys, on meluvyöhykkeiden mallinnuksessa käytetty ISO 9613-2-laskentamallia. Pieni-taajuuden melun tarkastelu tehtiin soveltaen DSO 1284 mukaista menetelmää YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti.

Työ on tehty Ilmatar Loviisa Oy:n toimeksiannosta, josta yhteyshenkilö on ollut Pentti Itkonen. Meluselvityksen laadinnasta on vastannut projektipäällikkö ins.(AMK) Janne Ristolainen. Melumallinnuksen ja raportoinnin on tehnyt suunnittelija ins.(AMK) Ville Virtanen.

## 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 (ekvivalenttitason  $L_{Aeq}$ ) 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

Elinympäristöön vaikuttavaa toimintaa suunniteltaessa ja järjestettäessä sekä tällaista toimintaa harjoitettaessa huomioon otettavista sisämelutasoista säädetään terveydensuojelulaissa (763/1994) ja sen nojalla annetuissa säännöksissä.

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

- 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).

Asuinhuoneistojen asuinhuoneisiin (paitsi keittiö ja muut tilat) toimenpiderajoiksi on annettu päiväajan keskiäänitasolle  $L_{Aeq, 7-22}$  35 dB ja yöajan keskiäänitasolle  $L_{Aeq, 22-7}$  30 dB. Selvästi taustamelusta erottuvalle melulle, joka voi aiheuttaa inihäiriötä, 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 taajuuspainotamattomina tunnin keskiäänitasoina  $L_{eq, 1h}$ .

Taulukko 2. Yöaikaisen pienitaajuisen sisämelun toimenpiderajat terssikaistoittain (Asumisterveysasetus). 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

### 3. MELUMALLINNUKSEN TIEDOT

#### 3.1 Tuulivoimalatiedot

Melumallinnus tehtiin 15.3.2019 päivätyn layoutin mukaisesti.

Melutasot mallinnettiin käyttäen voimalaitoksen lähtötietona Nordex N149/4.0-4.5 – voimalaitoksen kokonaisäänitehotasoa  $L_{WA}$  on 108,1 dB tuulenoisuuden ollessa >7m/s korkeudella 10m ja napakorkeus 180 m (lähteet: Third octave sound power levels, Nordex N149/4.0-4.5, F008\_270\_A17\_EN, Revision 01, 2018-11-08).

Jotta tuulivoimalan päästö on IEC 61400-14 mukaisen luottamusvälin sisällä, eli melupäästöarvo vastaa mallinnusohjeen 2/2014 vaatimuksen mukaista äänitehotason takuuarvoa ( $L_{WAd}$ , declared value), tulee mainituissa dokumenteissa esitettyyn melupäästöarvoon lisätä Nordexilta saadun tiedon mukaan + 1,5 dB kokonaisepävarmuustaso ( $U_c$ ). Koska mainittu takuu ei koske terssikais-toja, on ennen pienitaajuisen melun laskentaa terssikaista-arvoihin tehty + 2 dB korjaus, jolloin myös terssikaista-arvot vastaavat mallinnusohjeen mukaista takuuarvomäärittelyä. Korjauksen suuruus 2 dB on tavanomainen mittauksen kokonaisepävarmuustaso ( $U_c$ ).

Tuulivoimaloiden tarkemmat akustiset tiedot on esitetty liitteessä 1.

Taulukossa 3 esitetyissä tuulivoimalaitosten koordinaateissa Z-koordinaatti kertoo maaston korkeuden metreissä merenpinnan yläpuolella tuulivoimalan suunnitellulla sijaintipaikalla.

Taulukko 3. Tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS-TM35FIN)

Ilmatar Loviisa Oy			
Tunnus	X	Y	Z
1	446080	6710444	22,3
2	444740	6709757	26,7
3	444899	6709171	26,6
4	445398	6708765	26,3
5	445778	6709404	41,5
6	446409	6709226	45,6
7	446031	6708611	27,0
8	446985	6708476	30,9

### 3.2 Melulaskenta

Melumallinnus tehtiin Ympäristöministeriön hallinnon ohjeita 2/2014 "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen" raportin mukaisilla laskentaparametreilla. Koska kyseessä on ympäristövaikutusten arviointia varten tehty selvitys, on meluvyöhykkeiden mallinnuksessa käytetty ISO 9613-2-laskentamallia.

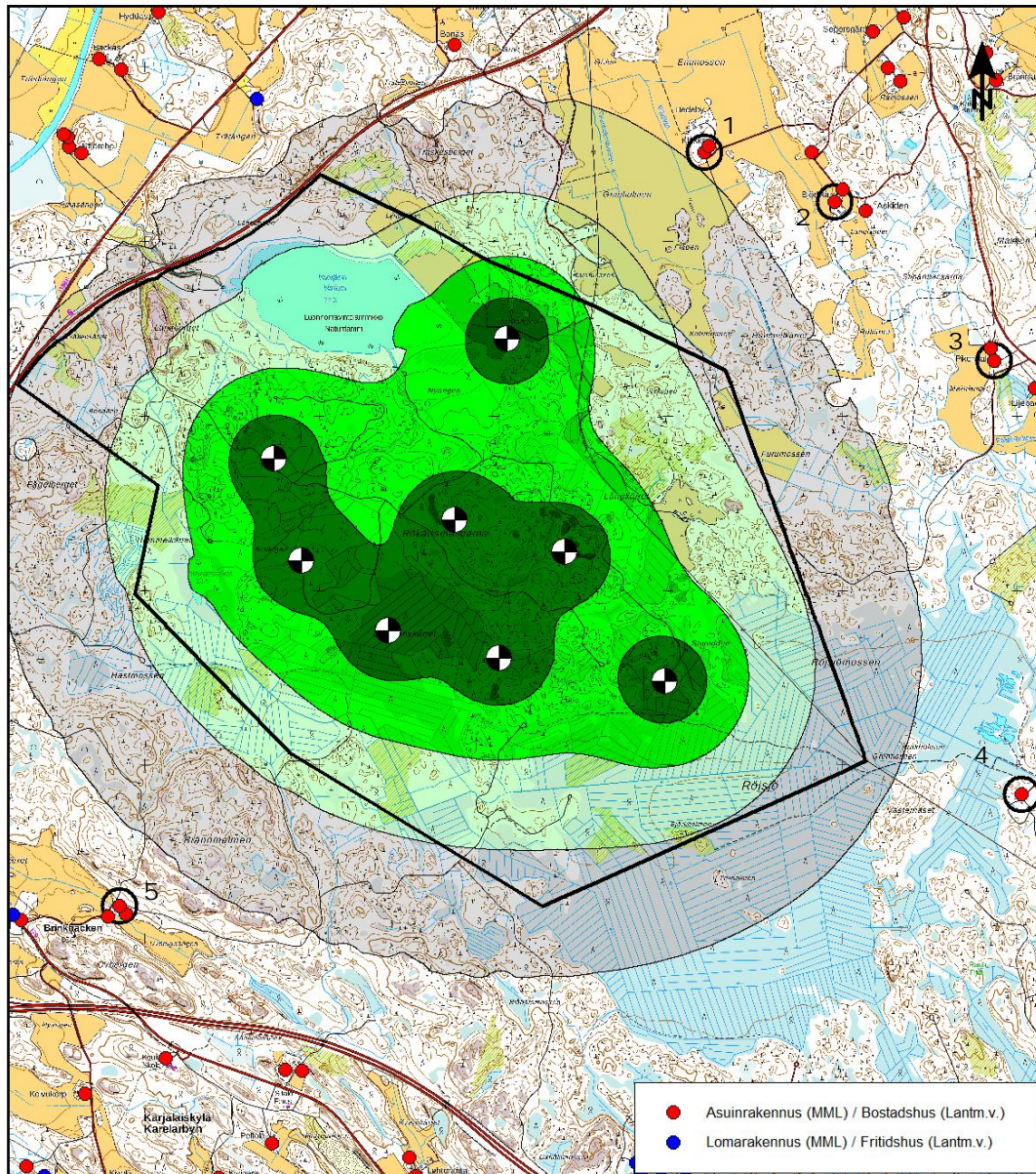
Melumallinnukset on tehty SoundPlan 8.0 -melulaskentaohjelmalla. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta [www.soundplan.eu](http://www.soundplan.eu).

ISO 9613-2 -mallissa tuulen nopeutta tai suuntaa ei voida varioida, vaan laskentamallissa on oletuksena lievä myötätuuli melulähteestä laskentapisteeseen päin. Malli huomioi kolmiulotteisessa laskennassa mm. maastonmuodot sekä etäisyysvaimentumisen, ilman ääniabsorption, esteet, heijastukset ja maanpinnan absorptio-ominaisuudet.

Meluvyöhykelaskennat on tehty laskentapisteverkkoon ja ohjelma interpoloi melutasot laskentapisteen välisille alueille. Työssä laskettiin melutasot myös hankealuetta lähinnä olevien asuintalojen kohdalle sijoitettuihin reseptoripisteisiin. Reseptoripisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 1 ja laskentatulokset taulukossa 4. Taulukossa ja melukartoissa esitetyt melutasot ovat suoraan mallinnuksen tuloksia, eikä niihin ole lisätty mitään mahdollisia häiritsevyysskorjauksia.

Pienitaajuisen melun tarkastelu tehtiin soveltaen DSO 1284 mukaista menetelmää YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti. Pienitaajuisen melun ulko- ja sisämeluntasoa ( $L_{eq}$ ) tarkasteltiin tuulivoimaloita lähinnä sijaitsevan asuintalon kohdalla olevassa reseptoripisteessä. Melupäästötietoina käytettiin laitospölyn Nordex N149/4.0-4.5 käytössä olevia 1/3-oktaavikaistatietoja väliltä 20 Hz – 200 Hz laitoksen suurimmalle ilmoitetulle äänitehotasolle, johon on tehty + 2 dB korjaus. Rakennusten sisälle aiheutuvia pientaajuisia melutasoja arvioitiin Turun ammattikorkeakoulun tekemässä "Pientalojen ääneneristävyyden ympäristömelua vastaan taajuuksilla 5 – 5000 Hz - infraäänitutkimus, Keränen et. al." tutkimuksessa esitettyjen pientalojen julkisivun ilmaääneneristävyyssarvojen avulla. Ko. tutkimuksen tulokset esiteltiin Akustiikkapäivillä 2017.

Liitteessä 1 on esitetty melulaskennan oleelliset lähtötiedot, esim. laskentaparametrit.



Kuva 1. Reseptoripisteiden sijainnit

### 3.3 Maastomalli

Maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen korkeusmalli 2m aineistosta, joka perustuu laserkeilaukseen. Maastomallissa ei huomioitu rakennuksia.

Maastomallissa ei ole huomioitu metsäkasvillisuutta (mm. puustoa). Puuston vaikutuksesta tuulivoimamelun etenemiseen tai huomioimiseksi mallinnuksessa ei ole vielä luotettavaa tutkittua tietoa tai käytäntöä. Ympäristömeluarvioinneissa pääsääntöisesti kasvillisuuden vaikutusta ei oteta huomioon, koska vyöhykkeiden pysyvyydestä ei voida olla varmoja (esim. puuston avohakkuut).

Hankealueella tuulivoimalan perustusten ja kolmen kilometrin etäisyydellä laitoksista sijaitsevien altistuvien kohteiden välinen maanpinnan korkeusero on alle 60 metriä, koska maanpinnan korkeus hankealueella kokonaisuudessaan on alle 60 metriä merenpinnasta.

## 4. TULOKSET

### 4.1 Mallinnustulokset

mallinnuksen laskennalliset meluvyöhykkeet (A-painotettu keskiäänitaso) on esitetty liitteessä 2.

Melukuviin on merkitty asuin- ja lomarakennukset värikoodein Maanmittauslaitoksen maastotietokannan tietojen pohjalta. Melukuviissa on esitetty mallinnustulokset ilman mahdollisia häiritsevyy- tai muita korjauksia.

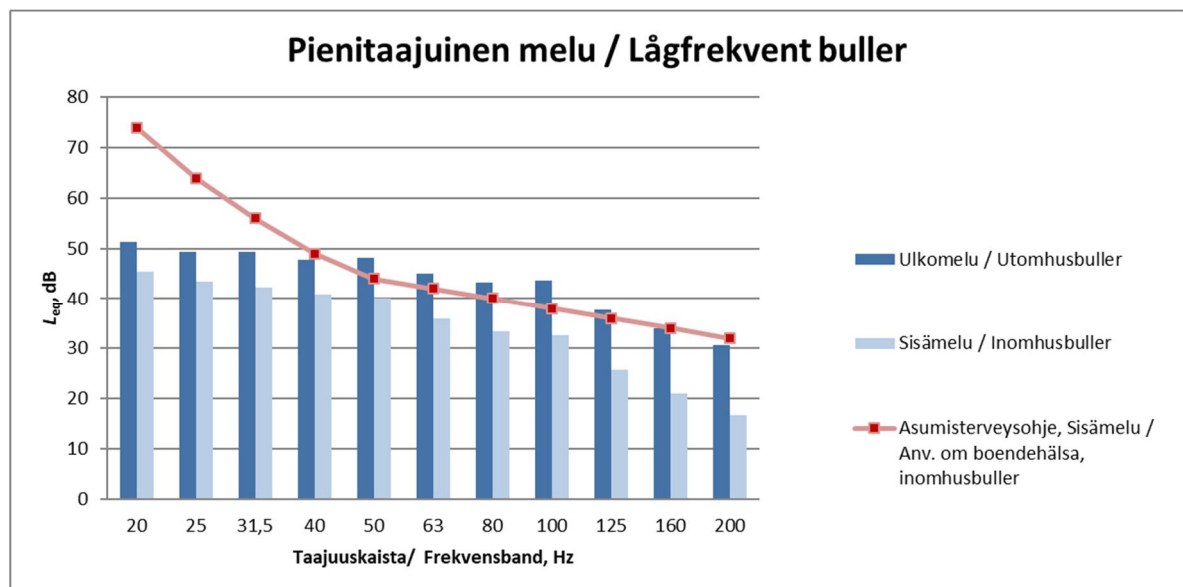
Taulukko 4. A-painotetut melutasot eniten melulle altistuvien kohteiden kohdalla (ulkomelutaso)

Reseptori	$L_{Aeq}$ / dB
1	34,4
2	32,4
3	30,9
4	30,8
5	28,3

Mallinnuksen mukaan yhtään vakituista asuintaltoa tai loma-asuntoa ei ole 40 dB ylittävällä meluvyöhykkeellä.

### 4.2 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin lähimpään reseptoripisteeseen 1.



Kuva 2. Pienitaajuisen melun laskentatulokset reseptoripisteessä 1

Verrattaessa laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ovat reseptoripisteissä ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot ( $\Delta L$ ) välillä 50-125 Hz 2-6 dB.

Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksen mukaiset ääneneristävyysarvot (äänitasoero  $\Delta L$ ) kuvaavat tilastollista estimaattia ilmaääneneristyskyvystä, joka ylittyy suomalaisten pientalojen tapauksessa 90 % todennäköisyydellä.

Kun huomioidaan ulkoseinän ääneneristävyys Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksessa mainittujen arvojen mukaisesti, alittavat terssikohtaiset melutasot toimenpiderajat reseptoripisteessä kaikkien terssikaistojen osalta. Tulokset osoittavat, että ympäristön rakennusten kohdalla normaalia rakentamistapaa vastaava ilmaääneneristys riittää vaimentamaan tuulivoimalaitosten pienitaajuisen melun toimenpiderajojen alle. Tulosten perusteella voidaan myös todeta, että pienitaajuinen melu alittaa toimenpiderajat myös kauempana tuulivoimaloita, koska laskennan periaatteiden mukaan pienitaajuinen melu vaimenee etäisyyden kasvaessa.



## 5. TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

### 5.1 Melun erityspiirteet ja häiritsevyyskorjaukset

Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyyskorjaus +5 dB tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen, 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.

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

### 5.2 Melutasot verrattuna ohjearvoihin

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

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

Valtioneuvoston asetuksessa veloitetaan noudattamaan sisätilojen melun osalta Asumisterveysasetuksessa 545/2015 annettuja sisätilojen melun toimenpiderajoja. Tuulivoiman ulkomelun ohjearvoilla pyritään varmistamaan sisämelun osalta sallittujen arvojen täyttyminen.

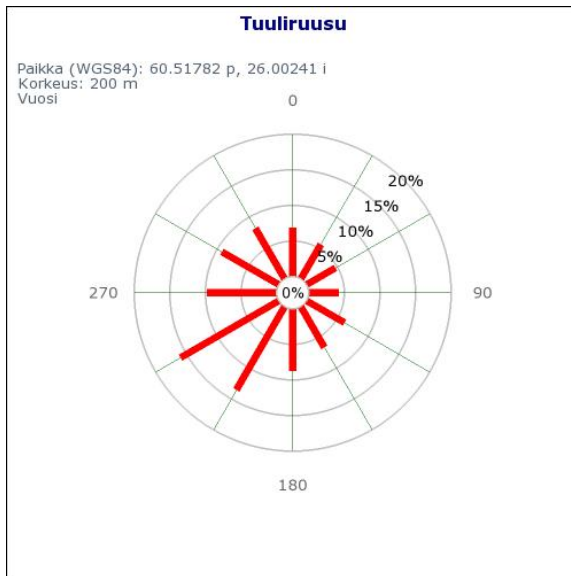
Sisätiloihin arvioidut (ulkoseinän ääneneristävyys Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksen arvojen mukaisesti) pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätiloihin annetut 545/2015 mukaiset toimenpiderajat ympäristön rakennusten kohdalla.

Arvioidut sisämelun kokonaistasot ovat 545/2015 sisämelun toimenpiderajan  $L_{Aeq, 1h}$  25 dB alle.

### 5.3 Alueen tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun

Tuuliolosuhteet vaikuttavat tuulivoimalaitoksen meluntuottoon. Meluntuotto ei kasva lineaarisesti tuulennopeuden mukana ja äänitehotason voimistuminen pysähtyy tai alkaa laskea yleensä noin 7-11 m/s tuulennopeudella. Tässä selvityksessä tutkituilla voimalaitoksilla suurin äänitehotaso saavutetaan 7 m/s tai korkeammilla tuulennopeudella (referenssikorkeudella 10 m maanpinnasta). Hiljaisemmalla tuulennopeudella voimalaitoksen äänitehotaso saattaa olla merkittävästi määsimiarvoa hiljaisempi.

Tuulennopeus vaihtelee päivä- ja yöaikana ja hetkittäinen äänitaso vaihtelee sen mukaisesti. Mallinnuksen tulokset vastaavat keskiäänitasoja tilanteessa, jossa tuulennopeus on koko päivä- tai yöajan on erittäin voimakasta. Todellinen päivä- ja yöajan keskiäänitaso laitosten ympärillä riippuu tarkastelujakson tuulisuudesta ja mallinnuksen mukaiset melutasot edustavatkin lähelle äänekkäintä mahdollista tilannetta.



Kuva 3. Tuuliruusu Suomen Tuuliatlaksesta

Koska alueen vallitseva tuulensuunta on lounaasta, toteutuu mallinnuksen mukainen melutaso todennäköisemmin hankealueen koillispuolella. Lounaan suunnalla sijaitsevan Karjalaiskylän ja Brinkbackenin asutuksen kohdalla mallinnuksen mukaisten melutasojen esiintyminen on vuoden aikana harvinaisempaa.

Lahdessa 29.4.2019

RAMBOLL FINLAND OY

Janne Ristolainen  
Projektipäällikkö

Ville Virtanen  
Suunnittelija

Laatija: Ville Virtanen, Ramboll Finland Oy  
Päivämäärä: 08/04/2019

Hankevastaava: Ilmatar Loviisa Oy  
Hankealue: Tetom, Loviisa

## Mallinnusohjelman tiedot

Mallinnusohjelma ja versio: SoundPlan 8.0  
Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2

## Tuulivoimaloiden perustiedot

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Nordex	N149	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
4.0/4.5 MW	180 m	200 m	putki

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

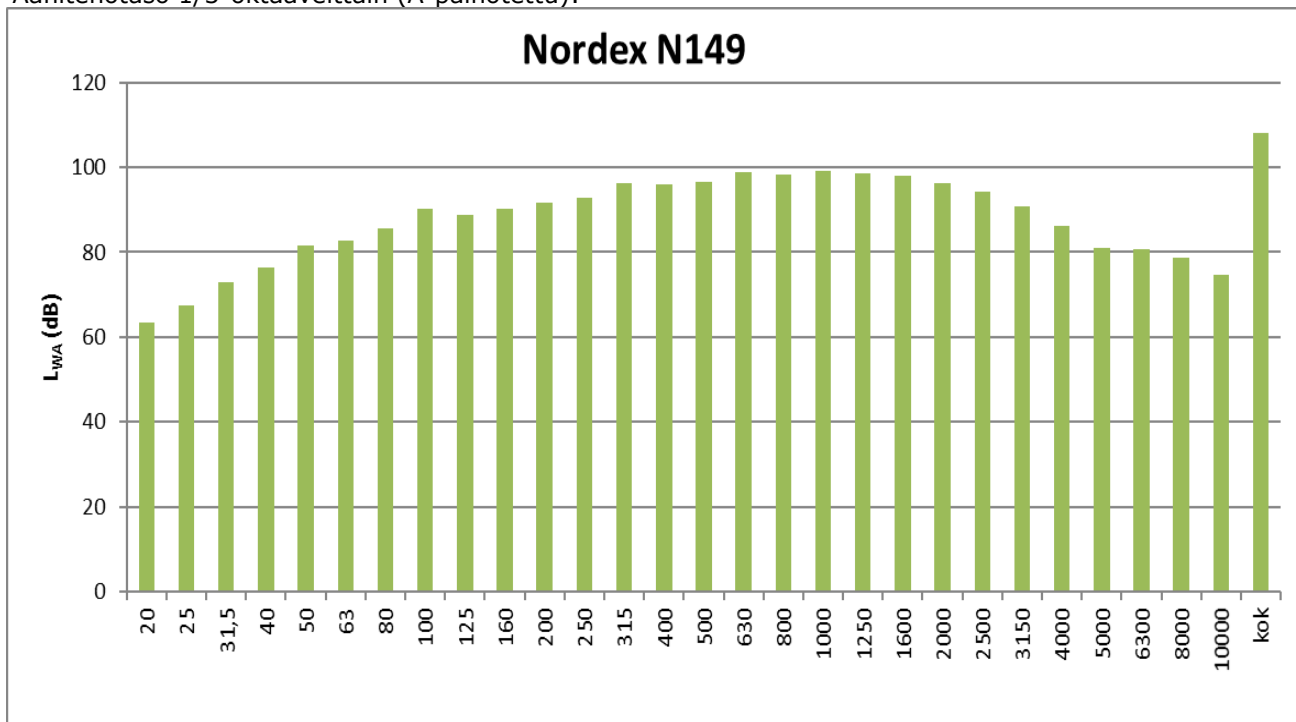
Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

## Akustiset tiedot

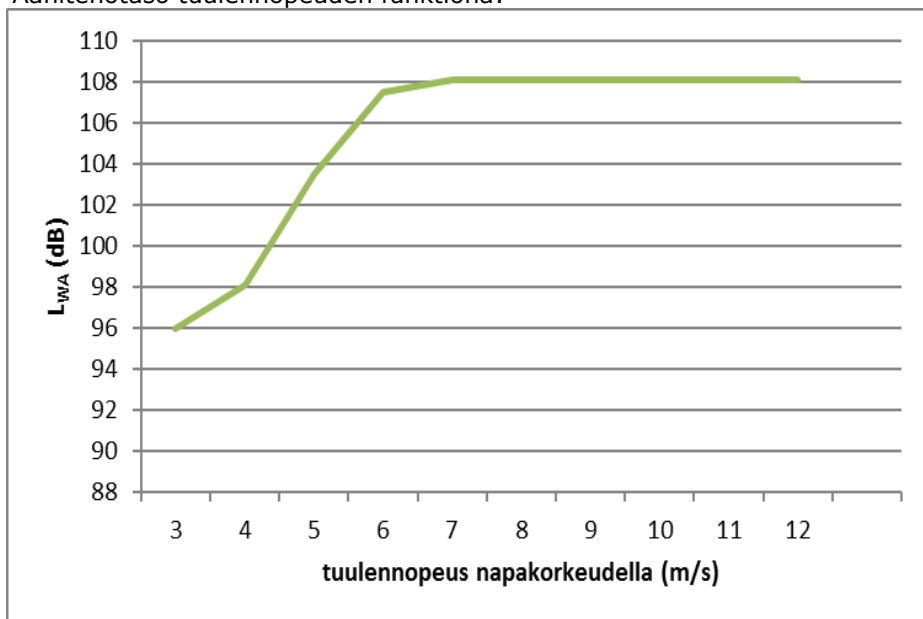
Suurin äänitehotaso  $L_{WA}$  tuulennopeudella 10 m/s (napakorkeudella):

108,1 + 1,5 dB  Takuu/tunnusarvo

Äänitehotaso 1/3-oktaaveittain (A-painotettu):



Äänitehotaso tuulennopeuden funktiona:



Melun erityspiirteiden mittaus ja havainnot:

Kapeakaistaisuus /  
Tonaalisuus

- Kyllä  
 Ei  
 Ei ilmoitettu

Impulssimaisuus

- Kyllä  
 Ei  
 Ei ilmoitettu

Merkityksellinen sykintä  
(amplitudimodulaatio)

- Kyllä  
 Ei  
 Ei ilmoitettu

Muu, mikä

## Laskennan lähtötiedot

### Laskentaverkko

Laskentakorkeus:  
4 metriä

Laskentaruudukon koko:  
20\*20 metriä

### Sääolosuhteet

Suhteellinen kosteus:  
70 %

Lämpötila:  
15 °C

### Maastomalli

Maastomallin lähde:  
MML, Korkeusmalli 2 m

Vaakaresoluutio:  
2,0 m

Pystyresoluutio:  
0,3 m

### Hankealueen korkeuserot

Tuulivoimalan perustusten ja altistuvan kohteen korkeusero yli 60 m (3 km etäisyydellä voimaloista)

- Kyllä  
 Ei

Jos kyllä, mitkä tuulivoimalat:

-

### Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastukset, käytetyt kertoimet

Vesialueet 0 akustisesti kova pinta  
Maa-alueet 0,4 akustisesti puolikova

### Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus

Neutraali

0 neutraali - stabiili sääolosuhde

**Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen**

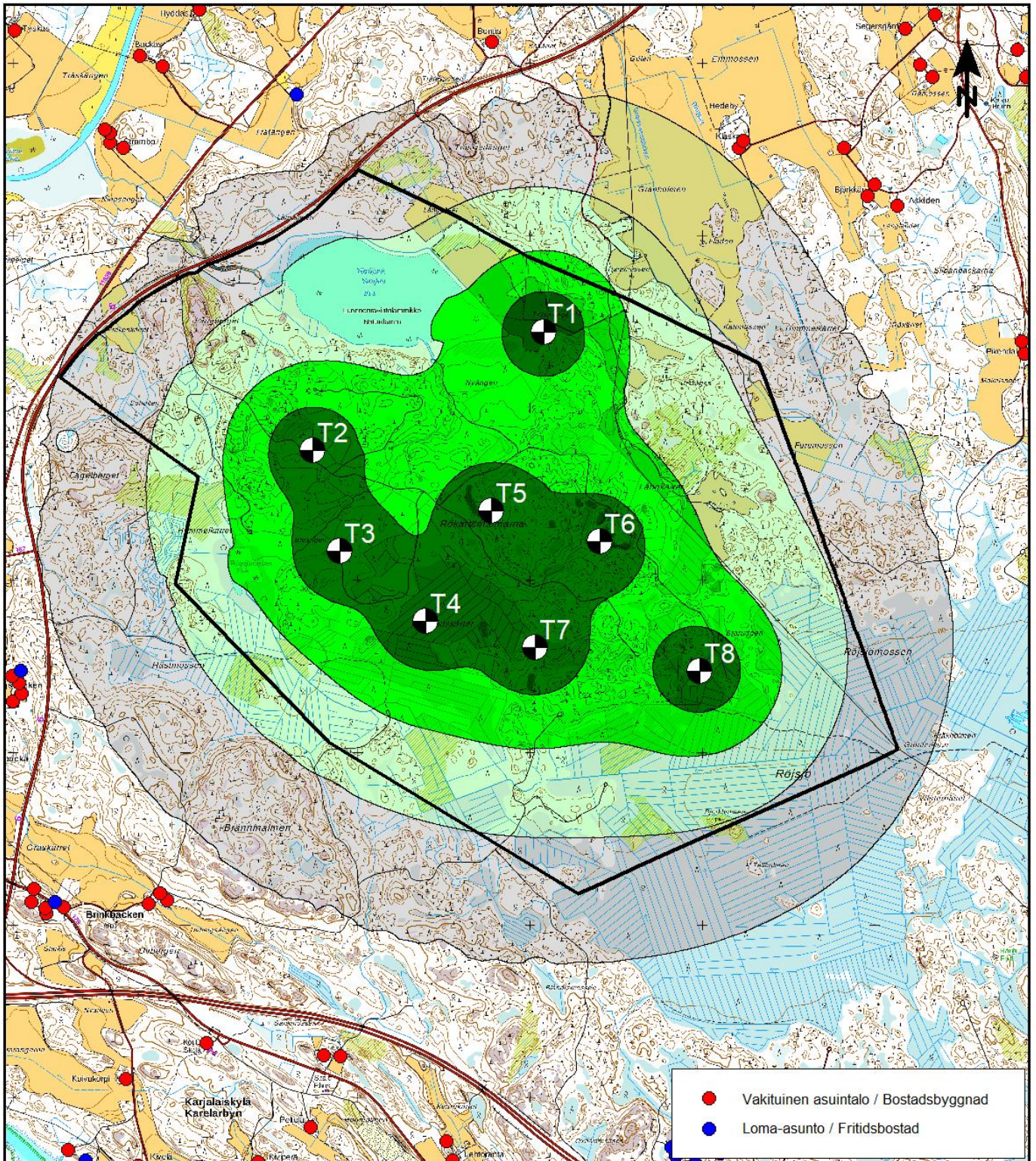
- Vapaa avaruus  
 Muu

**Pientaajuisten melun laskenta****Lineaariset melutasot ( $L_{Leq}$ ) altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella**

Pientaajuisten melun laskentamenetelmä:

YM:n ohjeen 2/2014 mukainen (DSO 1284 sovellettuna)

Hz	Reseptori 1
	$L_{Leq}$ , dB
20	51
25	49
31,5	49
40	48
50	48
63	45
80	43
100	44
125	38
160	34
200	31



**RAMBOLL**

Ilmatar Loviisa Oy

Tetom, Loviisa/Lovisa

Meluvyöhykkeet / Bullerzoner  $L_{Aeq}$

-Laskentamalli / Beräkningsmodell ISO 9613-2  
 -Laskentakorkeus +4m / Beräkningshöjd +4 m

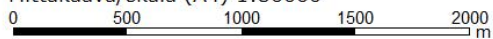
Layout 15.3.2019

Nordex N149  
 -HH = 180 m  
 - $L_{WA}$  = 108,1 dB (clean blades) +1,5 dB  $U_c$

Äänitaso /  
Ljudnivå  
dB(A)

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

Mittakaava/skala (A4) 1:30000



26.4.2019 J.Ristolainen