

Vastaanottaja  
**Lakeuden Taivaanraapija Oy**

Asiakirjatyyppi  
**Raportti**

Päivämäärä  
**23.08.2024**

Viite  
**1510064773-003**

# **ISOVUOREN TUULIVOIMAHANKE MELUMALLINNUS**

Päivämäärä **23.08.2024**  
Laatija **Ville Virtanen**  
Tarkastaja **Jari Hosiokangas**

**Tuulivoimahankkeen meluselvitys**

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 11/2022 aineistoa.

Viite 1510064773-003

## SISÄLTÖ

<b>1.</b>	<b>YLEISTÄ</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>MELUN OHJEARVOT</b>	<b>3</b>
2.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	3
2.2	Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa	3
<b>3.</b>	<b>MELUMALLINNUKSEN TIEDOT</b>	<b>4</b>
3.1	Tuulivoimalatiedot	4
3.2	Melulaskenta	5
3.3	Maastomalli ja rakennustiedot	6
<b>4.</b>	<b>TULOKSET</b>	<b>6</b>
4.1	Mallinnustulokset	6
4.2	Pienitaajuinen melu	7
<b>5.</b>	<b>TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>10</b>
5.1	Melun erityispiirteet ja häiritsevyysskorjaukset	10
5.2	Alueen tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun	10
5.3	Melutasot verrattuna ohjearvoihin	11

## LIITTEET

Liite 1	Laskentaparametrit ja tuulivoimaloiden akustiset tiedot
Liite 2	Atria VE1 meluvyöhykkeet, LWA 106,9 dB + 2 dB + 1 dB Uc, HH 180
Liite 3	Yhteismeluvyöhykkeet, Atria VE1 + Fortum VE1 LWA 106,4 dB + 2 dB Uc, HH 200
Liite 4	Yhteismeluvyöhykkeet, Atria VE1 + Fortum VE2 LWA 106,4 dB + 2 dB Uc, HH 200

## 1. YLEISTÄ

Lakeuden Taivaanraapija Oy suunnittelee tuulivoimapuiston rakentamista Seinäjoen Isovuoren alueelle. Tässä selvityksessä on päivitetty vaihtoehdon VE1 tuulivoimalaitosten aiheuttamat melutasot suuremmalla melupäästöllä erikseen sekä yhdessä kahden Fortumin Lamminnevan tuulivoimahankkeen vaihtoehdon kanssa kaavaehdotuksen vaikutusten arviointia varten.

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 laskentamallia ISO 9613-2. Pientaajuisten melun tarkastelu tehtiin soveltaen DSO 1284 mukaista menetelmää YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti.

Työ on tehty Lakeuden Taivaanraapija Oy:n toimeksiannosta. Meluselvityksen laatimisesta ja meluvaikutusten arvioinnista on vastannut 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 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 impulssi-ominaisuuskorjaukset.



Asetus sisältää toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle, jotka on annettu taajuuspainottamattomina tunnin keskiäänitasoina  $L_{eq,1h}$  (taulukko 2).

**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

Melumallinnukset Isovuoren voimaloille tehtiin Vestas V172-7.2MW laitosmallilla. Napakorkeutena mallinnuksessa oli 180 m. Tuulivoimaloiden akustiset tiedot on esitetty liitteessä 1. Fortumin voimaloiden mallinnuksessa käytettiin Nordex N163-6.8MW laitosmallia, jonka napakorkeus mallinnuksessa oli 200 m.

Melupäästöarvot syötettiin meluvyöhykelaskentaan ja reseptoripisteiden kokonaisäänitasojen laskentaan 1/3-oktaavikaistoittain voimalavalmistajan ilmoittaman taajuusjakauman mukaisesti. Pienitaajuisen melun laskenta tehtiin laitosmallin ilmoitettuihin 1/3 -oktaavikaista tietoihin perustuen.

Melutasot mallinnettiin käyttäen tilaajan toimittaman voimalaitoksen Vestas V172-7.2MW -mallille annettuja lähtöarvoja. Tilaajan toiveesta mallinnuksessa käytettiin melupäästöarvoa  $L_{WA}$  106,9 dB tuulennopeuden ollessa >9m/s napakorkeudella (lähde: Document no 0128-4336\_00 (2022-06-30)). Saatujen lähtötietojen mukaan ko. voimalamallin melutaso ei kasva sen jälkeen, kun tuulennopeus saavuttaa arvon 9 m/s napakorkeudella, toisin sanoen tuulennopeudella 10-15m/s ko. voimalaitoksen äänitehotaso on sama kuin tuulennopeudella 9 m/s (napakorkeudella).

Jotta tuulivoimalan päästö on IEC 61400-14 mukaisen luottamusvälin sisällä, eli melupäästöarvo vastaa mallinnusohjeen 2/2014 vaatimuksen mukaista äänitehotason takuuarvoa ( $L_{WAd}$ , declared value), lisättiin + 2 dB kokonaisepävarmuustaso ( $U_c$ ), koska epävarmuutta ei ole erikseen ilmoitettu. Myös pienitaajuisen melun laskennan terssikaista-arvoihin on tehty + 2 dB lisäys, jolloin myös terssikaista-arvot vastaavat mallinnusohjeen mukaista takuuarvomäärittelyä. Lisäksi melupäästöön lisättiin ylimääräinen + 1 dB epävarmuuslisä asiakkaan toiveesta. 2 dB on tavanomainen mittauksen kokonaisepävarmuustaso ( $U_c$ ).

Tuulivoimalaitoksen äänitehotaso muuttuu tuulennopeuden muuttuessa, joka vaikuttaa merkittävästi alhaisemmilla tuulennopeuksilla ympäristössä havaittavaan melutasoon. Vestas V172-7.2MW tuulivoimalaitosta voidaan ajaa myös eri melunrajoitusmoodeilla. Melun tuoton rajoittaminen vaikuttaa myös sähkön tuottoon.

Mallinnuksessa käytetyt voimalaitosten koordinaatit on esitetty taulukossa 3. Z-koordinaatti kertoo maaston korkeuden metreissä merenpinnan yläpuolella tuulivoimalan suunnitellulla sijaintipaikalla.

**Taulukko 3. Tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS-TM35FIN)**

Tunnus	X	Y	Z	VE1
WTG01	295656	6975402	71	x
WTG02	296322	6975309	72	x
WTG03	296900	6974497	73	x
WTG04	297035	6975337	71	x
WTG05	297762	6975169	72	x
WTG06	298429	6974948	83	x
WTG07	298950	6974628	84	x
WTG08	298126	6974283	79	x

### 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.

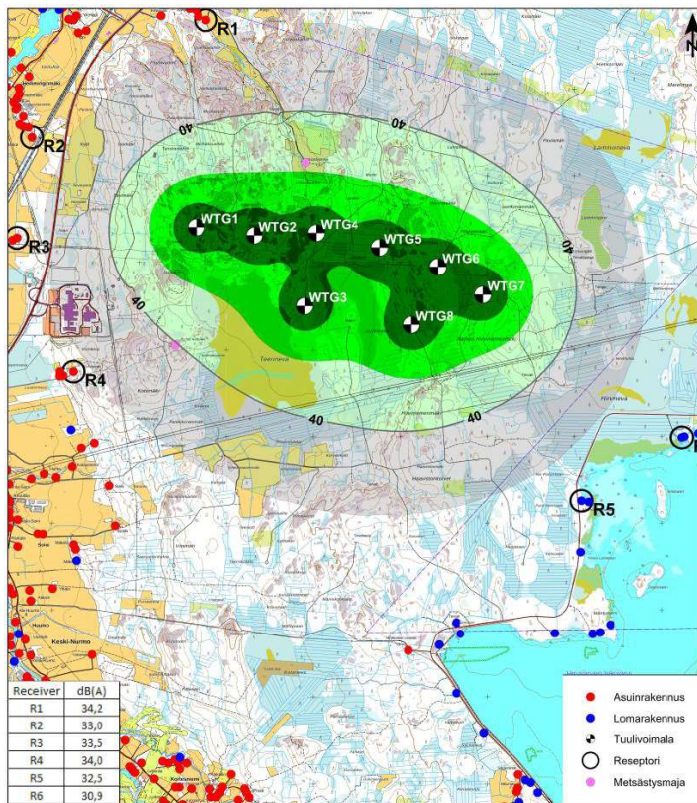
Melumallinnukset on tehty SoundPlan 9.0 -melulaskentaohjelmalla. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta [www.soundplan.eu](http://www.soundplan.eu).

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 (Leq) tarkasteltiin tuulivoimaloita lähinnä sijaitsevan asuintalon kohdalla olevassa reseptoripisteessä. Melupäästötietoina käytettiin laitospinnan Vestas V172-7.2MW -voimalaitoksesta käytössä olevia 1/3-oktaavikaistatietoja väliltä 20Hz – 200 Hz laitoksen suurimmalle ilmoitetulle äänitehotasolle, johon on lisätty + 2 dB epävarmuus. Lisäksi melupäästöön lisättiin ylimääräinen + 1 dB epävarmuuslisä asiakkaan toiveesta. Rakennusten sisälle aiheutuvia pientaajuisia melutasoja arvioitiin Turun ammattikorkeakoulun tekemässä "The sound insulation of façades at frequencies 5–5000 Hz, Keränen et. al." tutkimuksessa esitettyjen pientalojen julkisivun ilmajäneneristävyysarvojen avulla. Ko. tutkimuksen tulokset on esitelty julkaisussa "Building and Environment 156 (2019) 12-20".

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



Kuva 1. Reseptoripisteiden R1-R6 sijainnit. Kuvassa VE1 mukainen voimalasijoittelu.

### 3.3 Maastomalli ja rakennustiedot

Maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineistosta. Maastomallissa ei huomioitu rakennuksia. Mallissa ei ole huomioitu metsäkasvillisuutta melua vaimentavana tekijänä. Metsäkasvillisuus (puusto yms.) voi vaimentaa melua, mikäli kasvillisuusvyöhyke on riittävän korkea ja syvyys on suuri. Kuitenkin ympäristömeluarvioinneissa pääsääntöisesti kasvillisuuden vaikutusta ei oteta huomioon, koska vyöhykkeiden pysyvyydestä ei voida olla varmoja (esim. puuston avohakkuut). Myöskään laskentamallien kyvystä huomioida luotettavasti puuston vaikutus melun etenemiseen oikein ei ole vielä riittävästi tutkittua tietoa.

## 4. TULOKSET

### 4.1 Mallinnustulokset

Mallinnuksen laskennalliset meluvyöhykkeet (A-painotettu keskiäänitaso) vaihtoehdon VE1 erillismallinnukselle on esitetty liitteessä 2. Yhteismallinnuksen meluvyöhykkeet yhdessä Fortumin Lamminnevan voimaloiden kanssa on esitetty liitteiden 3 ja 4 kuvissa.

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

Taulukossa 4 on esitetty mallinnetut melutasot liitteessä 2 esitetyissä reseptoripisteissä. Taulukossa 5 on esitetty liitteiden 3 ja 4 yhteismallinnuksen tulokset reseptoripisteissä.

Taulukko 4. Keskiäänitasot reseptoripisteissä vaihtoehdossa VE1

Reseptori	VE1
	$L_{Aeq}$ , dB
R1	34,2
R2	33,0
R3	33,5
R4	34,0
R5	32,5
R6	30,9

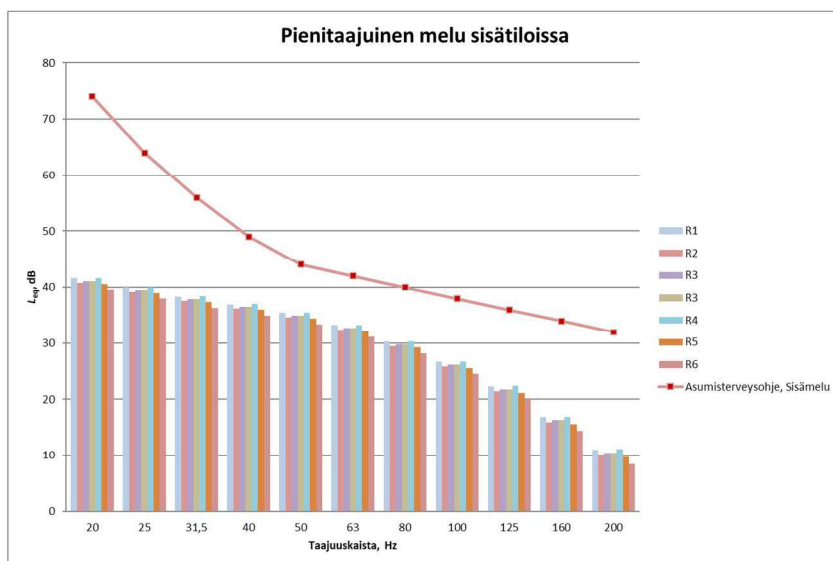
Taulukko 5. Yhteismallinnusten keskiäänitasot reseptoripisteissä

Reseptori	VE1+Fortum VE1	VE1+Fortum VE2
	$L_{Aeq}$ , dB	$L_{Aeq}$ , dB
R1	38,5	38,5
R2	34,2	34,2
R3	34,5	34,3
R4	35,3	34,6
R5	37,2	35,2
R6	36,7	36,1

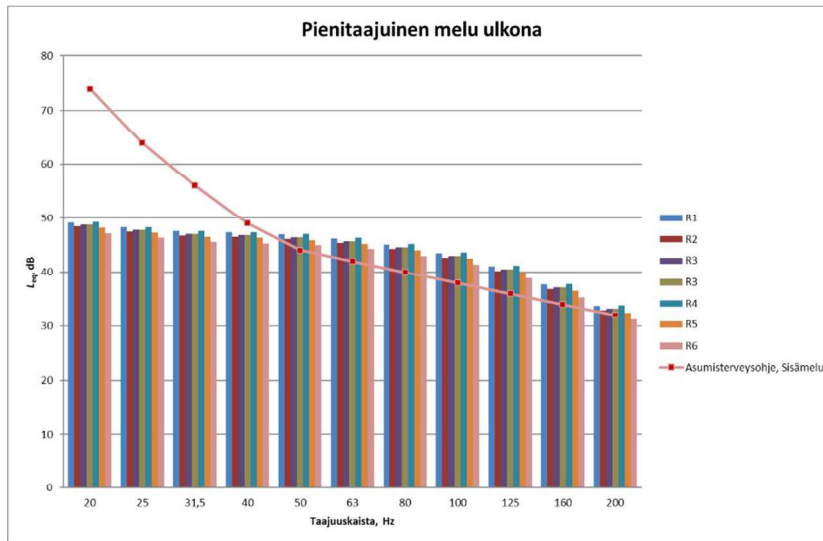
## 4.2 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin reseptoripisteisiin R1–R6. Taajuuspainottamattomat melutasot sisällä ja ulkona on esitetty kuvissa 2 ja 3 Isovuoren vaihtoehdolle. Kuvissa 6–9 on esitetty tulokset yhteismallinnusten mukaisille tilanteille.

Verrattaessa reseptoripisteiden laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot ( $\bullet$   $\perp$ ) välillä 50–200 Hz ovat vaihtoehdossa VE1 1–6 dB. Taajuuskaistoilla 20–40 Hz jo ulos lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat.

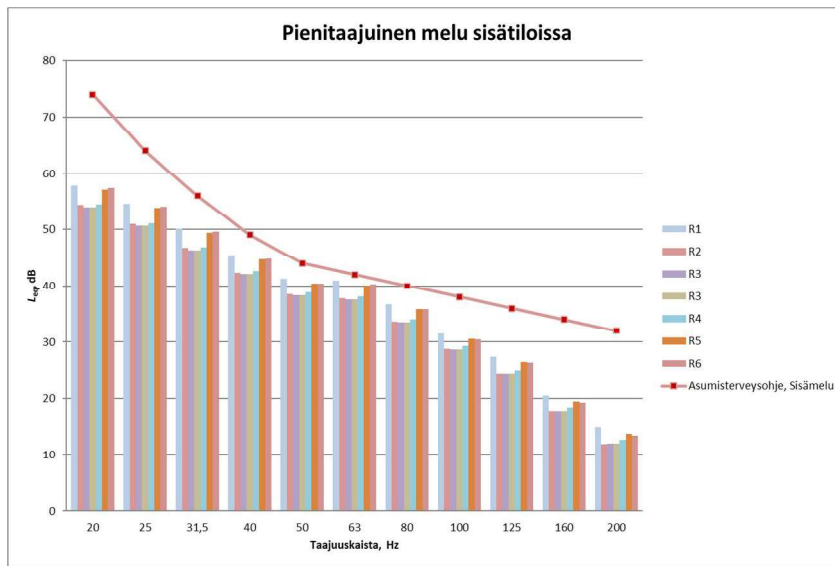


Kuva 2. VE1 pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä

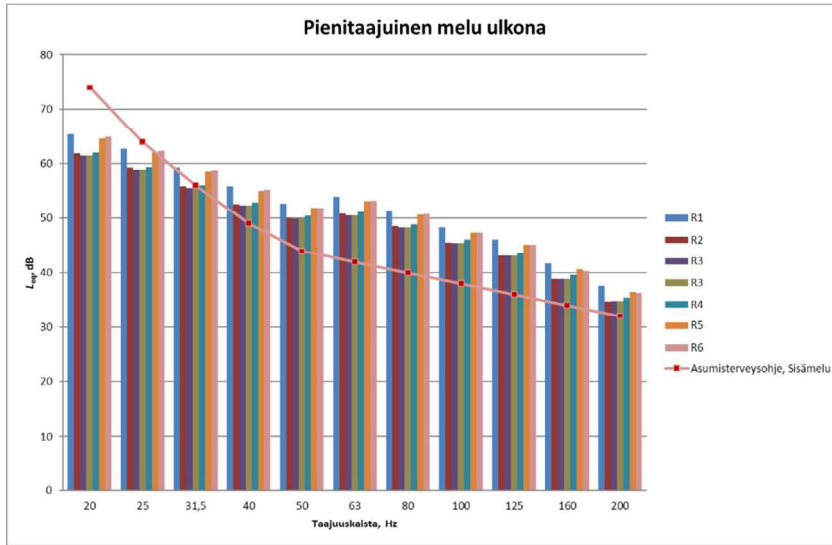


Kuva 3. VE1 pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä

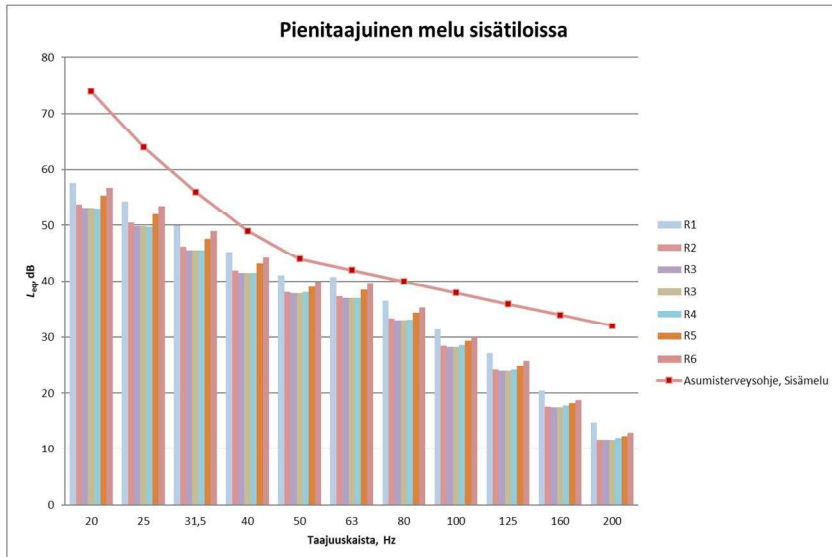
Verrattaessa reseptoripisteiden yhteismallinnuksen laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot ( $\bullet \downarrow$ ) ovat korkeimmillaan välillä 31,5–200 Hz 2–12 dB. Taajuuskaistoilla 20–25 Hz julos lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat jokaisessa yhteismelun vaihtoehdossa.



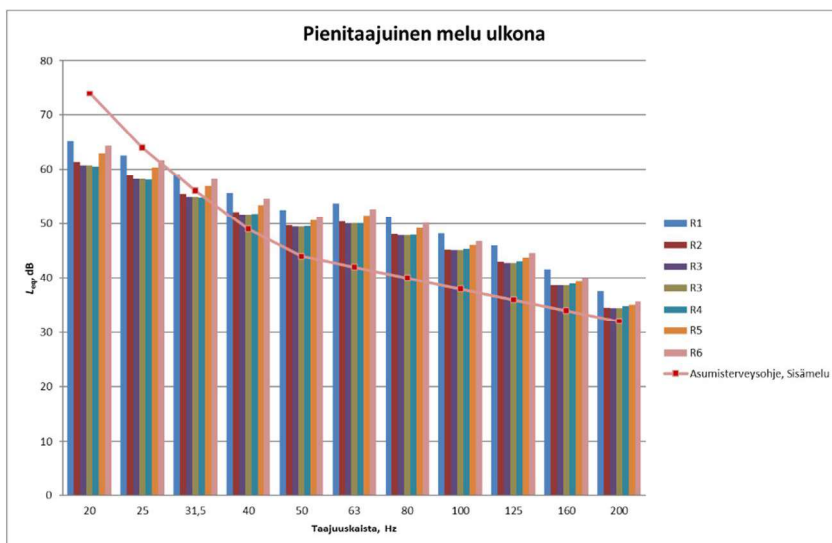
Kuva 4. Yhteismallinnuksen VE1+Fortum VE1 pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä



Kuva 5. Yhteismallinnuksen VE1+Fortum VE1 pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä



Kuva 6. Yhteismallinnuksen VE1+Fortum VE2 pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä



Kuva 7. Yhteismallinnuksen VE1+Fortum VE2 pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä

Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksen mukaiset ääneneristävyysarvot (äänitasoero • L) kuvaavat tilastollista estimaattia ilmaääneneristyskyvystä, joka ylittyy suomalaisten pientalojen tapauksessa 84 % todennäköisyydellä.

Kun huomioidaan ulkoseinän ääneneristävyys Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksessa mainittujen arvojen mukaisesti, alittavat terssikohtaiset melutasot toimenpiderajat kaikissa reseptoripisteissä. Tulokset osoittavat, että ympäristön rakennusten kohdalla normaalia rakentamistapaa vastaava ilmaääneneristys riittää vaimentamaan tuulivoimalaitosten pienitaajuisen melun toimenpiderajojen alle, kun ei ylitetä ulkomelutasoa 40 dB. Tulosten perusteella voidaan myös todeta, että pienitaajuinen melu alittaa toimenpiderajat myös kauempana tuulivoimaloista, koska laskennan periaatteiden mukaan pienitaajuinen melu vaimenee etäisyyden kasvaessa.

## 5. TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

### 5.1 Melun erityispiirteet ja häiritsevyysskorjaukset

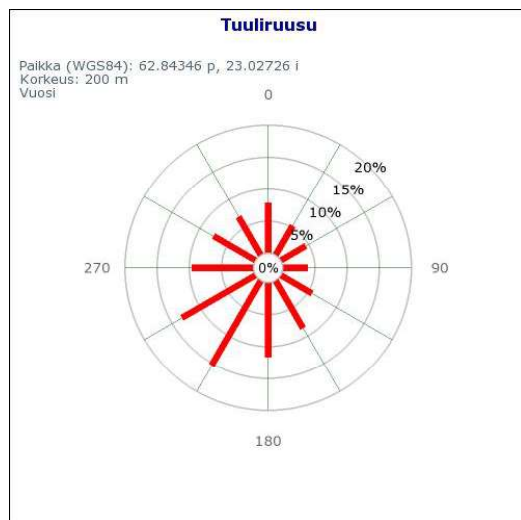
Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyysskorjaus +5 dB tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen, mikäli melun 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 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 voimalaitoksella suurin äänitehotaso saavutetaan 9 m/s tai sitä suuremmalla tuulennopeudella (napakorkeudella). Alhaisemmalla tuulennopeudella voimalaitoksen äänitehotaso saattaa olla merkittävästi maksimiarvoa pienempi.

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



Kuva 6. Tuuliruusu Suomen Tuuliatlaksesta

Tuulennopeuden lisäksi myös tuulensuunta vaikuttaa melun leviämiseen. Isovuoren tuulipuiston hankealueella vallitsevat tuulensuunnat ovat etelä-, lounas- ja länsituuli. Mallinnuksen mukaisia melutasoja voi esiintyä useimmin voimaloiden pohjois-, koillis- ja itäpuolella.

### 5.3 Melutasot verrattuna ohjearvoihin

YM:n mallinnusohjeen (2/2014) mukaan ohjearvovertailussa ei huomioida epävarmuutta, kun laskenta tehdään ohjeessa mainituilla parametreilla ja käyttäen valmistajan takaamia melupäästöarvoja (declared value tai warranted level). Tällöin melupäästön takuuarvoon on sisällytetty koko laskennan epävarmuus. Tässä mallinnuksessa käytetyn voimalaitoksen melupäästöarvoon on lisätty + 2 dB epävarmuus. Lisäksi melupäästöön lisättiin ylimääräinen + 1 dB epävarmuuslisä asiakkaan toiveesta.

Mallinnusten mukaan Isovuoren vaihtoehdon VE1 osalta alitetaan 40 dB jokaisen ympäristön häiriintyvän kohteen osalta. Yhteismallinnuksissa, joissa on huomioitu Fortumin Lamminnevan voimalat vaihtoehdoissa VE1 ja VE2, alitetaan myös 40 dB jokaisen ympäristön häiriintyvien kohteiden osalta.

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 jokaisen ympäristön asuin- ja lomarakennuksen osalta.

Normaalia rakentamistapaa noudattaessa arvioidut sisämelun kokonaistasot alittavat 545/2015 sisämelun toimenpiderajan LAeq 1h 25 dB.



Laatija: Ville Virtanen, Ramboll Finland Oy  
 Päivämäärä: 22/8/2024

Hankevastaava: Lakeuden Taivaanraapija Oy  
 Hankealue: Isovuori

## Mallinnusohjelman tiedot

Mallinnusohjelma ja versio: SoundPlan 9.0  
 Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2

## Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

### Vestas V172-7.2MW, Serrated Trailing Edge

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:
Vestas	V172-7.2MW	-
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:
7.2MW	180 m	-
		Tornin tyyppi:
		Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	Noise modes 1-17
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

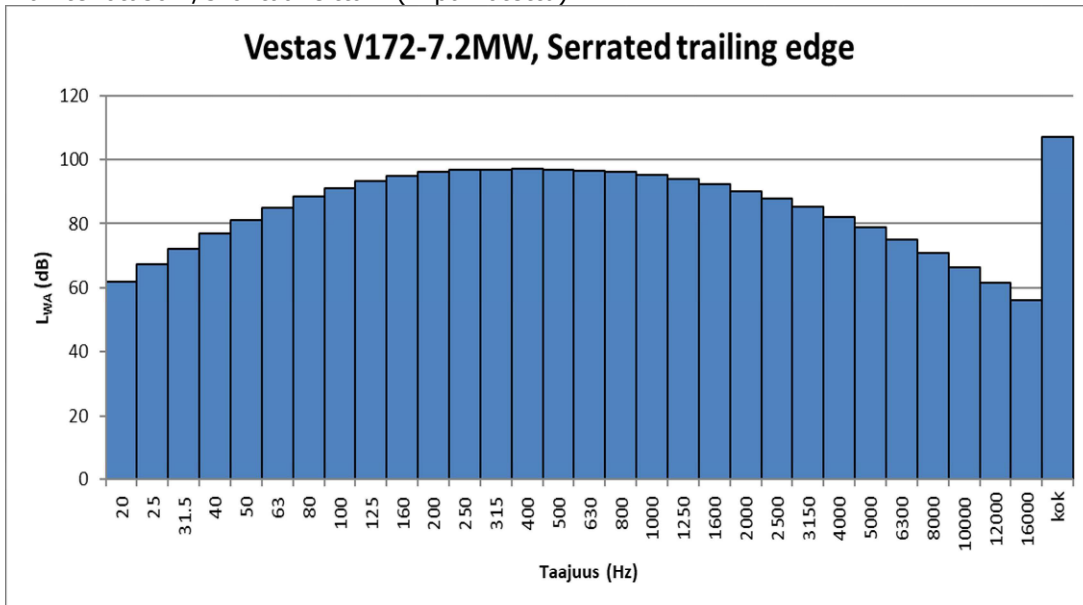
Äänitehotaso  $L_{WA}$  tuulennopeudella  $>7$  m/s (10 m korkeudella maanpinnasta):

106,9 dB  Takuuarvo

Suurin äänitehotaso  $L_{WA}$ :

106,9 dB + 2+1 dB (Uc)  Takuuarvo Serrated trailing edge

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



Melun erityspiirteiden mittaustulos 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: Maanmittauslaitos, Maastotietokanta  
 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 pinta

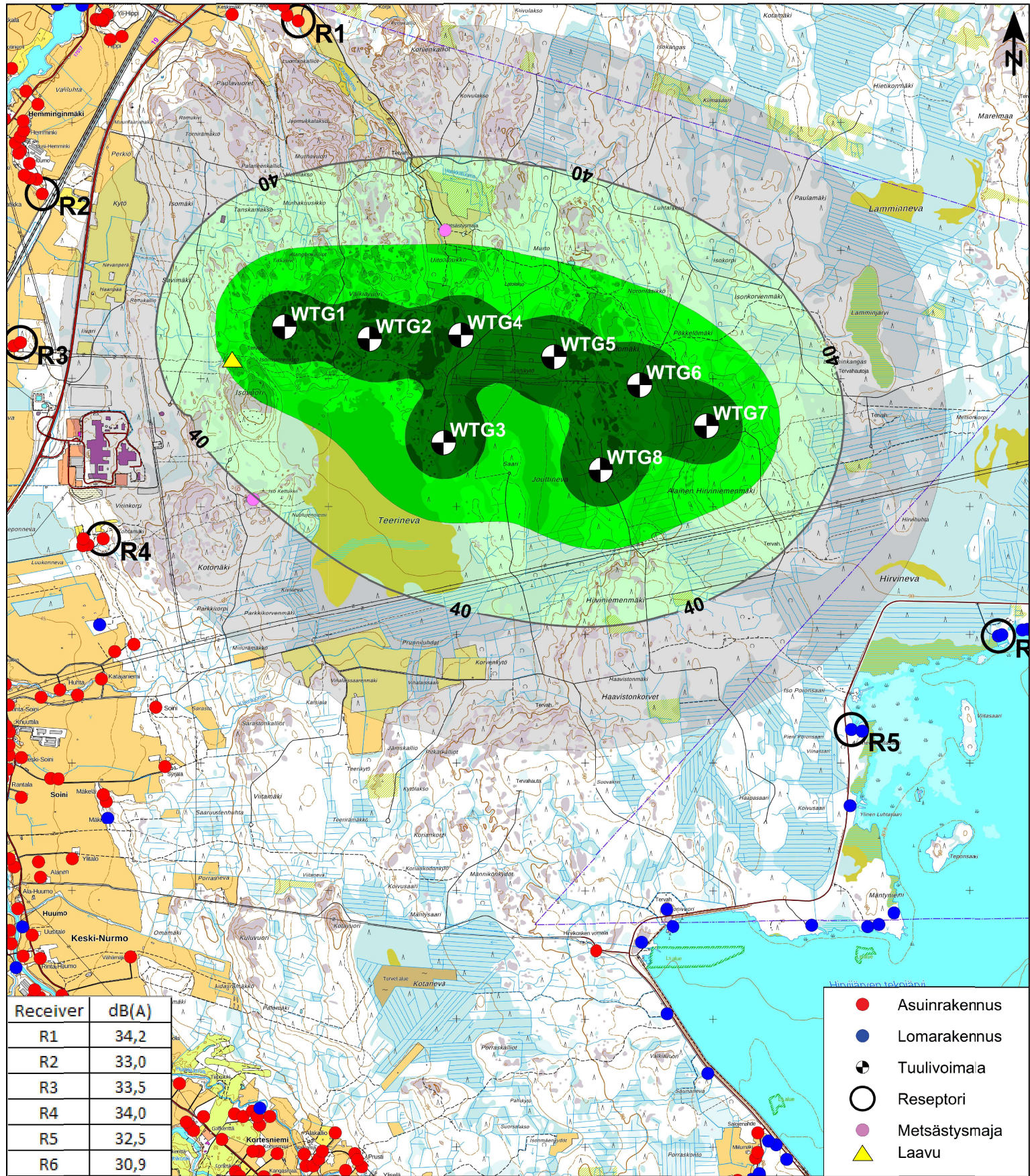
### Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus

Neutraali 0 neutraali - stabiili sääolosuhde

### Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

Vapaa avaruus  
 Muu



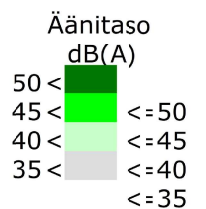


Meluvyöhykkeet  $L_{Aeq}$

-Laskentamalli ISO 9613-2  
-Laskentakorkeus +4m

**Atria melumallinnus**

VE1  
Vestas V172-7,2MW 50/60 Hz  
-HH = 180 m  
- $L_{WA}$  = 106,9 dB (Serrated trailing edge) + 2,0 + 1,0 dB C

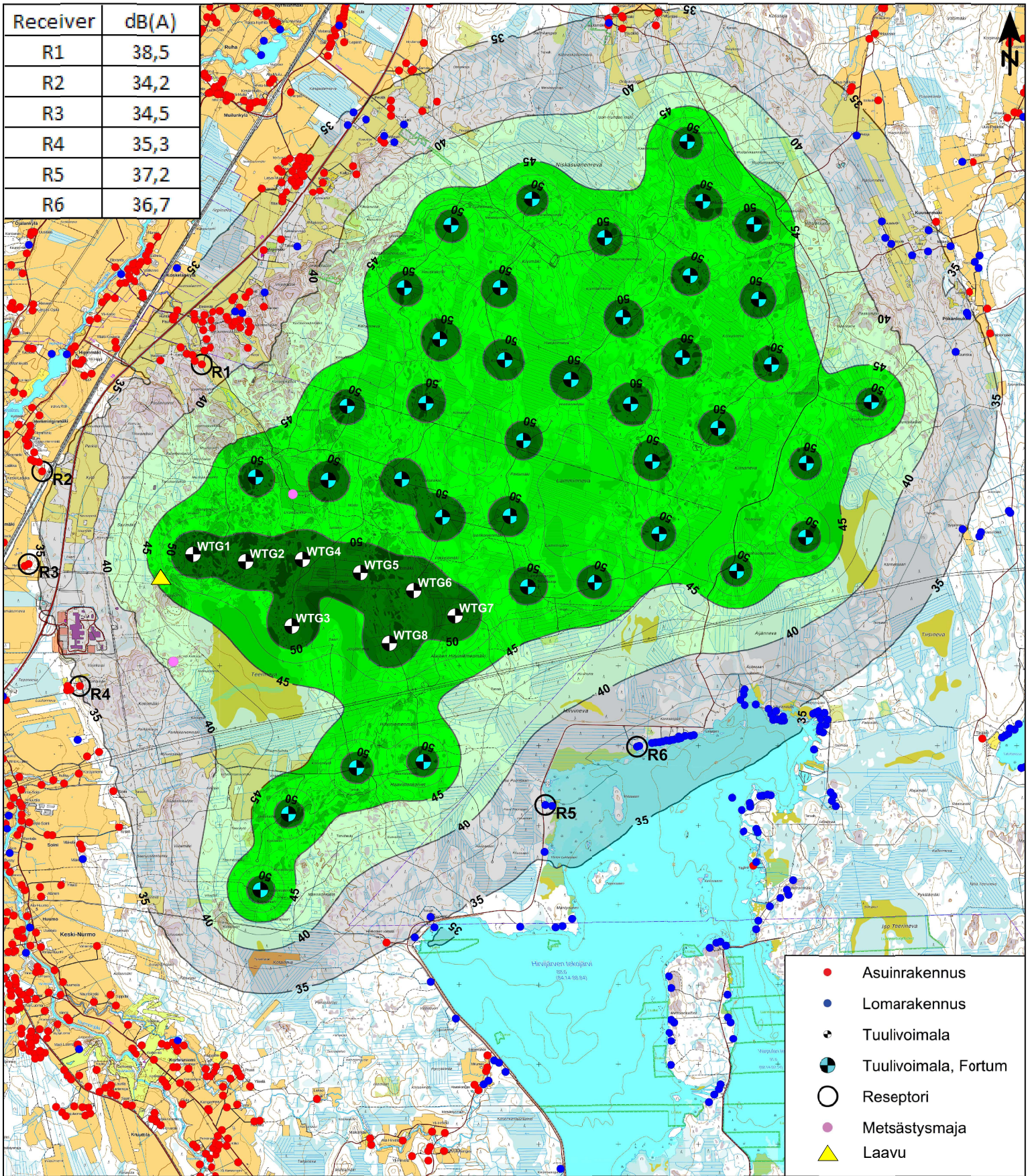


Mittakaava/skala (A3) 1:28000

0 500 1000 1500 2000 m 20/8/2024 VV



Receiver	dB(A)
R1	38,5
R2	34,2
R3	34,5
R4	35,3
R5	37,2
R6	36,7



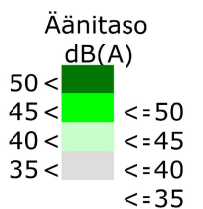
Meluvyöhykkeet  $L_{Aeq}$

-Laskentamalli ISO 9613-2  
-Laskentakorkeus +4m

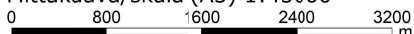
### Atria melumallinnus

VE1  
Vestas V172-7,2MW 50/60 Hz  
-HH = 180 m  
- $L_{WA}$  = 106,9 dB (Serrated trailing edge) + 2,0 +1,0 dB Uc

Fortum VE1  
Nordex N163/6.x  
-HH = 200 m  
- $L_{WA}$  = 106,4 dB (Serrated trailing edge) + 2,0 dB Uc



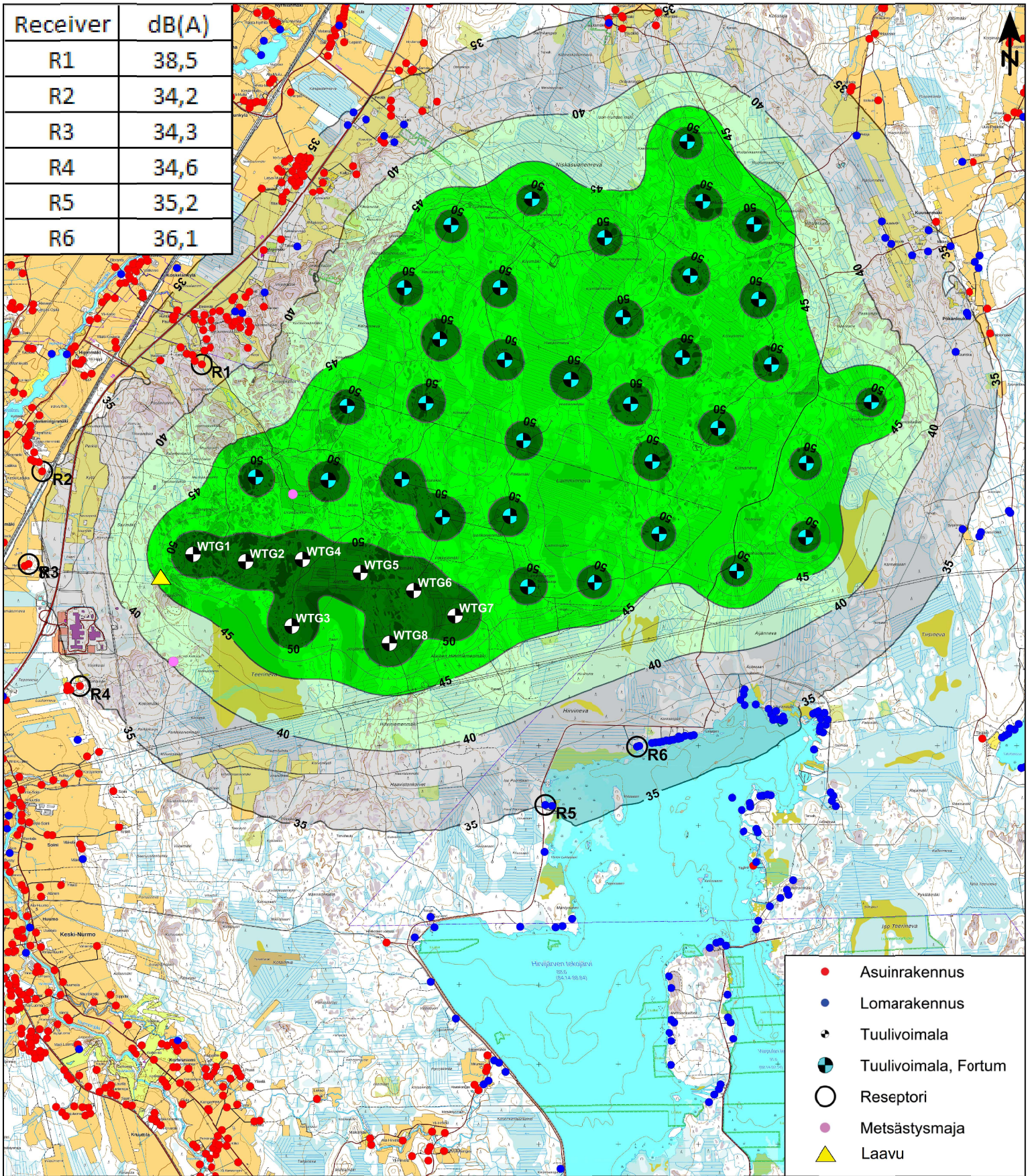
Mittakaava/skala (A3) 1:45000



21/8/2024 VV



Receiver	dB(A)
R1	38,5
R2	34,2
R3	34,3
R4	34,6
R5	35,2
R6	36,1



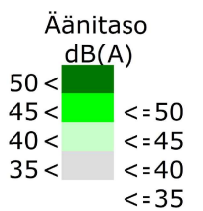
Meluvyöhykkeet  $L_{Aeq}$

-Laskentamalli ISO 9613-2  
-Laskentakorkeus +4m

### Atria melumallinnus

VE1  
Vestas V172-7,2MW 50/60 Hz  
-HH = 180 m  
-L<sub>WA</sub> = 106,9 dB (Serrated trailing edge) + 2,0 + 1,0 dB U<sub>c</sub>

Fortum VE2  
Nordex N163/6.x  
-HH = 200 m  
-L<sub>WA</sub> = 106,4 dB (Serrated trailing edge) + 2,0 dB U<sub>c</sub>



Mittakaava/skala (A3) 1:45000

0 800 1600 2400 3200 m 21/8/2024 VV