

Vastaanottaja
Winda Energy Oy

Asiakirjatyyppe
Raportti

Päivämäärä
17.11.2022

Viite
1510067705-007

LAULURÄMEEN TUULIVOIMAHANKE MELUMALLINNUS

Päivämäärä **17.11.2022**
Laatija **Viivi Nieminen**
Tarkastaja **Ville Virtanen**

Tuulivoimahankkeen meluselvitys

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 11/2022
aineistoa.

Viite 1510067705-007

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	6
4.1	Mallinnustulokset	6
4.2	Pienitaajuinen melu	7
5.	TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	10
5.1	Melun erityispiirteet ja häiritsevyyskorjaukset	10
5.2	Alueen tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun	11
5.3	Melutasot verrattuna ohjearvoihin	11

LIITTEET

Liite 1	Laskentaparametrit ja tuulivoimaloiden akustiset tiedot
Liite 2	VE1 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 108,6 dB + 2 dB Uc, HH 220
Liite 3	VE2 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 108,6 dB + 2 dB Uc, HH 220
Liite 4	VE3 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 108,6 dB + 2 dB Uc, HH 220

1. YLEISTÄ

Winda Energy Oy suunnittelee tuulivoimapuiston rakentamista Kiuruveden ja Pyhäjärven Laulurämeelle. Tässä selvityksessä on mallinnettu kolmen vaihtoehdon tuulivoimalaitosten aiheuttamat melutasot ympäristössä ympäristövaikutusten 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. Pientaajuisen melun tarkastelu tehtiin soveltaen DSO 1284 mukaista menetelmää YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti.

Työ on tehty Winda Energy Oy:n toimeksiannosta. Meluselvityksen laatimisesta ja meluvaikutusten arvioinnista on vastannut ins.(AMK) Ville Virtanen. Melumallinnuksen ja raportoinnin on Rambollissa tehnyt ins.(AMK) Viivi Nieminen.

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 päivääjän 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- maisuuskorjaukset.

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
$L_{eq, 1h/dB}$	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

3. MELUMALLINNUKSEN TIEDOT

3.1 Tuulivoimalatiedot

Melumallinnukset tehtiin Nordex N163/6.XMW laitostallilla. Napakorkeutena mallinnuksessa oli 220 m. Tuulivoimaloiden akustiset tiedot on esitetty liitteessä 1.

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

Melutasot mallinnettiin käyttäen tilaajan toimittaman voimalaitoksen Nordex N163/6.XMW -mallille annettuja lähtöarvoja. Tilaajan toiveesta mallinnuksessa käytettiin melupäästöarvoa L_{WA} 108,6 dB tuulennopeuden ollessa >7m/s 10 m korkeudella maanpinnasta (lähde: F008_277_A17_EN, Rev.5 (2022-07-18)), joka tällä tuulivoimamallilla saavutetaan moodilla 0. Saatujen lähtötietojen mukaan ko. voimalamallin melutaso ei kasva sen jälkeen, kun tuulennopeus saavuttaa arvon 7 m/s 10 m korkeudella maanpinnasta, toisin sanoen tuulennopeudella 8 m/s, 9m/s, 10m/s, 11m/s ja 12 m/s ko. voimalaitoksen äänitehotaso on sama kuin tuulennopeudella 7 m/s (referenssikorkeudella 10 m maan pinnasta).

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 tavallinen mittauksen kokonaisepävarmuustaso (U_c).

Tuulivoimalaitoksen äänitehotaso muuttuu tuulennopeuden muuttuessa, joka vaikuttaa merkittävästi alhaisemmilla tuulennopeuksilla ympäristössä havaittavaan melutasoon. Nordex N163/6.XMW 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. Laulurämeen tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS-TM35FIN)

Tunnus	X	Y	Z	Vaihtoehto
1	464883	7054937	387	VE1/VE3
2	465508	7054762	385	VE1/VE3
3	464985	7053810	395	VE1/VE3
3	465903	7054162	382	VE1/VE3
4	465059	7053040	393	VE1/VE3
6	466287	7053597	385	VE1/VE3
7	465473	7052410	394	VE1/VE3
8	466547	7052983	387	VE1/VE3
9	466302	7052106	395	VE1/VE3
10	467134	7052477	380	VE1/VE3
11	466333	7051362	393	VE1/VE3
12	467117	7051671	386	VE1/VE3
13	464210	7055220	387	VE1/VE2
14	464228	7054373	392	VE1/VE2
15	463567	7056808	380	VE1/VE2
16	463414	7055819	382	VE1/VE2
17	463304	7054784	382	VE1/VE2
18	462690	7056426	378	VE1/VE2
19	462382	7055171	393	VE1/VE2
20	461740	7057020	377	VE1/VE2
21	461798	7056003	381	VE1/VE2
22	461455	7054986	395	VE1/VE2
23	460887	7055686	384	VE1/VE2

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 8.2 -melulaskentaohjelmalla. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta www.soundplan.eu.

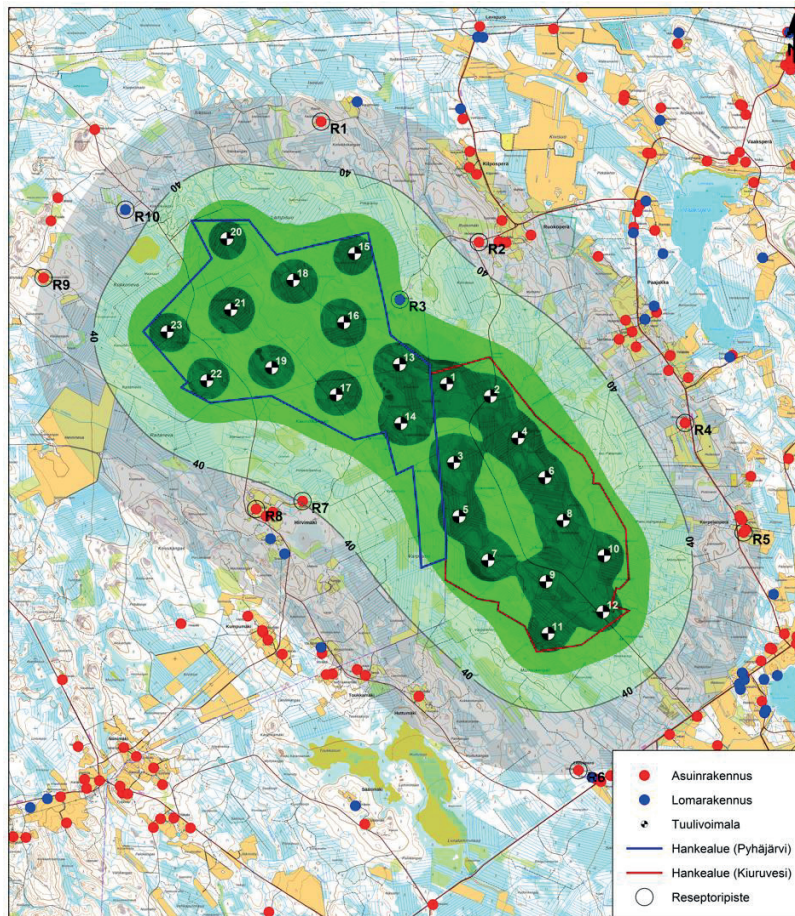
ISO 9613-2 -mallissa tuulen nopeutta tai suuntaa ei voida varioida, vaan laskentamallissa on oletuksena lievä myötätuuli melulähteestä laskentapisteeseen päin. Malli huomioi kolmiulotteisessa laskennassa mm. maastonmuodot sekä etäisyysvaimentumisen, ilman ääniabsorption, esteet, heijastukset ja maanpinnan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

Meluvyöhykelaskennat on tehty laskentapisteverkkoon ja ohjelma interpoloi melutasot 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 laitospäästön Nordex N163/6.X MW -voimalaitoksesta käytössä olevia 1/3-oktaavikaistatietoja väliltä 20 Hz – 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”.

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



Kuva 1. Reseptoripisteiden R1-R10 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) vaihtoehdolle VE1 on esitetty liitteessä 2, vaihtoehdolle VE2 liitteessä 3 ja VE3 liitteessä 4.

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

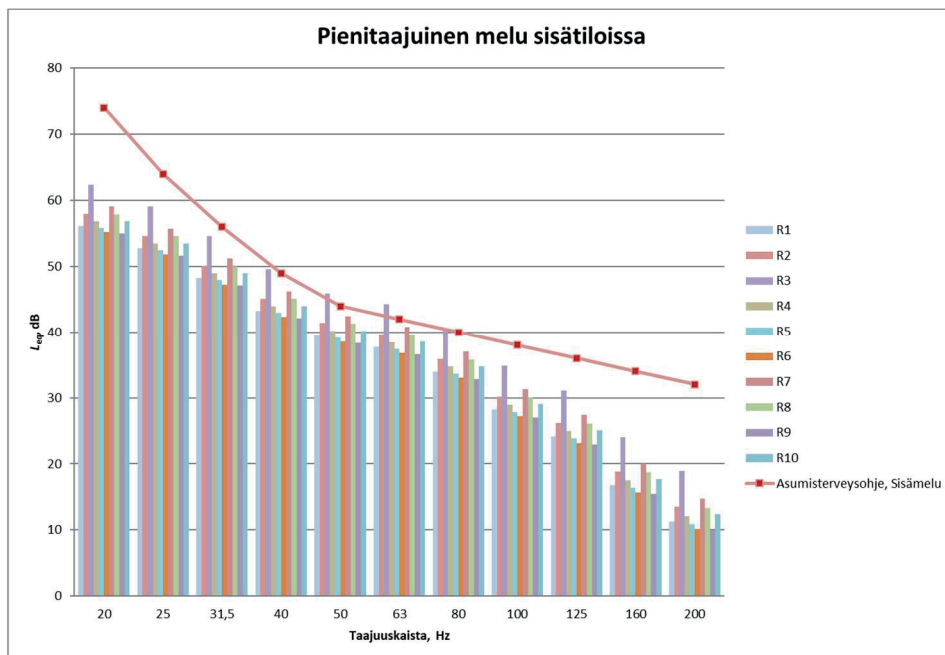
Taulukossa 4 on esitetty mallinnetut melutasot liitteissä 2-4 esitetyissä reseptoripisteissä.

Taulukko 4. Keskiäänitasot reseptoripisteissä vaihtoehtoisissa VE1, VE2 ja VE3

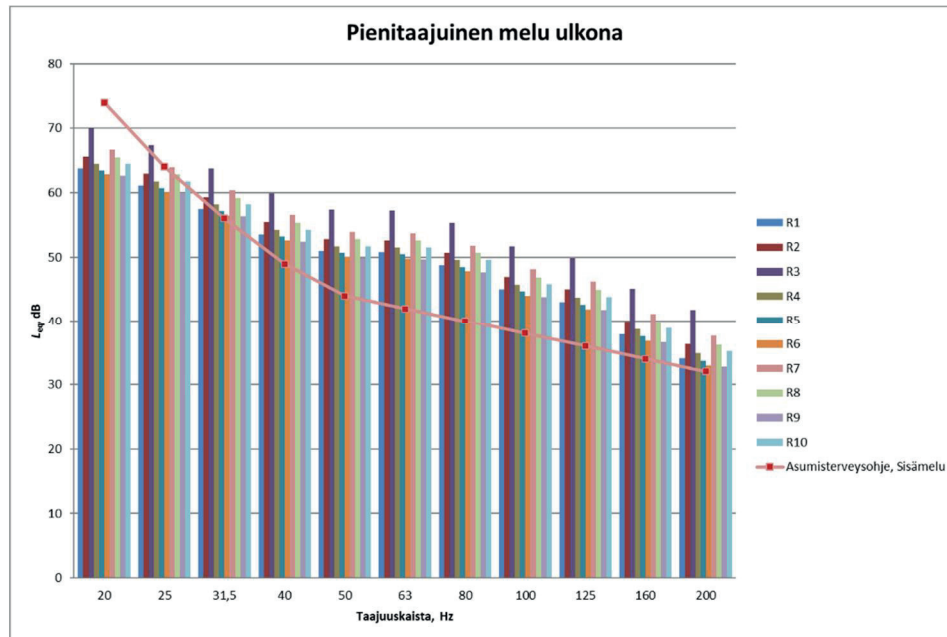
Reseptori	VE1	VE2	VE3
	$L_{Aeq,T}$ dB	$L_{Aeq,T}$ dB	$L_{Aeq,T}$ dB
R1	36,4	35,8	27,0
R2	38,7	36,5	34,5
R3	45,5	44,8	37,5
R4	37,1	27,6	36,6
R5	35,9	24,8	35,6
R6	35,2	23,9	34,8
R7	40,1	38,4	35,4
R8	38,5	37,1	32,7
R9	35,0	34,7	24,0
R10	37,9	37,7	25,0

4.2 Pienitaajuinen melu

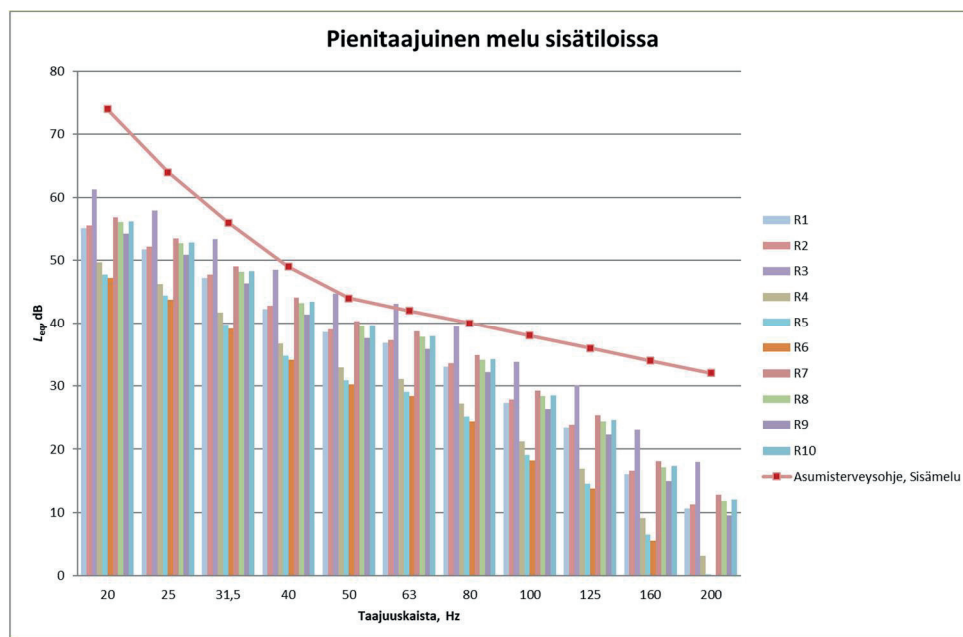
Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin reseptoripisteisiin R1–R10. Taajuuspainottamattomat melutasot sisällä ja ulkona on esitetty kuvissa 2 ja 3 Laulurämeen vaihtoehdolle VE1, kuvissa 4 ja 5 vaihtoehdolle VE2 ja kuvissa 6 ja 7 vaihtoehdolle VE3.



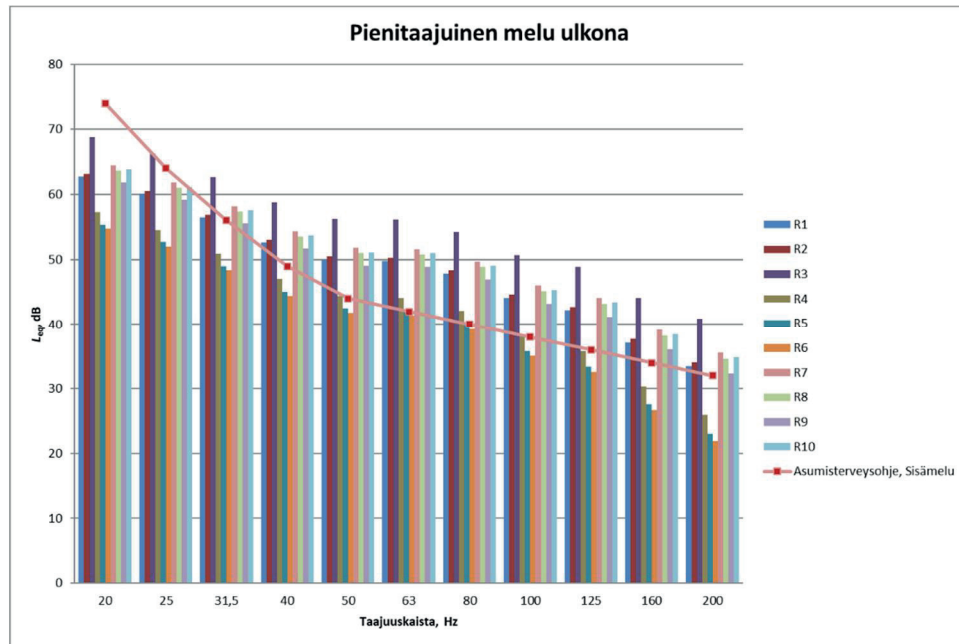
Kuva 2. VE1 pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä



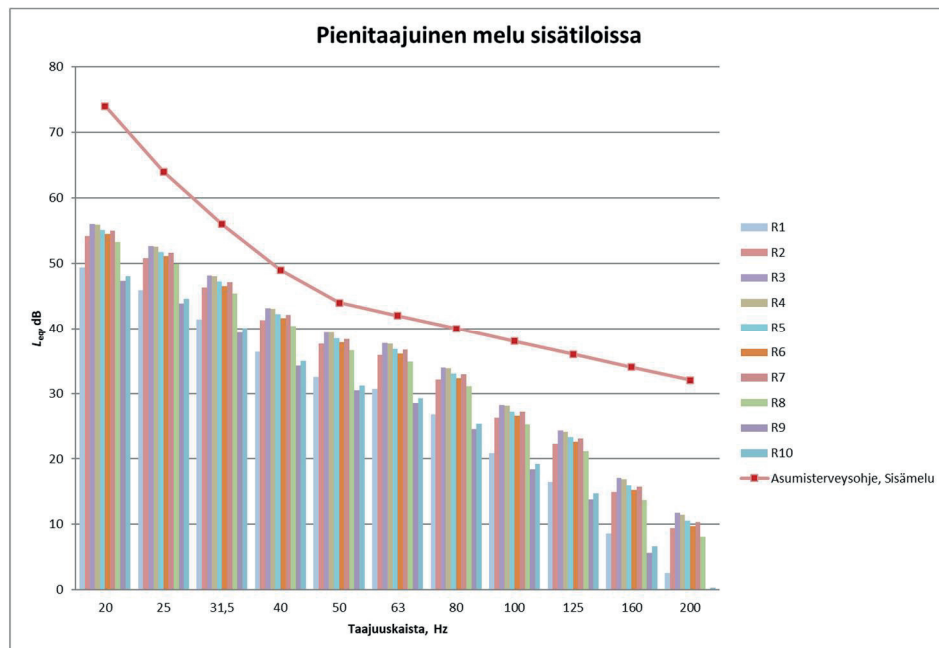
Kuva 3. VE1 pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä



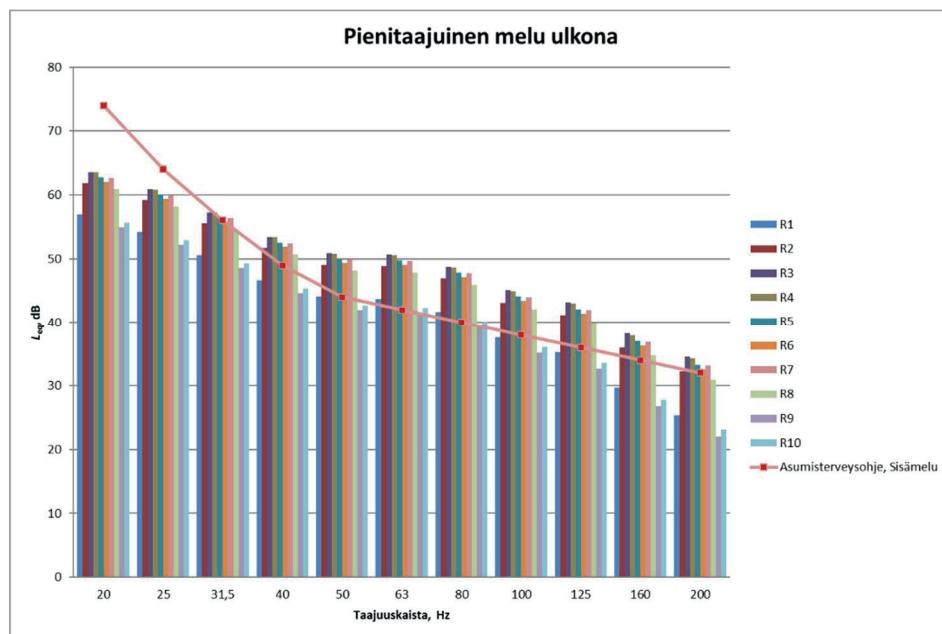
Kuva 4. VE2 pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä



Kuva 5. VE2 pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä



Kuva 4. VE3 pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä



Kuva 5. VE3 pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä

Reseptoripisteen R3 osalta ulkomelutaso ylittää 40 dB vaihtoehdoissa VE1 ja VE2, näissä vaihtoehdoissa ylittävät myös Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaiset pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajat. Vaihtoehdon VE1 osalta ylitys on 1–2 dB taajuuksilla 40–80 Hz ja vaihtoehdon VE2 osalta ylitys on 1 dB taajuuksilla 50–63 Hz. Vaihtoehdossa VE3 reseptoripisteen R3 laskentatulosta asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin verrattessa, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) välillä 31,5–200 Hz ovat 1–9 dB. Taajuuskaistoilla 20–25 Hz jo ulos lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat.

Verrattaessa muiden reseptoripisteiden laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) välillä 31,5–200 Hz ovat vaihtoehdossa VE1 1–12 dB, vaihtoehdossa VE2 1–10 dB ja vaihtoehdossa VE3 1–9 dB. Taajuuskaistoilla 20–25 Hz jo ulos lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat vaihtoehdoissa VE1, VE2 ja VE3.

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

Kun huomioidaan ulkoseinän ääneneneristävyys Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksessa mainittujen arvojen mukaisesti, alittavat terssikohtaiset melutasot toimenpiderajat kaikissa reseptoripisteissä paitsi reseptoripisteen R3 osalta. 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

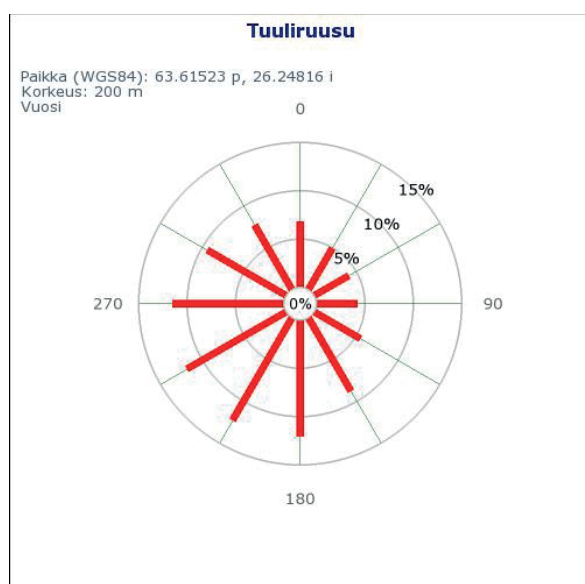
Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyysskorjaus +5 dB tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen, mikäli melun 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 7 m/s tai sitä suuremmalla tuulennopeudella (referenssikorkeudella 10 m maanpinnasta). 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. Laulurämeen 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.

Mallinnusten mukaan Laulurämeen vaihtoehdossa VE1 kahden reseptoripisteen (R3 ja R7) osalta ylitetään 40 dB. Vaihtoehdossa VE2 ylitetään 40 dB reseptoripisteen (R3) osalta. Vaihtoehdossa VE3 osalta ei ylitetä 40 dB yhdessäkään reseptoripisteessä.

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 niiden ympäristön rakennusten kohdalla, joissa myös alitetaan 40 dB ulkomelutaso.

Lisäksi toimenpiderajat alittuvat reseptoripisteessä R7, jonka ulkomelutaso vaihtoehdossa VE1 oli 40,1 dB.

Reseptoripisteellä R3, 40 dB ulkomelutason ylittyessä vaihtoehdoissa VE1 ja VE2, ylittyvät myös Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaiset pieni- taajuisen melun yöajan toimenpiderajat 1–2 dB taajuuksilla 40–80 Hz reseptoripisteestä ja mallinnustilanteesta riippuen.

Arvioidut sisämelun kokonaistasot alittavat 545/2015 sisämelun toimenpiderajan LAeq 1h 25 dB.

Laatija: Viivi Nieminen, Ramboll Finland Oy
Päivämäärä: 17/11/2022

Hankevastaava: Winda Energy Oy
Hankealue: Lauluräme

Mallinnusohjelman tiedot

Mallinnusohjelma ja versio: SoundPlan 8.2
Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2

Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

Nordex N163/6.X, Serrated Trailing Edge

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Nordex	N163/6.X	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
6,7 MW	220 m	max. 200 m	Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
☐ Kyllä	☐ Kyllä	Noise modes 1-17
☐ Ei	☐ Ei	
☒ Ei ilmoitettu	☒ Ei ilmoitettu	

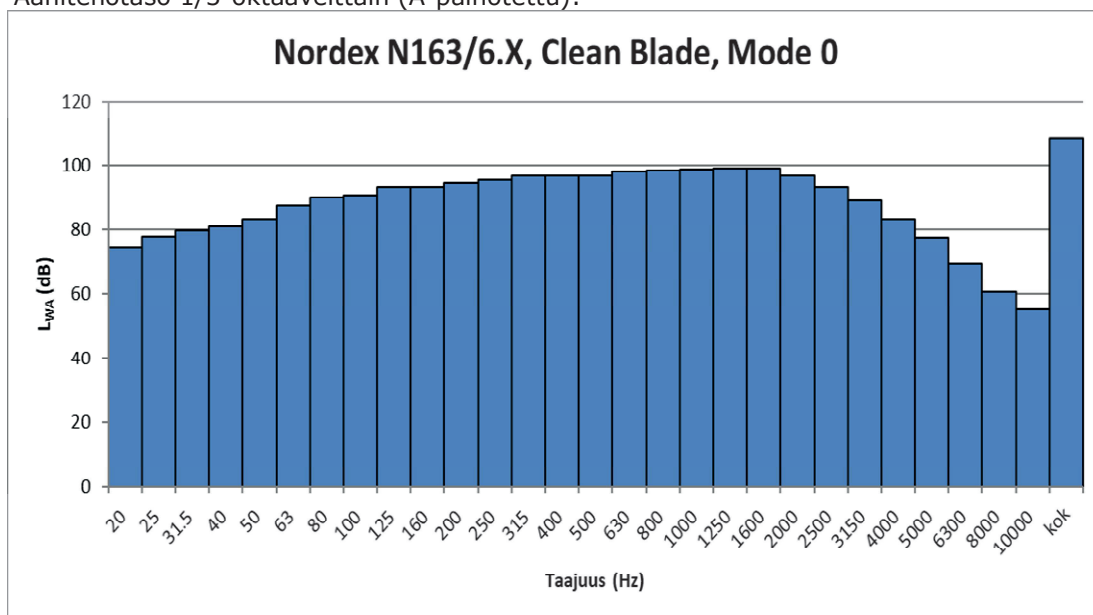
Äänitehotaso L_{WA} tuulennopeudella >7 m/s (10 m korkeudella maanpinnasta):

108,6 dB ☐ Takuuarvo

Suurin äänitehotaso L_{WA} :

108,6 dB + 2 dB (Uc) ☒ Takuuarvo Mode 0 (clean blade)

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:

4 metriä

Laskentaruudukon koko:

20*20 metriä

Sääolosuhteet

Suhteellinen kosteus:

70 %

Lämpötila:

15 °C

Maastomalli

Maastomallin lähde:

Maanmittauslaitos, Maastotietokanta

Vaakaresoluutio:

-

Pystyresoluutio:

2,5 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

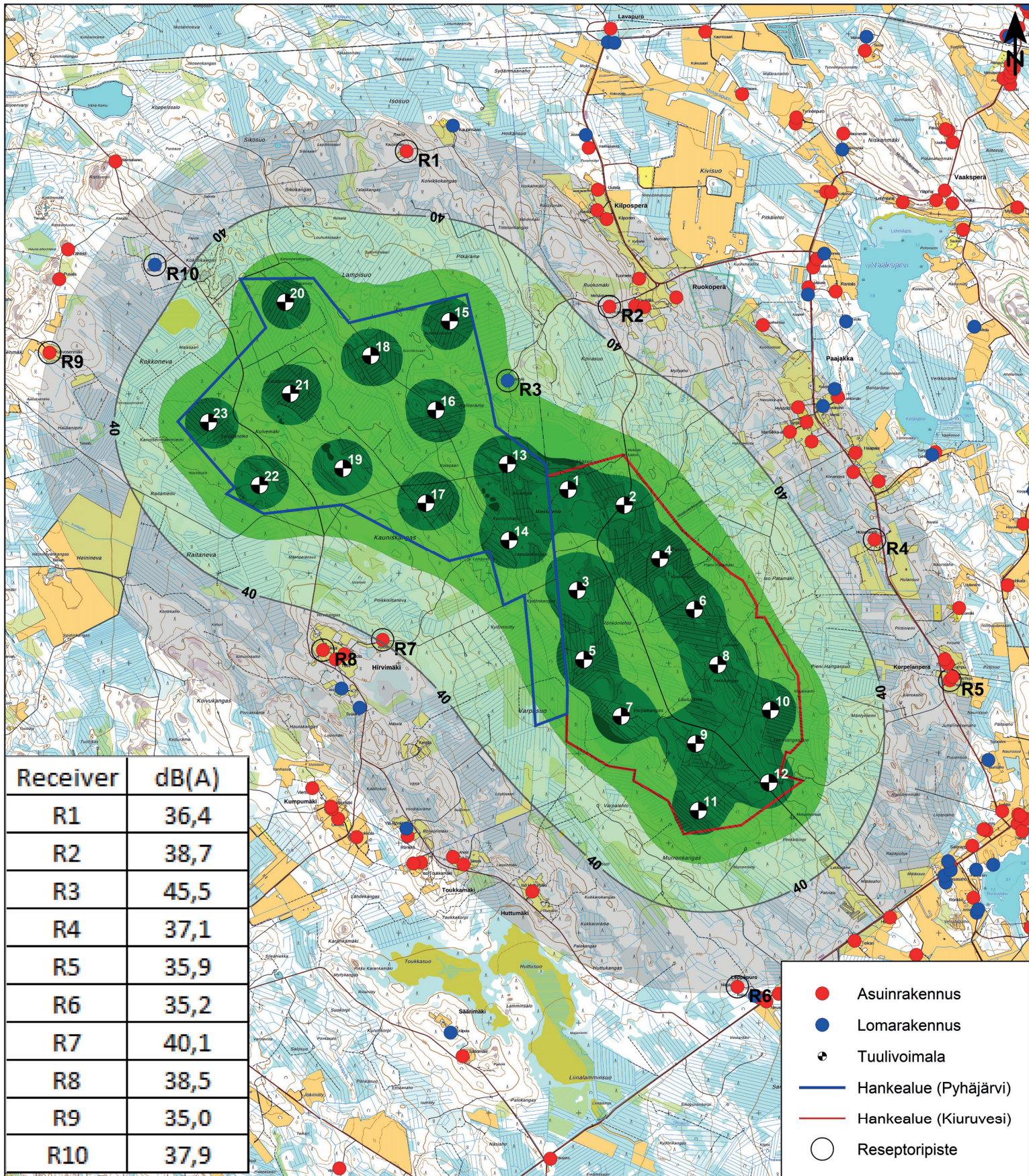
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus

Neutraali 0 neutraali - stabiili sääolosuhde

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

☒ Vapaa avaruus

☐ Muu



RAMBOLL

Winda Energy Oy
melumallinnus

Lauluräme

VE1

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

Nordex 163/6.X

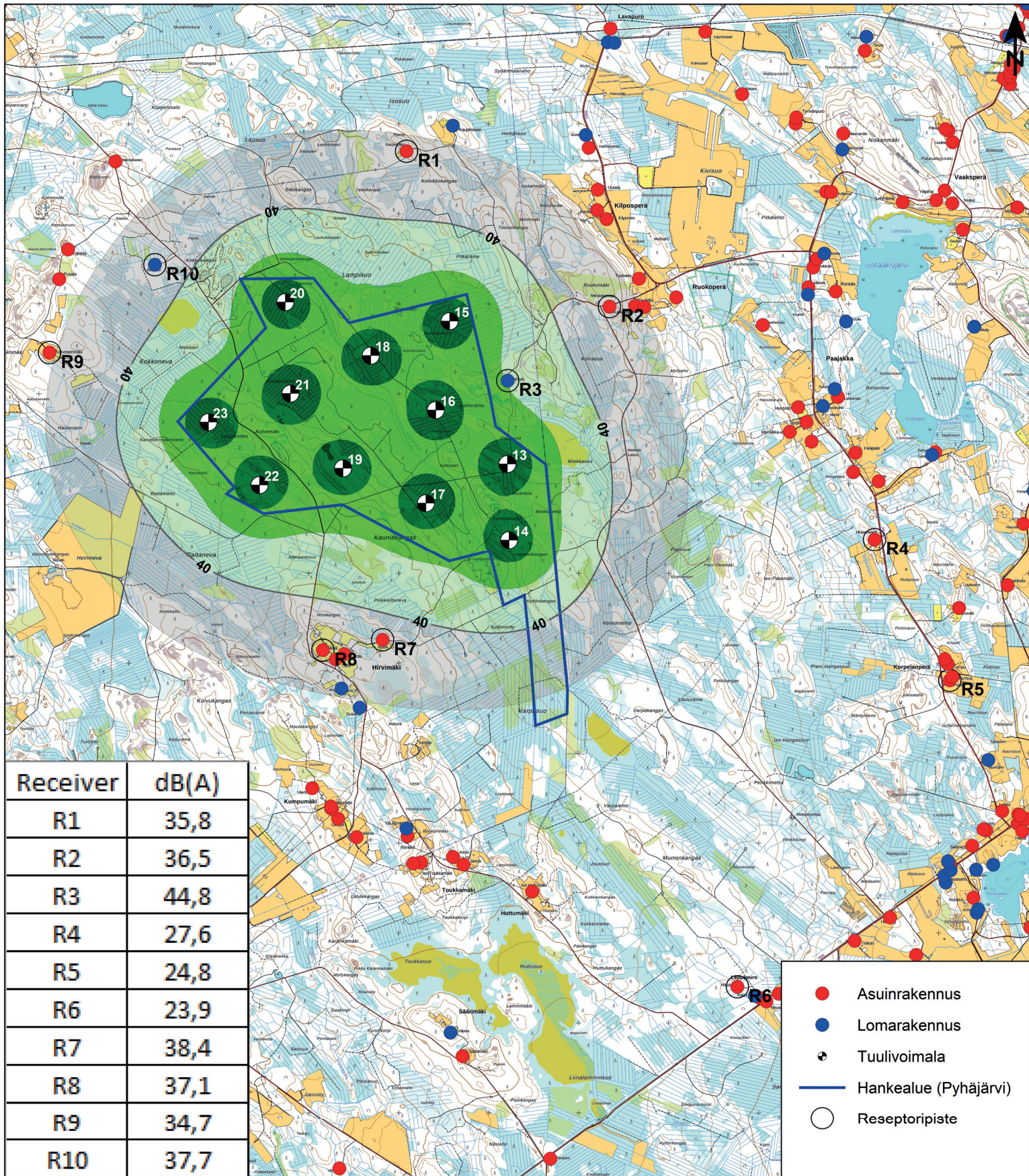
-HH = 220m

- L_{WA} = 108,6 dB (clean blade) + 2,0 dB U_c

Mittakaava/skala (A3) 1:40000

0 700 1400 2100 2800 m

11/11/2022 VINIE



RAMBOLL

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

Winda Energy Oy
melumallinnus

Lauluräme

VE2

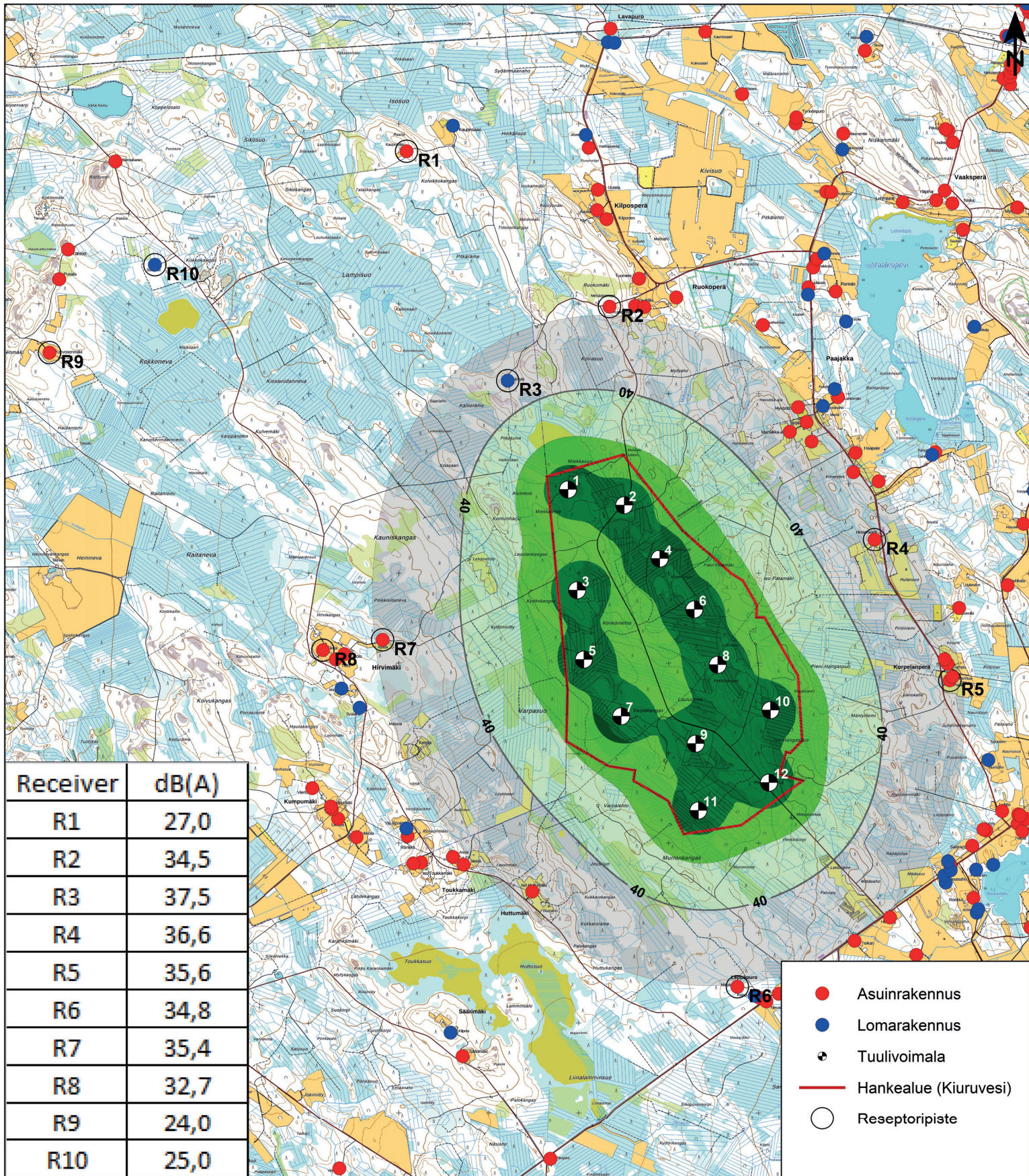
Nordex 163/6.X
-HH = 220m
- L_{WA} = 108,6 dB (clean blade) + 2,0 dB Uc

Äänitaso
dB(A)

50 < ≤ 50
45 < ≤ 45
40 < ≤ 40
35 < ≤ 35

Mittakaava/skala (A3) 1:40000
0 700 1400 2100 2800
m

11/11/2022 VINIE



RAMBOLL

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

Nordex 163/6.X

-HH = 220m

- L_{WA} = 108,6 dB (clean blade) + 2,0 dB U_c

Winda Energy Oy
melumallinnus

Lauluräme

VE3

Mittakaava/skala (A3) 1:40000

0 700 1400 2100 2800 m

11/11/2022 VINIE

Äänitaso
dB(A)

50 < ≤ 50
45 < ≤ 45
40 < ≤ 40
35 < ≤ 35