Vastaanottaja
Fortum

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
18.12.2024

Viite
1510077066-003

LAKKASUON TUULIVOIMAHANKKEEN MELUMALLINNUS, Liite 15

Päivämäärä **18.12.2024**
Laatija **Ville Virtanen**
Tarkastaja **Jari Hosiokangas**

Tuulivoimahankkeen meluselvitys

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 12/2024 aineistoa.

Viite 1510077066-003

SISÄLTÖ

1.	**YLEISTÄ**	**3**
2.	**MELUN OHJEARVOT**	**3**
2.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	3
2.2	Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa	3
3.	**MELUMALLINNUKSEN TIEDOT**	**4**
3.1	Tuulivoimalatiedot	4
3.2	Melulaskenta	5
3.3	Maastomalli ja rakennustiedot	6
4.	**TULOKSET**	**7**
4.1	Mallinnustulokset	7
4.2	Pienitaajuinen melu	7
5.	**TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET**	**8**
5.1	Melun erityispiirteet ja häiritsevyyskorjaukset	8
5.2	Alueen tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun	8
5.3	Melutasot verrattuna ohjearvoihin	9

LIITTEET

Liite 1 Laskentaparametrit ja tuulivoimaloiden akustiset tiedot

Liite 2 Meluvyöhykkeet, VE1 14 WTG

Liite 3 Meluvyöhykkeet, VE2 10 WTG

Liite 4 Meluvyöhykkeet, VE1 14 WTG, yhteismallinnus

Liite 5 Meluvyöhykkeet, VE2 10 WTG, yhteismallinnus

Liite 6 Pienitaajuinen melu

1. YLEISTÄ

Fortum suunnittelee Simon kunnan alueelle Lakkasuon tuulivoimapuistoa. Tässä selvityksessä on mallinnettu tuulivoimalaitosten aiheuttamat melutasot niiden ympäristössä kahden eri hankevaihtoehdon osalta sekä yhdessä lähimpien ympäröivien tuulivoimapuistojen kanssa.Työ tehdään ympäristönvaikutusten arviointia varten.

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

Työ on tehty Fortumin toimeksiannosta. Ramboll Finland Oy:ssä YVA:n laatimisen projektipäällikkönä toimi FM Johanna Kantanen. 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 $L_{Aeq\ 7\text{-}22}$ 35 dB ja yöajan keskiäänitasolle $L_{Aeq\ 22\text{-}7}$ 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).

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 tehtiin Vestas V172-7.2MW -laitosmallilla. Napakorkeutena mallinnuksessa oli 200 m. Tuulivoimaloiden akustiset tiedot on esitetty tämän melumallinnuksen liitteessä 1.

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 –serrated trailing edge -mallille annettuja lähtöarvoja. Mallinnuksessa käytettiin melupäästöarvoa LWA 107,9 dB tuulennopeuden ollessa >11m/s napakorkeudella (lähde: 0180-4980 V00, 2024-10-31). Saatujen lähtötietojen mukaan ko. voimalamallin melutaso ei kasva sen jälkeen, kun tuulennopeus saavuttaa arvon 12 m/s napakorkeudella, toisin sanoen tuulennopeudella 12 - 15 m/s voimalaitoksen kokonaisäänitehotaso on sama (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. 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.

Yhteismallinnuksissa huomioitiin suunnitteilla ja olemassa olevat hankkeet. Suunnitteilla olevien Leilisuon ja Kivimaan voimaloiden osalta käytettiin vastaavaa voimalaa kuin Lakkasuon osalta. Tuotannossa olevien tuulipuistojen Viinamäki, Halmekangas, Onkalo 1&2, Putaankangas, Leipiö1-3 osalta käytettiin toteutuneiden voimaloiden tietoja.

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

Taulukko 3. Tuulivoimalaitosten koordinaatit vaihtoehdoissa VE1 ja VE2 (ETRS-TM35FIN)

VE1			VE2		
X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
417971	7288074	49	417971	7288074	49
419561	7286914	58	419561	7286914	58
419946	7286471	57	419946	7286471	57
420374	7285997	56	420374	7285997	56
421101	7285865	69	421101	7285865	69
420344	7285263	54	420344	7285263	54
419651	7284920	53	419651	7284920	53
419204	7285249	52	419204	7285249	52
419242	7286013	52	419242	7286013	52
418609	7286990	50	418609	7286990	50
417899	7287287	48			
418451	7287600	53			
419257	7287759	57			
418951	7286532	50			

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.

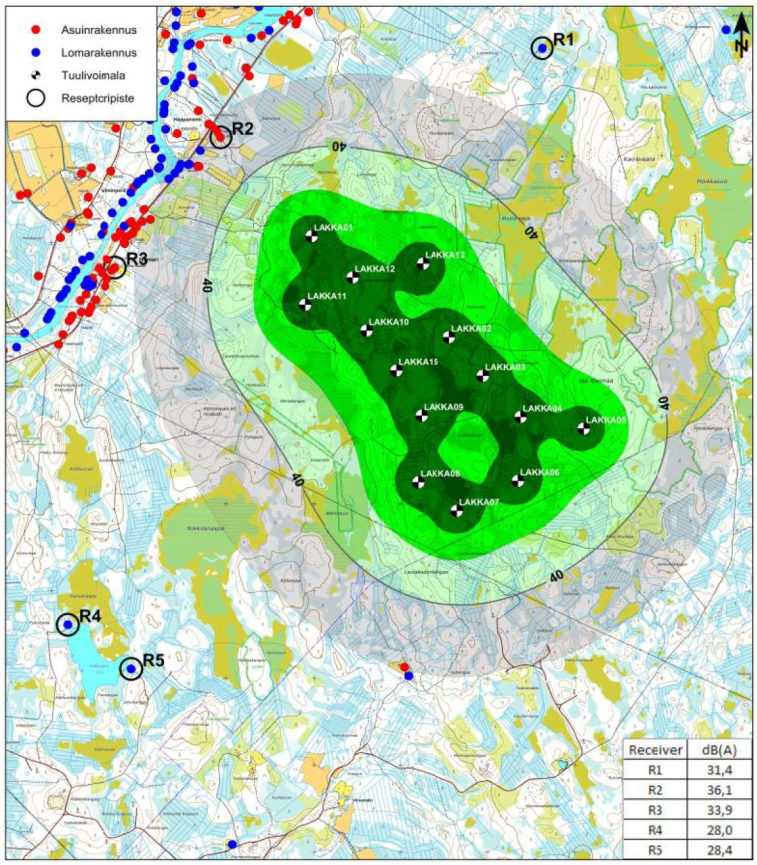
Melumallinnukset on tehty SoundPlan 9.0 -melulaskentaohjelmalla. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta *www.soundplan.eu*.

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 laskentapisteiden välisille alueille. Työssä laskettiin melutasot myös hankealuetta lähinnä olevien asuin- ja lomarakennusten 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 häiritsevyyskorjauksia.

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 laitosmallin Vestas V172-7.2MW -voimalaitoksesta käytössä olevia 1/3-oktaavikaistatietoja väliltä 20Hz – 200 Hz laitoksen suurimmalle ilmoitetulle äänitehotasolle, johon on lisätty + 2 dB epävarmuus. 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 ilmaääneneristävyysarvojen avulla. Ko. tutkimuksen tulokset on esitelty julkaisussa ”Building and Environment 156 (2019) 12-20”.

Tämän melumallinnuksen liitteessä 1 on esitetty melulaskennan oleelliset lähtötiedot, esim. laskentaparametrit.



Kuva 1. Reseptoripisteiden R1-R5 sijainnit

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.

Hankealueella tuulivoimalan suunniteltujen sijaintipaikkojen ja kaikkien kolmen kilometrin etäisyydellä laitoksista sijaitsevien asuintalojen ja loma-asuntojen välinen maanpinnan korkeusero oli alle 60 metriä.

4. TULOKSET

4.1 Mallinnustulokset

Mallinnuksen laskennalliset meluvyöhykkeet (A-painotettu keskiäänitaso) on esitetty tämän melumallinnuksen liitteissä 2-5. Melukuviin on merkitty asuin- ja lomarakennukset värikoodein Maanmittauslaitoksen maastotietokannan tietojen pohjalta. Melukuvissa on esitetty mallinnustulokset ilman mahdollisia häiritsevyys- tai muita korjauksia.

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

Reseptori	VE1, 14 WTG LAeq / dB	VE2, 10 WTG LAeq / dB	VE1, 14 WTG, Yhteismallinnus LAeq / dB	VE2, 10 WTG, Yhteismallinnus LAeq / dB
1	31,4	28,9	32,0	30,0
2	36,1	33,8	37,1	35,4
3	33,9	31,1	35,6	33,9
4	28,0	26,5	39,0	38,9
5	28,4	27,1	39,2	39,1

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

4.2 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin reseptoripisteisiin R1–R5. Taajuuspainottamattomat melutasot sisällä ja ulkona on esitetty tarkemmin tämän melumallinnuksen liitteessä 6.

Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin verratessa, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) välillä 40–200 Hz ovat 2–7 dB laajimmassa vaihtoehdon VE1 yhteismallinnuksessa. Taajuuskaistoilla 20–31,5 Hz jo ulos lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat. Muiden vaihtoehtojen niin erillis- kuin yhteismallinnusten osalta melutasot ovat samansuuruiset tai pienemmät.

Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksen mukaiset ääneneristävyysarvot (äänitasoero ΔL) 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 tässä selvityksessä käytetyllä voimalalla. 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 häiritsevyyskorjaukset

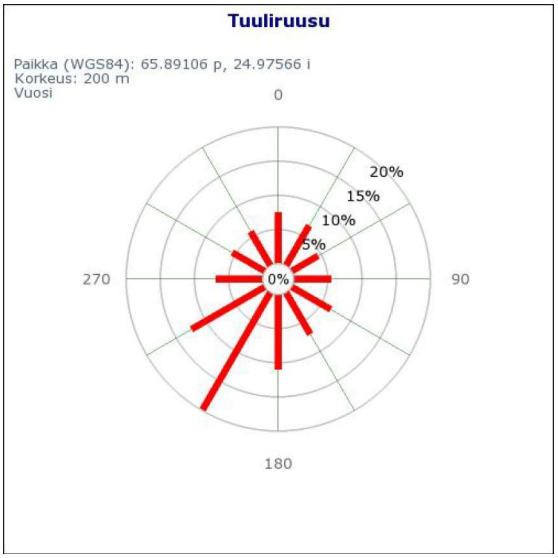
Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyyskorjaus +5 dB tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen, mikäli melun todetaan 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 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 12 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 äänekkäintä mahdollista tilannetta.



Kuva 4. Tuuliruusu Suomen Tuuliatlaksesta

Tuulennopeuden lisäksi myös tuulensuunta vaikuttaa melun leviämiseen. Tuulipuiston hankealueella vallitseva tuulensuunta on lounaasta. Tällöin mallinnuksen mukaisia melutasoja voi esiintyä useimmin voimaloiden koillispuolella.

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.

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 jokaisessa mallinnetussa tilanteessa.

Valtioneuvoston asetuksessa velvoitetaan 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 alittavat 545/2015 sisämelun toimenpiderajan $L_{Aeq\ 1h}$ 25 dB.

Rakennukseen kohdistuessa 40 dB (ohjearvo), tai alle, melutaso, voidaan arvioida, että 25 dB:n toimenpideraja sisätiloissa alittuu normaalilla rakentamisella. Erittäin heikolla seinärakenteella, joka ei täytä rakentamisen nykyaikaisia määräyksiä tai standardeja, voidaan päästä niinkin alhaiseen ääneneristävyyteen kuin Rw 20 dB. Tälläkin ääneneristävyydellä päästään sisätiloissa toimenpideraja-arvon 25 dB alittavaan tasoon, kun ulkomelutason ohjearvo 40 dB täyttyy.

Laatija: Ville Virtanen, Ramboll Finland Oy
Päivämäärä: 19/12/2024

Hankevastaava: Fortum
Hankealue: Lakkasuo

Mallinnusohjelman tiedot

Mallinnusohjelma ja versio: SoundPlan 9.0

Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2

Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Vestas	V172	-	
Nimellisteho:	**Napakorkeus:**	**Roottorin halkaisija:**	**Tornin tyyppi:**
7,2 MW	200	172 m	Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
☐ Kyllä	☐ Kyllä	
☐ Ei	☐ Ei	
☑ Ei ilmoitettu	☑ Ei ilmoitettu	

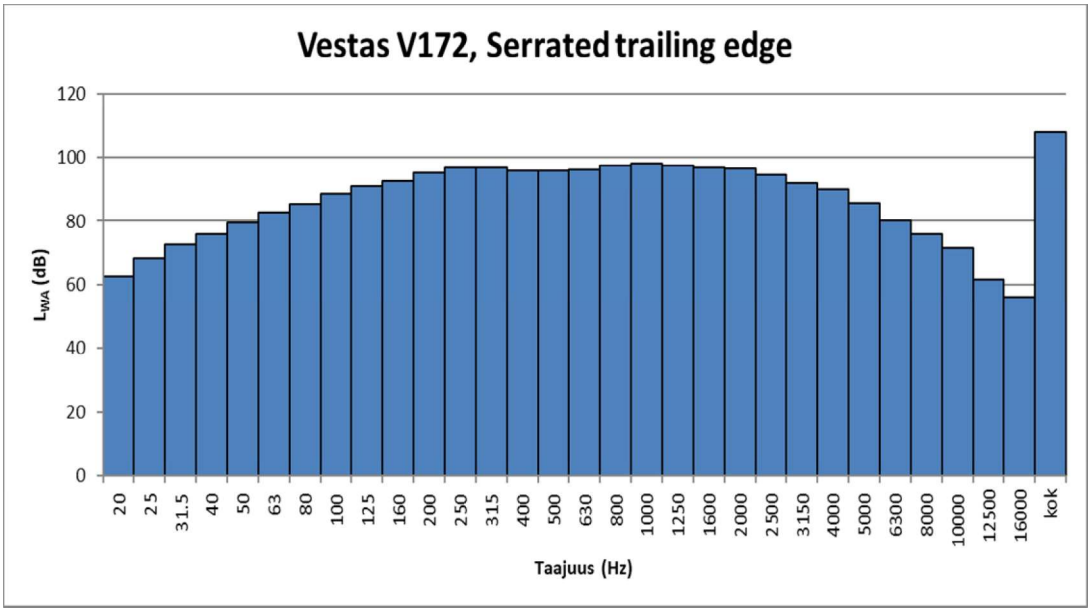
Äänitehotaso L_{WA} tuulennopeudella >9 m/s (napakorkeudella):

107,9 ☐ Takuuarvo

Suurin äänitehotaso L_{WA}:

107,9dB + 2 dB ☑ Takuuarvo

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



Melun erityspiirteiden mittaus ja havainnot:

Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus	Impulssimaisuus	Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)	Muu, mikä
☐ Kyllä	☐ Kyllä	☐ Kyllä	
☑ Ei	☐ Ei	☐ Ei	
☐ Ei ilmoitettu	☑ Ei ilmoitettu	☑ Ei ilmoitettu	

Laskennan lähtötiedot

Laskentaverkko

Laskentakorkeus:	Laskentaruudukon koko:
4 metriä	20*20 metriä

Sääolosuhteet

Suhteellinen kosteus:	Lämpötila:
70 %	15 °C

Maastomalli

Maastomallin lähde:	Vaakaresoluutio:	Pystyresoluutio:
Maanmittauslaitos, Maastotietokanta	2,0 m	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

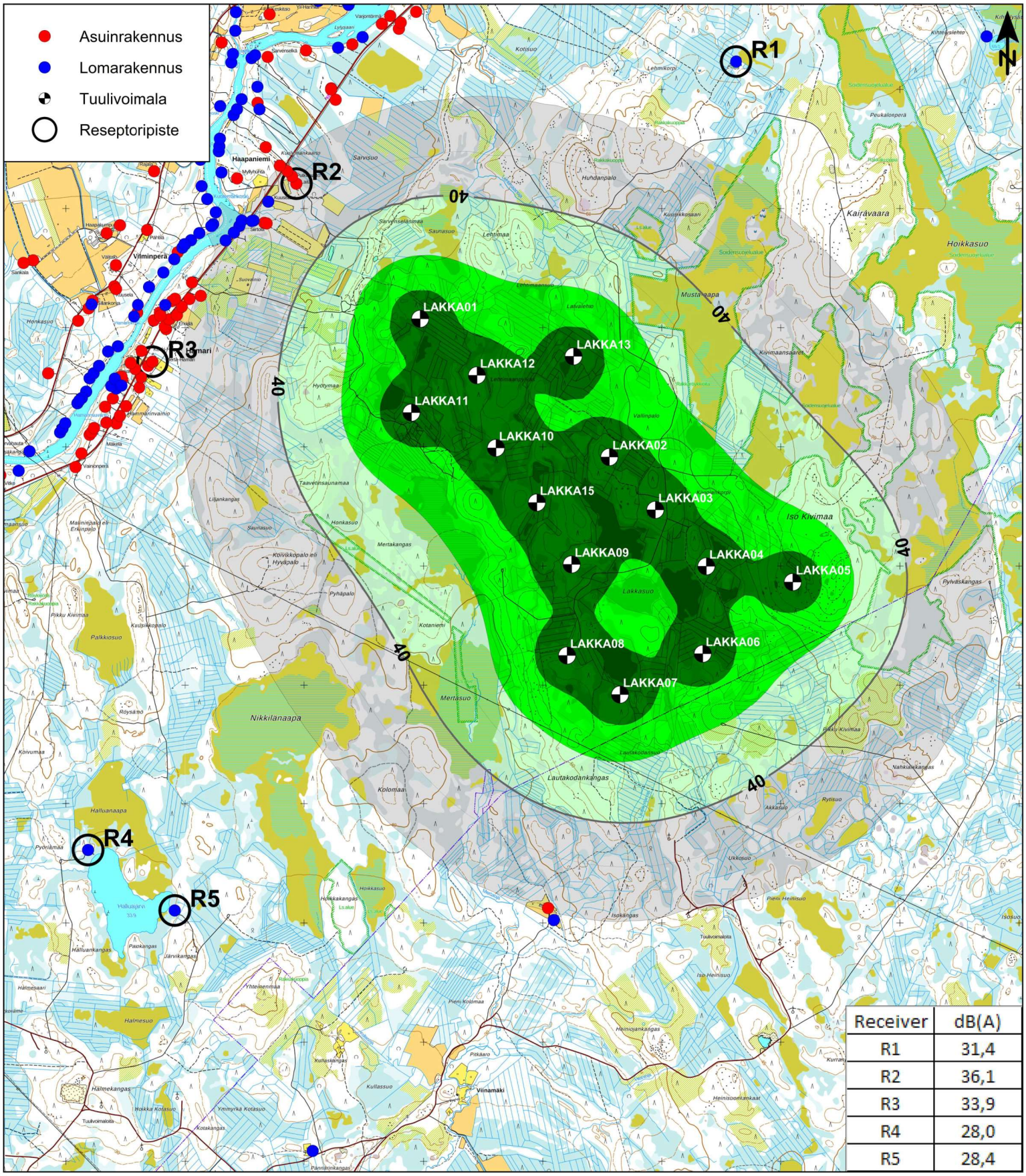
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus

Neutraali	0	neutraali - stabiili sääolosuhde

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

☑ Vapaa avaruus

☐ Muu



Receiver	dB(A)
R1	31,4
R2	36,1
R3	33,9
R4	28,0
R5	28,4

RAMBOLL

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

Lakkasuo melumallinnus

14 WTG
Vestas V172-7.2MW
-HH = 200 m
-L_{WA} = 107,9 dB (STE) + 2 dB Uc

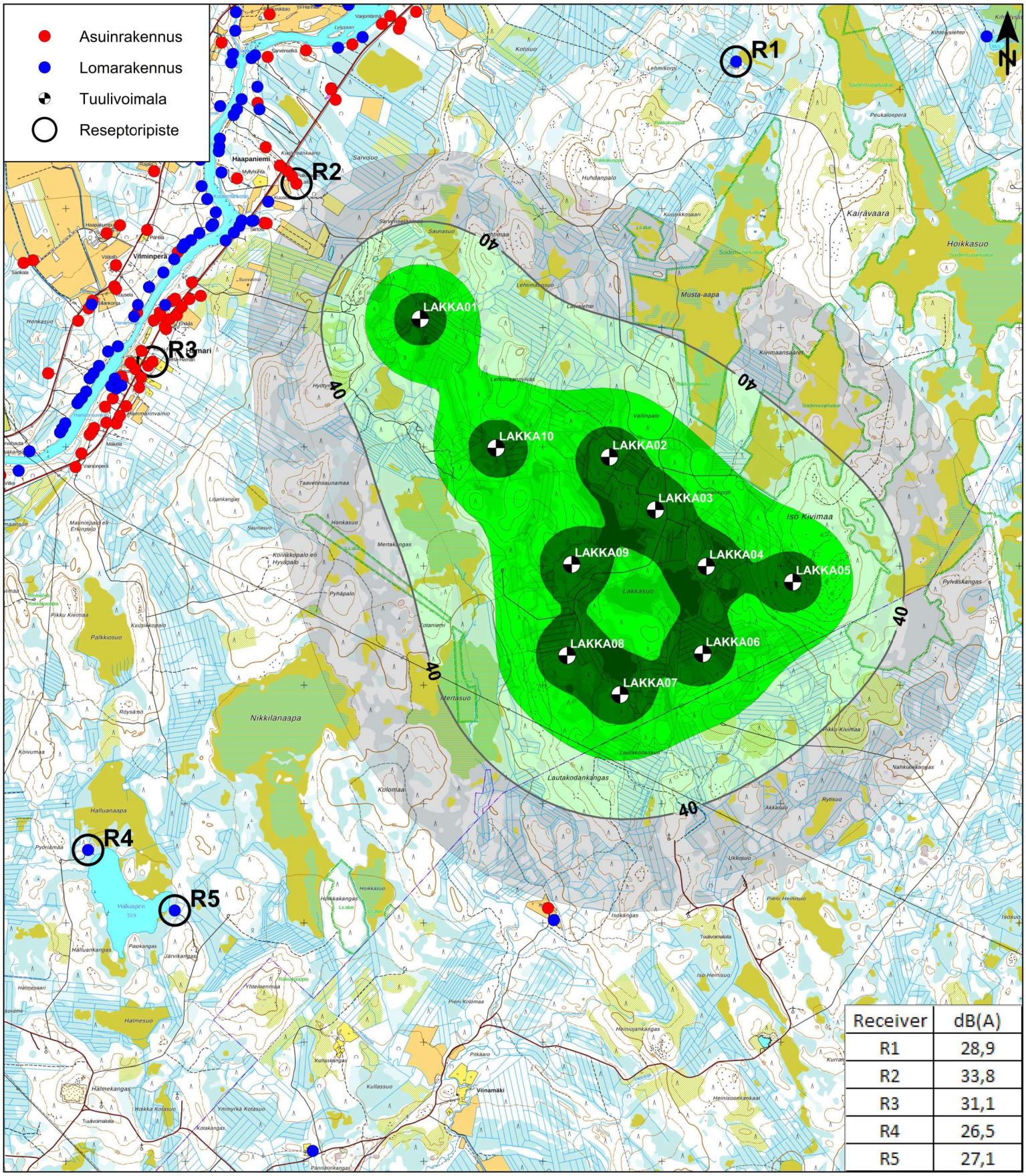
Äänitaso dB(A)

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

Mittakaava/skala (A3) 1:30000

0 500 1000 1500 2000 m

16/12/2024 VV



Receiver	dB(A)
R1	28,9
R2	33,8
R3	31,1
R4	26,5
R5	27,1

RAMBOLL

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

Lakkasuo melumallinnus

10 WTG
Vestas V172-7.2MW
-HH = 200 m
-L_{WA} = 107,9 dB (STE) + 2 dB Uc

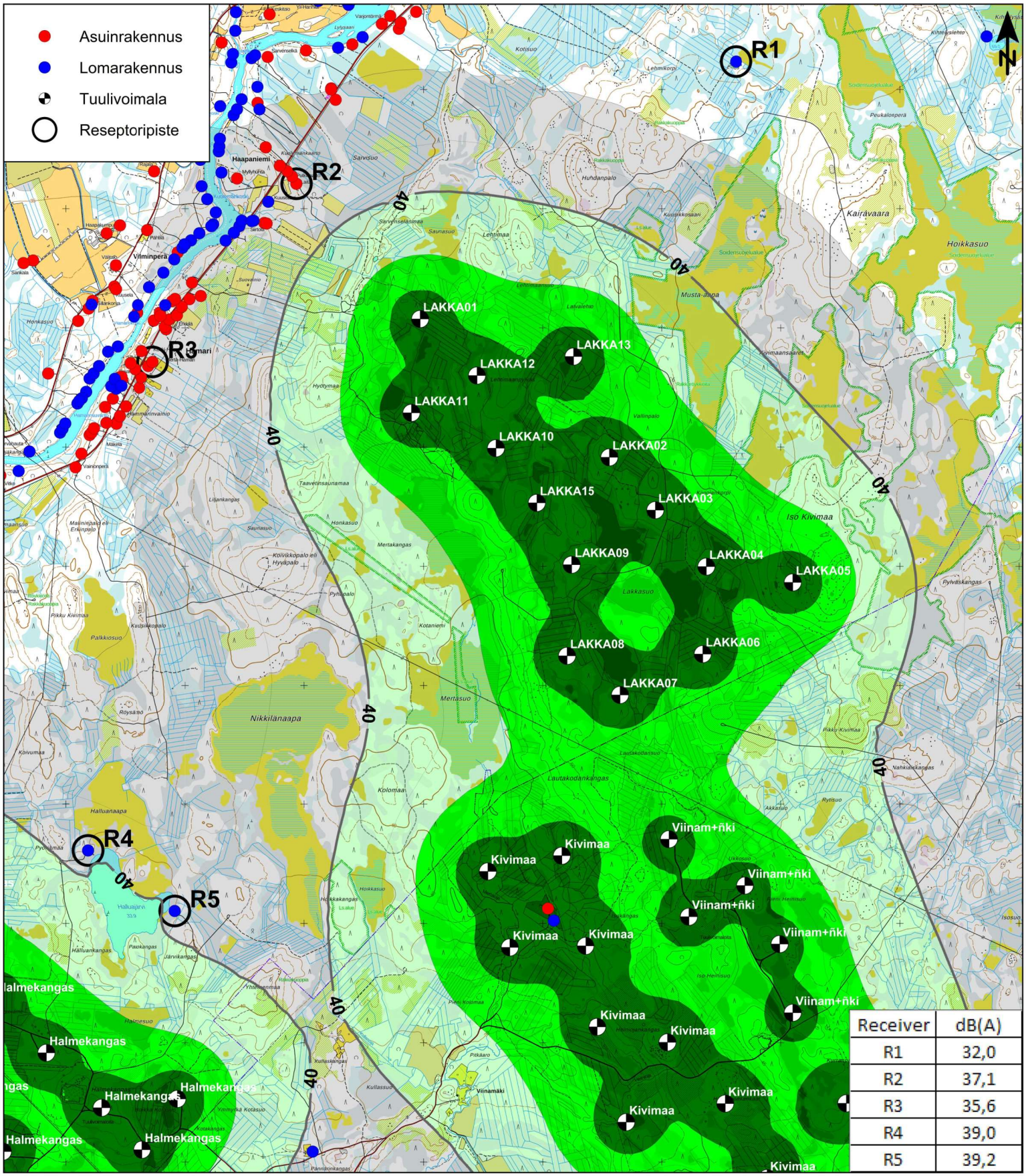
Äänitaso dB(A)

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

Mittakaava/skala (A3) 1:30000

0 500 1000 1500 2000 m

16/12/2024 VV



Receiver	dB(A)
R1	32,0
R2	37,1
R3	35,6
R4	39,0
R5	39,2

RAMBOLL

Lakkasuo melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

Yhteismallinnus

14 WTG
Vestas V172-7.2MW
-HH = 200 m
-L_{WA} = 107,9 dB (STE) + 2 dB Uc

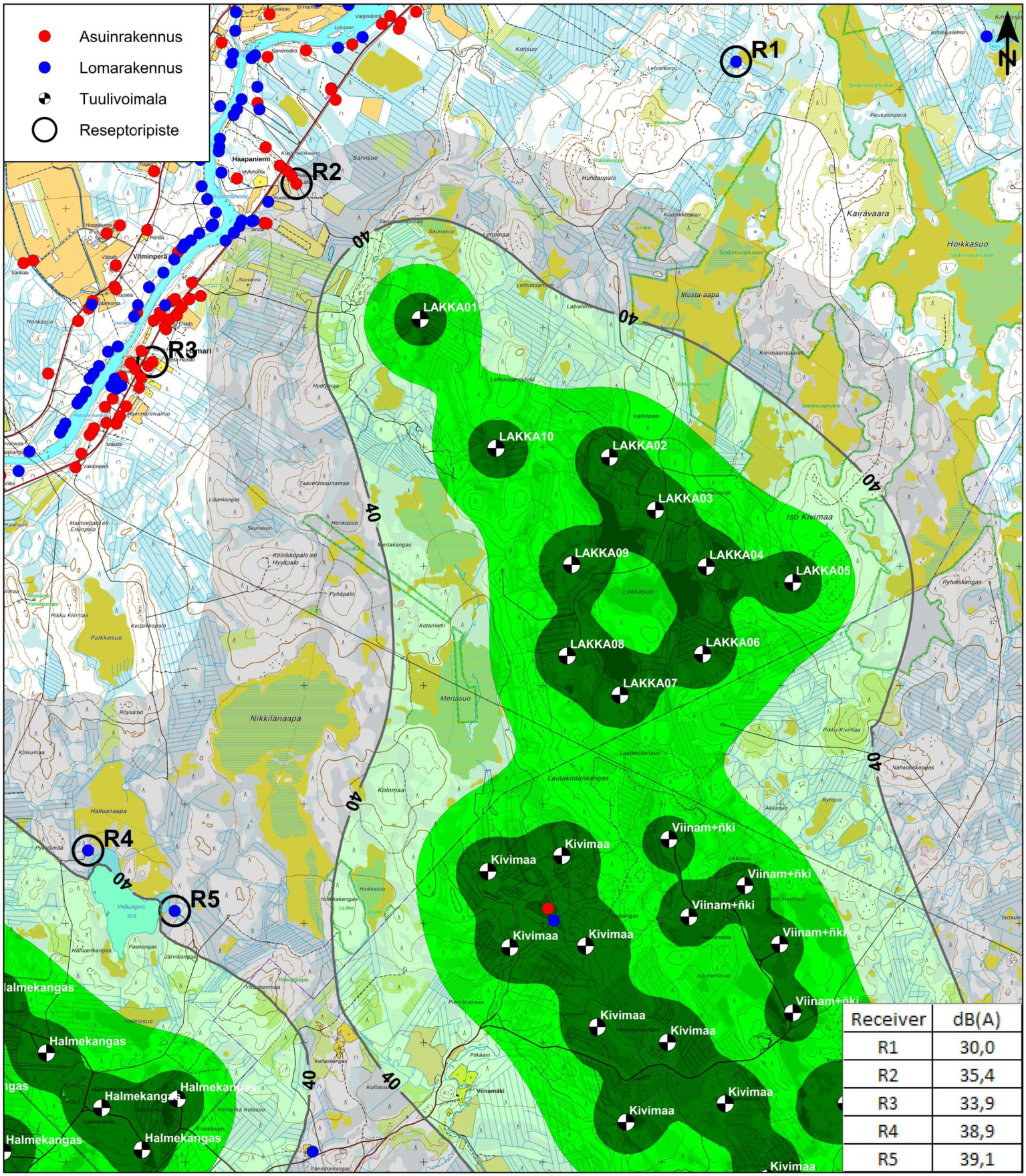
Äänitaso dB(A)

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

Mittakaava/skala (A3) 1:30000

0 500 1000 1500 2000 m

16/12/2024 VV



Receiver	dB(A)
R1	30,0
R2	35,4
R3	33,9
R4	38,9
R5	39,1

RAMBOLL

Lakkasuo melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

Yhteismallinnus

10 WTG
Vestas V172-7.2MW
-HH = 200 m
-L_{WA} = 107,9 dB (STE) + 2 dB Uc

Äänitaso dB(A)

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

Mittakaava/skala (A3) 1:30000

0 500 1000 1500 2000 m

16/12/2024 VV

Pienitaajuinen melu sisätiloissa vaihtoehdossa VE1

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	42	40	39	36	33	30	27	23	19	13	9
R2	44	43	41	38	36	33	29	26	22	16	12
R3	43	42	40	37	34	32	28	25	21	15	11
R4	39	38	36	33	31	28	24	21	16	10	6
R5	40	39	37	34	31	28	25	21	17	11	6
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE1

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	49	49	48	46	45	43	42	40	38	34	32
R2	52	51	50	49	47	46	44	43	41	38	36
R3	50	50	49	47	46	45	43	41	39	36	34
R4	47	47	46	44	42	41	39	38	35	32	30
R5	47	47	46	44	43	42	40	38	36	33	31
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**
Vaadittava ääneneristävyys korkeimmillaan	-22	-13	-6	0	3	4	4	5	5	4	4
Ääneneristävyysarvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Pienitaajuinen melu sisätiloissa vaihtoehdossa VE2

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	40	39	37	34	31	28	25	21	17	11	7
R2	42	41	39	36	33	31	27	24	20	14	10
R3	41	39	37	35	32	29	26	22	18	12	8
R4	38	37	35	32	29	27	23	19	15	9	4
R5	38	37	35	32	30	27	23	20	16	10	5
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE2

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	47	47	46	44	43	41	40	38	36	32	29
R2	50	49	48	46	45	44	42	41	39	36	34
R3	48	48	47	45	44	42	40	39	37	34	32
R4	45	45	44	42	41	40	38	36	34	31	29
R5	46	46	45	43	41	40	38	37	35	31	30
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**
Vaadittava ääneneristävyys korkeimmillaan	-24	-15	-8	-3	1	2	2	3	3	2	2
Ääneneristävyysarvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Pienitaajuinen melu sisätiloissa vaihtoehdossa VE1, Yhteismallinnus

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	45	43	41	38	36	33	29	25	21	15	10
R2	47	46	43	41	38	35	32	28	24	18	13
R3	47	46	43	40	38	35	31	27	23	17	12
R4	47	45	42	39	37	34	30	26	21	15	10
R5	47	46	42	40	37	34	30	27	22	16	11
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE1, Yhteismallinnus

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	52	52	50	48	47	46	44	42	39	36	33
R2	55	54	53	51	50	48	46	45	43	39	37
R3	55	54	52	51	49	48	46	44	42	38	36
R4	54	54	51	50	48	47	45	43	40	36	34
R5	54	54	52	50	49	47	45	43	41	37	35
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**
Vaadittava ääneneristävyys korkeimmillaan	-19	-10	-3	2	6	6	6	7	7	5	5
Ääneneristävyysarvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Pienitaajuinen melu sisätiloissa vaihtoehdossa VE2, Yhteismallinnus

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	44	42	40	37	34	31	28	24	19	13	8
R2	46	45	42	40	37	34	30	27	22	16	12
R3	46	45	42	39	37	34	30	26	22	16	11
R4	46	45	42	39	36	33	29	25	21	15	10
R5	46	45	42	40	37	34	30	26	22	16	11
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE2, Yhteismallinnus

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	51	51	49	47	46	44	42	41	38	34	31
R2	54	53	52	50	48	47	45	43	41	38	35
R3	54	53	51	50	48	47	45	43	41	37	34
R4	54	53	51	49	48	46	44	42	40	36	33
R5	54	54	51	50	48	47	45	43	41	37	34
Asumisterveysohje	**74**	**64**	**56**	**49**	**44**	**42**	**40**	**38**	**36**	**34**	**32**
Vaadittava ääneneristävyys korkeimmillaan	-20	-10	-4	1	4	5	5	5	5	4	3
Ääneneristävyysarvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8