

Vastaanottaja
Winda Energy Oy

Asiakirjatyyppe
Raportti

Päivämäärä
14.11.2023

Viite
1510071439-001

TUOHIRÄMEEN JA LINNANHARJUN TUULIVOIMAHANKE MELUMALLINNUS

Päivämäärä **14.11.2023**
Laatija **Ville Virtanen**
Tarkastaja **Jari Hosiokangas**

Tuulivoimahankkeen meluselvitys

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 8/2023 aineistoa.

Viite 1510071439-001

SISÄLTÖ

1.	YLEISTÄ	3
2.	MELUN OHJEARVOT	3
2.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	3
2.2	Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa	4
3.	MELUMALLINNUKSEN TIEDOT	4
3.1	Tuulivoimalatiedot	4
3.2	Melulaskenta	6
3.3	Maastomalli ja rakennustiedot	7
4.	TULOKSET	7
4.1	Mallinnustulokset	7
4.2	Pienitaajuinen melu	9
5.	TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	9
5.1	Melun erityispiirteet ja häiritsevyysskorjaukset	9
5.2	Alueen tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun	9
5.3	Melutasot verrattuna ohjearvoihin	10

LIITTEET

Liite 1	Laskentaparametrit ja tuulivoimaloiden akustiset tiedot
Liite 2	Pienitaajuisen melun tarkastelu reseptoripisteittäin
Liite 3	VE1 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 108,6 dB + 2 dB Uc, HH 195
Liite 4	VE2 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 108,6 dB + 2 dB Uc, HH 195
Liite 5	VE3 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 108,6 dB + 2 dB Uc, HH 195
Liite 6	VE1 Yhteismeluvyöhykkeet Kaukasen kanssa
Liite 7	VE2 Yhteismeluvyöhykkeet Kaukasen kanssa
Liite 8	VE3 Yhteismeluvyöhykkeet Kaukasen kanssa
Liite 9	VE1 Yhteismeluvyöhykkeet Kaukasen sekä Kaukasen laajennuksen kanssa
Liite 10	VE2 Yhteismeluvyöhykkeet Kaukasen sekä Kaukasen laajennuksen kanssa
Liite 11	VE3 Yhteismeluvyöhykkeet Kaukasen sekä Kaukasen laajennuksen kanssa

1. YLEISTÄ

Winda Energy Oy suunnittelee Tuohirämeen ja Linnanharjun alueelle 47 tuulivoimalan tuulivoimahanketta. Voimaloiden kokonaiskorkeus on enintään 295 metriä ja yksikköteho 6–10 MW. Tuulivoimapuiston kokonaisteho on korkeintaan 470 MW.

Tuohirämeen hankealue sijaitsee Kannuksen pohjoisosassa noin 4 km Kannuksen keskustaa-
masta pohjoiseen. Linnanharjun hankealue sijaitsee Kalajoen eteläosassa noin 4 km Hillilän ky-
lästä kaakkoon.

Tässä selvityksessä on mallinnettu tuulivoimalaitosten aiheuttamat melutasot ympäristössä ym-
päristönvaikutusten arviointia varten erikseen sekä yhdessä olemassa olevan Kaukasen tuulipuist-
on, sekä suunnitteilla olevan Kaukasen tuulipuiston laajennuksen kanssa.

Melumallinnus tehtiin Ympäristöministeriön hallinnon ohjeita 2/2014 ”Tuulivoimaloiden melun
mallintaminen” raportin mukaisilla laskentaparametreilla. Koska kyseessä on ympäristövaikutus-
ten 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 Winda Energy Oy:n toimeksiannosta. Meluselvityksen laatimisesta ja meluvaikutus-
ten 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 tuulivoimaloi-
den ulkomelutason ohjearvot. Ohjearvot on annettu absoluuttisina lukuarvoina, joissa ei huomi-
oida taustamelua. Asetusta sovelletaan maankäyttö- ja rakennusalan mukaisessa maankäytön ja
rakentamisen suunnittelussa, lupamenettelyissä ja valvonnassa sekä ympäristönsuojelulain mu-
kaisessa lupamenettelyssä ja valvonnassa.

Tuulivoimalan toiminnasta aiheutuvan melupäästön takuuarvon perusteella määritelty laskennal-
linen melutaso ja valvonnan yhteydessä mitattu melutason eivät saa ulkona ylittää melulle altis-
tuvalla 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 saatua 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 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 Nordex N163/6.XMW laitostmallilla. Napakorkeutena mallinnuksessa oli 195 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 laitostmallin 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 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.

Olemassa olevan Kaukasen tuulivoimapuiston melumallinnus tehtiin Vestas V162-6.2MW -laitosmallilla (LWA 104,8+2Uc), jonka napakorkeutena mallinnuksessa oli 149 m. Kaukasen laajennuksen laitosmallia ei ole päätetty, joten laitosmallina käytettiin vastaavaa voimalaa kuin Tuohirämeen alueen osalta, Nordex N163/6.XMW.

Taulukko 3. Tuohirämeen tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS-TM35FIN)

X	Y	Z	VE1	VE2	VE3
351007	7092658	56	X	X	-
352031	7094490	64	X	X	-
351740	7093139	64	X	X	-
351394	7094452	64	X	X	-
351265	7095190	65	X	X	-
350746	7095407	67	X	X	-
350149	7095883	63	X	X	-
350807	7093421	57	X	X	-
350305	7094090	56	X	X	-
349756	7094462	51	X	X	-
349190	7094620	49	X	X	-
348851	7095119	49	X	X	-
349571	7095990	52	X	X	-
349514	7096796	60	X	X	-
347810	7096127	47	X	X	-
345610	7097444	50	X	X	-
347212	7096922	49	X	X	-
346662	7097078	56	X	X	-
345213	7097860	49	X	-	X
347928	7097244	46	X	-	X
349133	7097263	60	X	-	X
348507	7098192	57	X	-	X
348394	7098984	45	X	-	X
348261	7099725	47	X	-	X
347591	7099621	42	X	-	X
347772	7097952	42	X	-	X
347298	7098254	44	X	-	X
346393	7098126	41	X	-	X
346040	7098631	40	X	-	X
345762	7099206	35	X	-	X
347285	7100188	43	X	-	X
346843	7101285	44	X	-	X
346422	7101663	44	X	-	X
346037	7102151	43	X	-	X
345022	7100993	31	X	-	X
343312	7100955	40	X	-	X
343569	7100359	42	X	-	X
343831	7099766	41	X	-	X
344298	7100782	32	X	-	X
344601	7099986	39	X	-	X
345337	7100451	32	X	-	X

345817	7100098	32	X	-	X
346607	7100036	37	X	-	X
348575	7096300	47	X	X	-
345081	7099467	40	X	-	X
346777	7099201	35	X	-	X
348443	7097029	47	X	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.

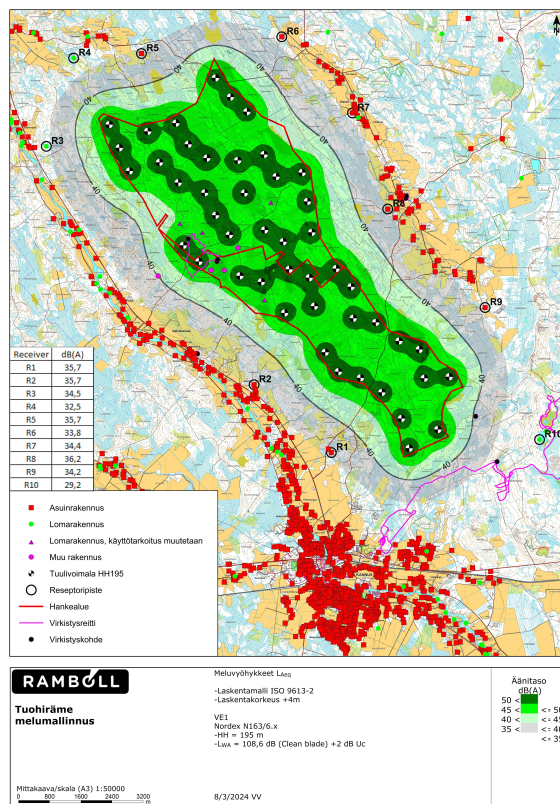
Melumallinnukset on tehty SoundPlan 9.0 -melulaskentaohjelmalla. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta www.soundplan.eu.

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 laskentapisteidien 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 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 laitospäästön Nordex N163/6.X MW -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 ammatti-korkeakoulun tekemässä "The sound insulation of façades at frequencies 5–5000 Hz, Keränen et. al." tutkimuksessa esitettyjen pientalojen julkisivun ilmaääneneristävyyssarvojen 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. VE1, reseptoripisteiden R1-R10 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.

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. Lisäksi kartassa on esitetty värikoodein myös virkistyskohteet. Melukuvissa on esitetty mallinnustulokset ilman mahdollisia häiritsevyys- tai muita korjauksia.

Taulukossa 4 on esitetty mallinnetut melutasot liitteissä 2-4 esitetyissä asuin- ja lomarakennusten reseptoripisteissä Tuohirämeen voimaloiden osalta ja taulukoissa 5-6 yhteismallinnusten osalta.

Taulukko 4. Keskiäänitasot reseptoripisteissä vaihtoehtoisissa VE1, VE2 ja VE3

Reseptori	VE1, L_{Aeq} dB	VE2, L_{Aeq} dB	VE3, L_{Aeq} dB
R1	35,7	35,5	23,3
R2	35,7	34,7	28,6
R3	34,5	19,0	34,3
R4	32,5	16,4	32,4
R5	35,7	19,0	35,6
R6	33,8	19,6	33,6
R7	34,4	24,7	33,8
R8	36,2	31,7	34,3
R9	34,2	33,8	23,8
R10	29,2	29,0	14,1

Taulukko 5. Yhteismallinnuksen keskiäänitasot Kaukasen kanssa reseptoripisteissä vaihtoehtoisissa VE1, VE2 ja VE3

Reseptori	VE1, L_{Aeq} dB	VE2, L_{Aeq} dB	VE3, L_{Aeq} dB
R1	35,8	35,6	24,9
R2	35,8	34,8	28,9
R3	34,4	19,0	34,3
R4	32,5	16,4	32,4
R5	35,7	19,0	35,6
R6	33,8	19,6	33,6
R7	34,4	25,3	33,9
R8	36,3	31,9	34,4
R9	36,3	36,1	32,8
R10	36,8	36,8	36,1

Taulukko 6. Yhteismallinnuksen keskiäänitasot Kaukasen ja Kaukasen laajennuksen kanssa reseptoripisteissä vaihtoehtoisissa VE1, VE2 ja VE3

Reseptori	VE1, L_{Aeq} dB	VE2, L_{Aeq} dB	VE3, L_{Aeq} dB
R1	35,9	35,6	25,3
R2	35,8	34,8	29,0
R3	34,4	19,0	34,3
R4	32,5	16,4	32,4
R5	35,7	19,0	35,6
R6	33,8	19,8	33,6
R7	34,5	25,7	34,0
R8	36,4	32,2	34,6
R9	37,4	37,2	34,8
R10	37,3	37,3	36,6

4.2 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin reseptoripisteisiin R1–R10. Taajuuspainottamattomat melutasot sisällä ja ulkona on esitetty tarkemmin liitteessä 2.

Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin verratessa, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) välillä 40–200 Hz ovat 1–5 dB vaihtoehdossa VE1. Taajuuskaistoilla 20–31,5 Hz jo ulos lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat. Vaihtoehdoissa VE2 ja VE3 vaadittavat äänitasoerot (ΔL) ovat samat kuin vaihtoehdossa VE1 tai alhaisemmat.

Yhteismallinnuksen tilanteista suurimmat melutasot aiheuttavat vaihtoehdon VE1 ja Kaukasen olemassa olevat sekä Kaukasen laajennuksen voimaloiden tilanne. Yöajan toimenpiderajoihin verratessa, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) ovat tässä tilanteessa välillä 40–200 Hz 1–5 dB. Muissa yhteismallinnuksen tilanteissa vaadittavat äänitasoerot (ΔL) ovat samat kuin tässä tai alhaisemmat.

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. 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

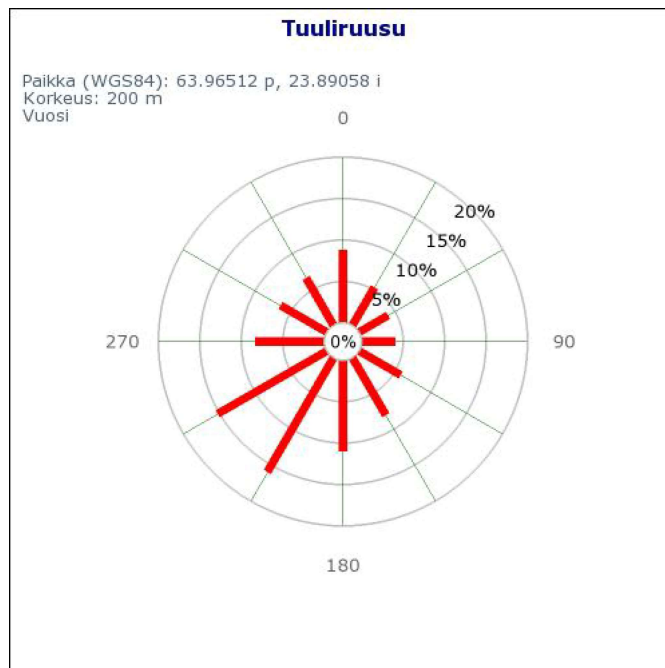
Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyyskorjaus +5 dB tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen, mikäli melun todetaan 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 sykinästä (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. Tuohirämeen tuulipuiston hankealueella vallitsevat tuulensuunta on lounaasta. 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.

Mallinnusten mukaan yhdenkään asuin- tai lomarakennuksen osalta ei ylitetä 40 dB ohjearvoa. Pirttijärven luoteispuolelle sijoittuvalla virkistysreitillä (Pirttijärven eräpolku) ylittyy mallinnusten mukaan virkistysalueiden päivääjän ohjearvo 45 dB.

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) pienitaajuisten melun tasot alittavat sisätiloihin annetut 545/2015 mukaiset toimenpiderajat ympäristön rakennusten kohdalla.

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

Laatija: Ville Virtanen, Ramboll Finland Oy
Päivämäärä: 21/11/2023

Hankevastaava: Winda Energy Oy
Hankealue: Tuohiräme

Mallinnusohjelman tiedot

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

Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

Nordex N163/6.X, Clean blade

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:
Nordex	N163/6.X	-
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:
6,7 MW	195 m	max. 200 m
		Tornin tyyppi:
		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	

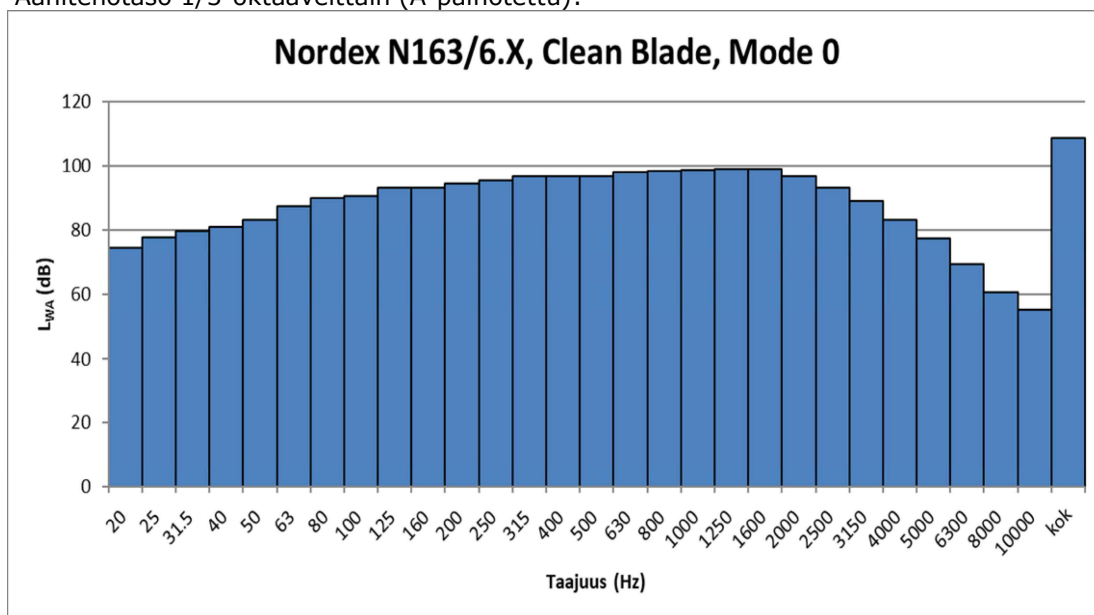
Äänitehotaso L_{WA} tuulennopeudella >7 m/s (10 m korkeudella maanpinnasta):

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 mittaust 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: 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

Pienitaajuinen melu sisätiloissa vaihtoehdossa VE1

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	45	43	41	39	37	33	27	23	21	16	10
R2	45	43	42	40	37	33	28	24	21	16	10
R3	44	42	40	38	36	31	26	22	20	15	9
R4	43	41	39	37	35	30	25	21	19	14	7
R5	45	43	41	39	37	32	27	23	21	16	10
R6	44	42	40	38	36	32	26	22	20	15	9
R7	45	43	41	39	36	32	27	23	20	15	9
R8	46	44	42	40	38	33	28	24	22	17	11
R9	44	42	40	38	36	32	27	22	20	15	9
R10	41	39	37	36	33	29	24	19	17	12	5
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	52	51	50	50	48	46	42	40	40	37	33
R2	53	52	51	50	49	46	43	41	40	38	33
R3	51	50	49	48	47	44	41	39	39	36	31
R4	51	49	48	47	46	43	40	38	37	35	30
R5	52	51	50	49	48	45	42	40	40	37	33
R6	52	50	49	49	47	45	41	39	39	36	31
R7	52	51	50	49	48	45	42	40	39	37	32
R8	53	52	51	50	49	46	43	41	41	38	34
R9	52	50	50	49	47	45	41	39	39	36	32
R10	49	48	47	46	44	42	38	36	35	33	28
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyss korkeimmillaan	-21	-12	-5	1	5	4	3	3	5	4	2
Ääneneristävyyssarvot (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	44	42	40	38	36	32	27	23	20	15	9
R2	44	42	40	38	35	31	26	22	20	15	9
R3	35	33	31	29	26	22	17	12	9	3	-4
R4	34	32	30	28	25	21	15	11	8	2	-6
R5	35	33	31	29	26	22	16	12	9	3	-4
R6	35	33	32	30	27	23	17	13	10	4	-3
R7	38	36	34	32	30	25	20	16	13	8	1
R8	42	40	38	36	34	30	25	20	18	13	7
R9	43	41	39	37	35	31	26	21	19	14	8
R10	40	38	36	35	32	28	23	18	16	11	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	52	50	49	49	47	45	41	39	39	37	32
R2	51	50	49	48	47	44	41	39	39	36	32
R3	42	41	40	39	38	35	31	29	28	24	19
R4	41	40	39	38	37	34	30	27	26	23	17
R5	42	41	40	39	38	35	31	29	28	24	19
R6	43	42	41	40	38	36	32	30	29	25	20
R7	46	44	43	42	41	38	35	33	32	29	24
R8	50	48	47	47	45	43	39	37	37	34	30
R9	51	49	48	48	46	44	40	38	38	35	31
R10	48	47	46	45	43	41	38	35	35	32	27
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyss korkeimmillaan	-22	-14	-7	0	3	3	1	1	3	3	0
Ääneneristävyyssarvot (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 VE3

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	37	35	34	32	29	25	19	15	12	7	0
R2	45	43	41	40	37	33	28	24	21	16	10
R3	43	41	40	38	35	31	26	22	19	14	8
R4	43	41	39	37	34	30	25	21	18	13	7
R5	45	43	41	39	36	32	27	23	21	16	10
R6	44	42	40	38	36	31	26	22	20	15	8
R7	45	43	41	39	36	32	27	23	20	15	9
R8	45	43	42	40	37	33	28	24	21	16	10
R9	44	42	40	38	36	32	26	22	20	15	9
R10	44	42	40	38	36	32	27	22	20	15	9
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE3

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	45	44	43	42	40	38	34	32	31	28	22
R2	53	52	51	50	49	46	43	40	40	37	33
R3	51	50	49	48	47	44	41	38	38	35	31
R4	50	49	48	47	46	43	40	38	37	34	30
R5	52	51	50	49	48	45	42	40	39	37	32
R6	51	50	49	48	47	44	41	39	38	36	31
R7	52	51	50	49	48	45	42	40	39	36	32
R8	53	52	51	50	49	46	43	41	40	38	33
R9	52	50	49	49	47	45	41	39	39	36	31
R10	52	50	49	49	47	45	41	39	39	36	32
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyss korkeimmillaan	-21	-12	-5	1	5	4	3	3	4	4	1
Ääneneristävyyssarvot (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, kun Kaukanen huomioitu

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	45	43	41	39	37	33	28	24	21	16	10
R2	45	44	42	40	37	33	28	24	21	17	10
R3	44	42	40	38	36	31	26	22	20	15	9
R4	43	41	39	37	35	30	25	21	19	14	7
R5	45	43	41	39	37	32	27	23	21	16	10
R6	44	42	40	38	36	32	26	22	20	15	9
R7	45	43	41	39	36	32	27	23	20	15	9
R8	46	44	42	40	38	34	28	24	22	17	11
R9	44	42	40	38	36	32	27	23	20	15	9
R10	41	39	38	36	33	29	24	20	17	12	5
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE1, kun Kaukanen huomioitu

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	53	51	50	50	48	46	43	40	40	37	33
R2	53	52	51	50	49	46	43	41	40	38	33
R3	51	50	49	48	47	44	41	39	39	36	31
R4	51	49	48	47	46	43	40	38	37	35	30
R5	52	51	50	49	48	45	42	40	40	37	33
R6	52	50	49	49	47	45	41	39	39	36	31
R7	52	51	50	49	48	45	42	40	39	37	32
R8	53	52	51	50	49	47	43	41	41	38	34
R9	52	51	50	49	47	45	42	39	39	36	32
R10	49	48	47	46	45	42	39	36	36	33	28
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyss korkeimmillaan	-21	-12	-5	1	5	5	3	3	5	4	2
Ääneneristävyyssarvot (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, kun Kaukanen huomioitu											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	44	42	40	39	36	32	27	23	20	16	10
R2	44	42	40	38	36	32	27	22	20	15	9
R3	35	33	31	29	26	22	17	12	9	3	-4
R4	34	32	30	28	25	21	16	11	8	2	-6
R5	35	33	31	29	26	22	17	12	9	3	-4
R6	36	33	32	30	27	23	17	13	10	4	-3
R7	38	36	34	32	30	25	20	16	13	8	1
R8	42	40	38	36	34	30	25	20	18	13	7
R9	43	41	39	37	35	31	26	22	19	14	8
R10	40	38	37	35	32	28	23	19	16	11	5
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE2, kun Kaukanen huomioitu											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	52	50	50	49	47	45	42	40	39	37	32
R2	51	50	49	48	47	45	41	39	39	36	32
R3	42	41	40	39	38	35	31	29	28	24	19
R4	41	40	39	38	37	34	30	28	27	23	17
R5	42	41	40	39	38	35	31	29	28	24	19
R6	43	42	41	40	38	36	32	30	29	25	20
R7	46	44	43	43	41	38	35	33	32	29	24
R8	50	48	47	47	45	43	39	37	37	34	30
R9	51	49	48	48	46	44	41	38	38	35	31
R10	48	47	46	45	44	41	38	36	35	32	28
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyss korkeimmillaan	-22	-14	-6	0	3	3	2	2	3	3	0
Ääneneristävyyssarvot (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 VE3, kun Kaukanen huomioitu											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	38	36	34	32	30	26	21	17	13	8	1
R2	41	39	37	35	32	28	23	19	16	11	4
R3	43	41	39	38	35	31	26	22	19	14	8
R4	42	40	38	37	34	30	25	21	18	13	7
R5	44	42	41	39	36	32	27	23	20	16	10
R6	43	41	39	37	35	31	26	21	19	14	8
R7	43	41	40	38	35	31	26	22	19	14	8
R8	43	41	40	38	35	31	26	22	20	15	8
R9	38	36	34	32	30	25	20	16	13	7	1
R10	35	33	31	29	26	22	18	13	10	4	-3
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE3, kun Kaukanen huomioitu											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	46	44	43	42	41	39	36	33	32	29	24
R2	48	47	46	45	44	41	38	36	35	32	27
R3	51	50	49	48	46	44	41	38	38	36	31
R4	50	49	48	47	45	43	40	37	37	34	30
R5	52	51	50	49	48	45	42	40	39	37	32
R6	51	49	49	48	46	44	40	38	38	35	31
R7	51	50	49	48	47	44	41	39	38	36	31
R8	51	50	49	48	47	44	41	39	38	36	31
R9	46	44	43	42	41	38	35	33	32	29	23
R10	43	41	40	39	38	35	32	30	28	25	19
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyss korkeimmillaan	-22	-13	-6	0	4	3	2	2	3	3	0
Ääneneristävyyssarvot (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, kun Kaukanen ja Kaukasen laajennus huomioitu											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	45	43	41	39	37	33	28	24	21	16	10
R2	46	44	42	40	37	33	28	24	22	17	10
R3	44	42	40	38	36	31	26	22	20	15	9
R4	43	41	39	37	35	30	25	21	19	14	7
R5	45	43	41	39	37	32	27	23	21	16	10
R6	44	42	40	38	36	32	26	22	20	15	9
R7	45	43	41	39	36	32	27	23	20	15	9
R8	46	44	42	40	38	34	28	24	22	17	11
R9	44	42	40	38	36	32	27	23	20	15	9
R10	41	39	38	36	33	29	24	20	17	12	5
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

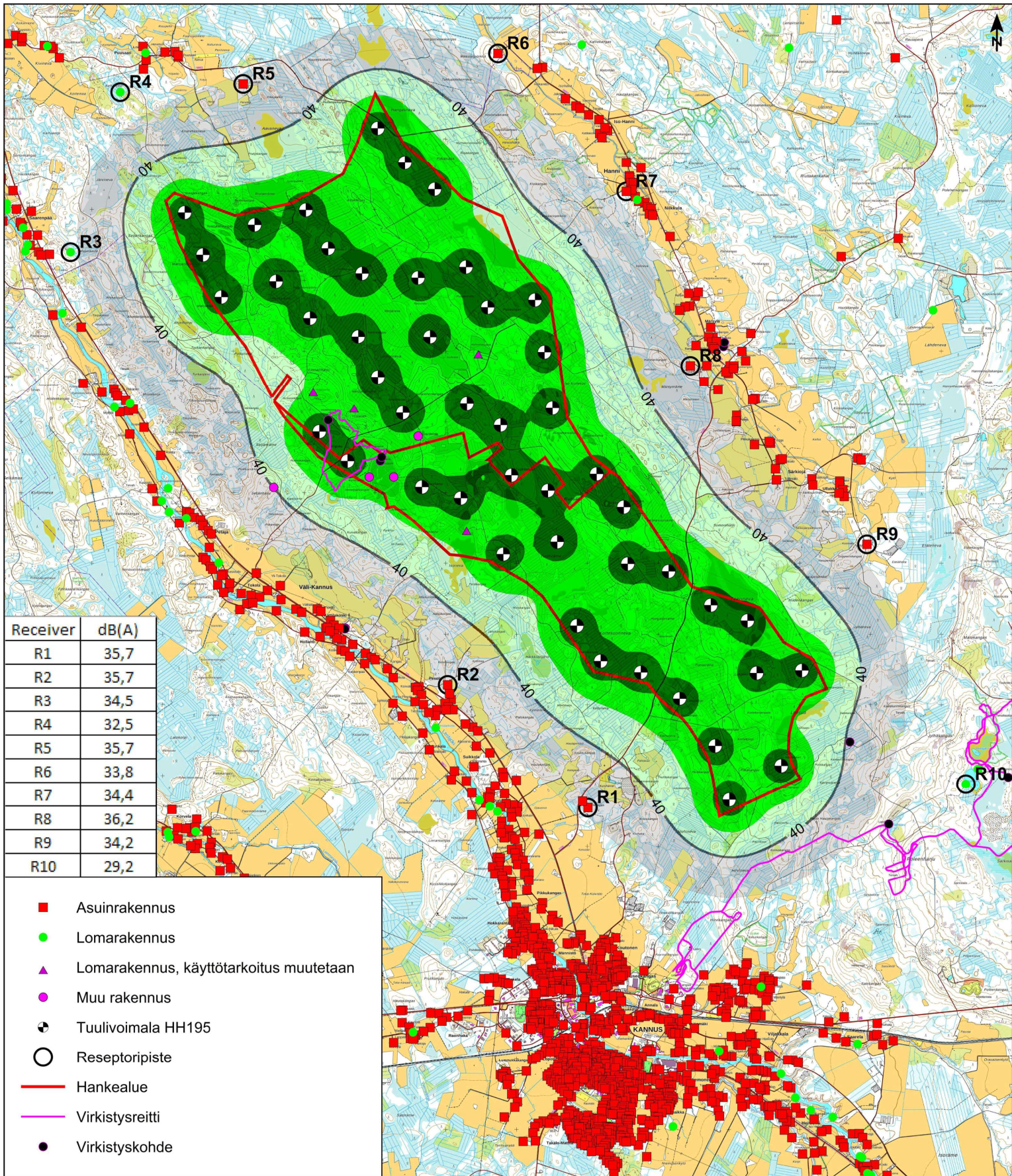
Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE1, kun Kaukanen ja Kaukasen laajennus huomioitu											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	53	51	51	50	48	46	43	40	40	37	33
R2	53	52	51	50	49	46	43	41	40	38	33
R3	51	50	49	48	47	44	41	39	39	36	31
R4	51	49	48	47	46	43	40	38	37	35	30
R5	52	51	50	49	48	45	42	40	40	37	33
R6	52	50	49	49	47	45	41	39	39	36	31
R7	52	51	50	49	48	45	42	40	39	37	32
R8	53	52	51	50	49	47	43	41	41	38	34
R9	52	51	50	49	47	45	42	39	39	36	32
R10	49	48	47	46	45	42	39	36	36	33	28
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyss korkeimmillaan	-21	-12	-5	1	5	5	3	3	5	4	2
Ääneneristävyyssarvot (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, kun Kaukanen ja Kaukasen laajennus huomioitu											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	44	42	40	39	36	32	27	23	21	16	10
R2	44	42	40	38	36	32	27	23	20	15	9
R3	35	33	31	29	26	22	17	12	9	3	-4
R4	34	32	30	28	25	21	16	11	8	2	-6
R5	35	33	31	29	26	22	17	12	9	3	-4
R6	36	33	32	30	27	23	17	13	10	4	-3
R7	38	36	34	32	30	25	20	16	13	8	1
R8	42	40	38	36	34	30	25	20	18	13	7
R9	43	41	39	37	35	31	26	22	19	14	8
R10	40	38	37	35	32	28	23	19	16	11	5
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE2, kun Kaukanen ja Kaukasen laajennus huomioitu											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	52	51	50	49	48	45	42	40	39	37	32
R2	52	50	49	49	47	45	42	39	39	36	32
R3	42	41	40	39	38	35	31	29	28	24	19
R4	41	40	39	38	37	34	30	28	27	23	17
R5	42	41	40	39	38	35	31	29	28	24	19
R6	43	42	41	40	38	36	32	30	29	25	20
R7	46	44	43	43	41	38	35	33	32	29	24
R8	50	48	47	47	45	43	39	37	37	34	30
R9	51	49	48	48	46	44	41	38	38	35	31
R10	48	47	46	45	44	41	38	36	35	32	28
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyss korkeimmillaan	-22	-13	-6	0	4	3	2	2	3	3	0
Ääneneristävyyssarvot (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 VE3, kun Kaukanen ja Kaukasen laajennus huomioitu											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	39	37	35	33	30	26	21	17	14	8	1
R2	41	39	37	35	33	29	24	19	17	11	5
R3	43	41	39	38	35	31	26	22	19	14	8
R4	42	40	38	37	34	30	25	21	18	13	7
R5	44	42	41	39	36	32	27	23	20	16	10
R6	43	41	39	37	35	31	26	21	19	14	8
R7	43	41	40	38	35	31	26	22	19	14	8
R8	43	41	40	38	35	31	26	22	20	15	8
R9	38	36	34	32	30	25	20	16	13	7	1
R10	35	33	31	29	26	22	18	13	10	4	-3
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa vaihtoehdossa VE3, kun Kaukanen ja Kaukasen laajennus huomioitu											
Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	46	45	44	43	42	39	36	34	33	29	24
R2	49	48	47	46	44	42	39	36	35	32	27
R3	51	50	49	48	46	44	41	38	38	36	31
R4	50	49	48	47	45	43	40	37	37	34	30
R5	52	51	50	49	48	45	42	40	39	37	32
R6	51	49	49	48	46	44	40	38	38	35	31
R7	51	50	49	48	47	44	41	39	38	36	31
R8	51	50	49	48	47	44	41	39	38	36	31
R9	46	44	43	42	41	38	35	33	32	29	23
R10	43	41	40	39	38	35	32	30	28	25	19
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyden korkeimmillaan	-22	-13	-6	0	4	3	2	2	3	3	0
Ääneneristävyyssarvot (äänitasoero ΔL)	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8



RAMBOLL

Tuohiräme melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

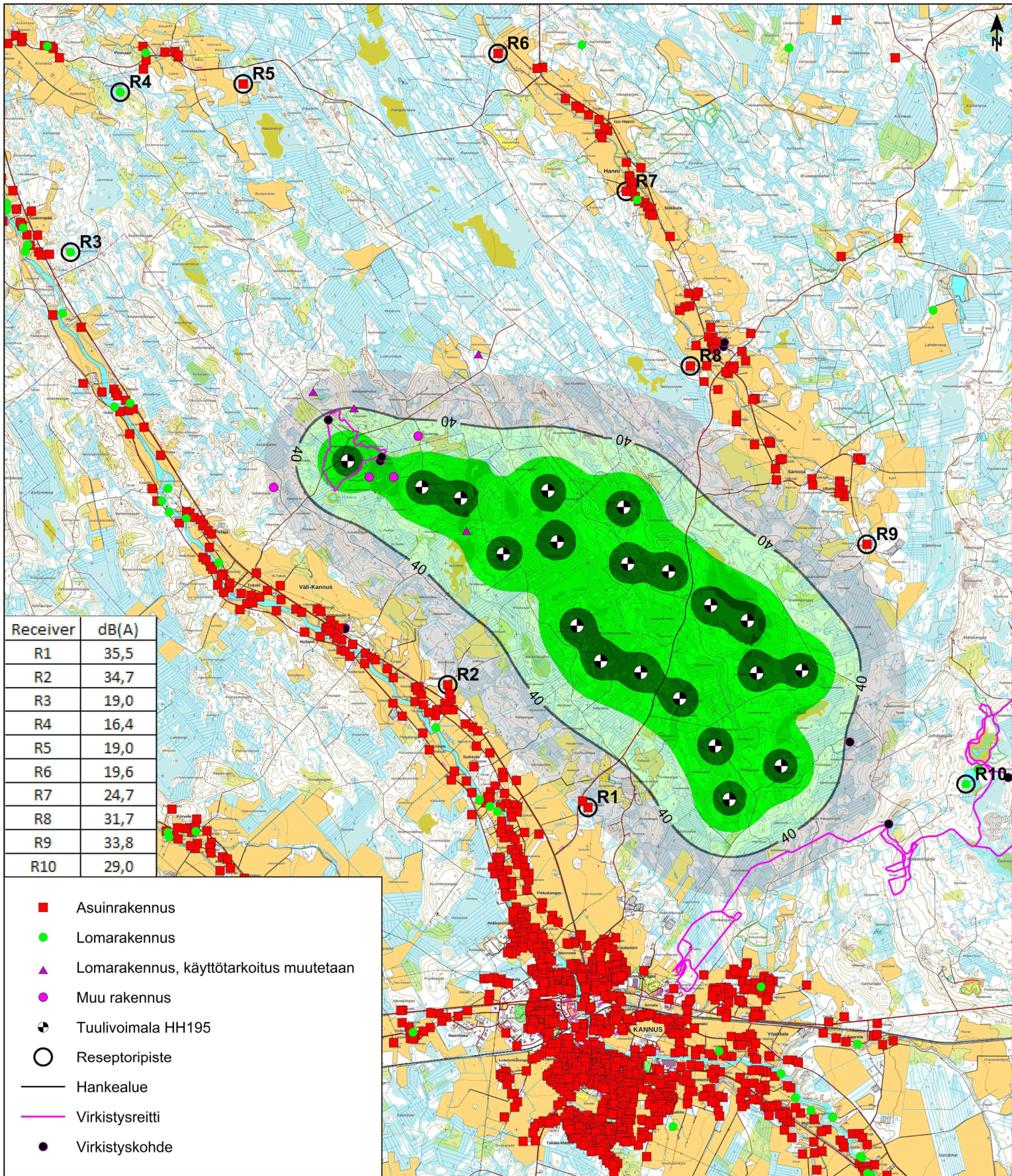
VE1
Nordex N163/6.x
-HH = 195 m
-L_{WA} = 108,6 dB (Clean blade) +2 dB Uc

Äänitaso
dB(A)

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

Mittakaava/skala (A3) 1:50000
0 800 1600 2400 3200
m

8/3/2024 VV



RAMBOLL

Tuohiräme melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

VE2
Nordex N163/6.x
-HH = 195 m
-L_{WA} = 108,6 dB (Clean blade) +2 dB Uc

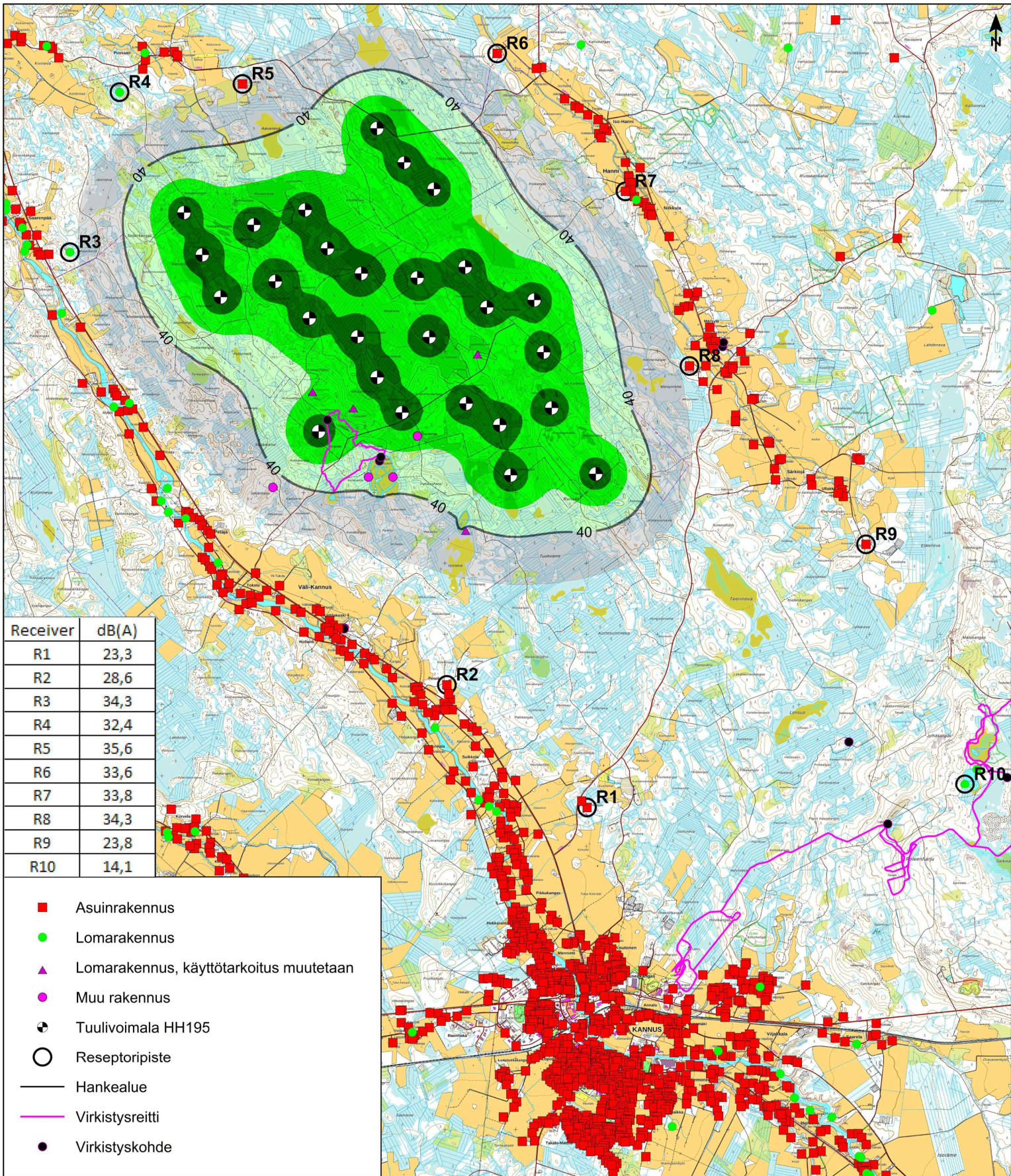
Äänitaso
dB(A)

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

Mittakaava/skala (A3) 1:50000

0 800 1600 2400 3200 m

8/3/2024 VV



RAMBOLL

Tuohiräme melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

VE3
Nordex N163/6.x
-HH = 195 m
-L_{WA} = 108,6 dB (Clean blade) +2 dB Uc

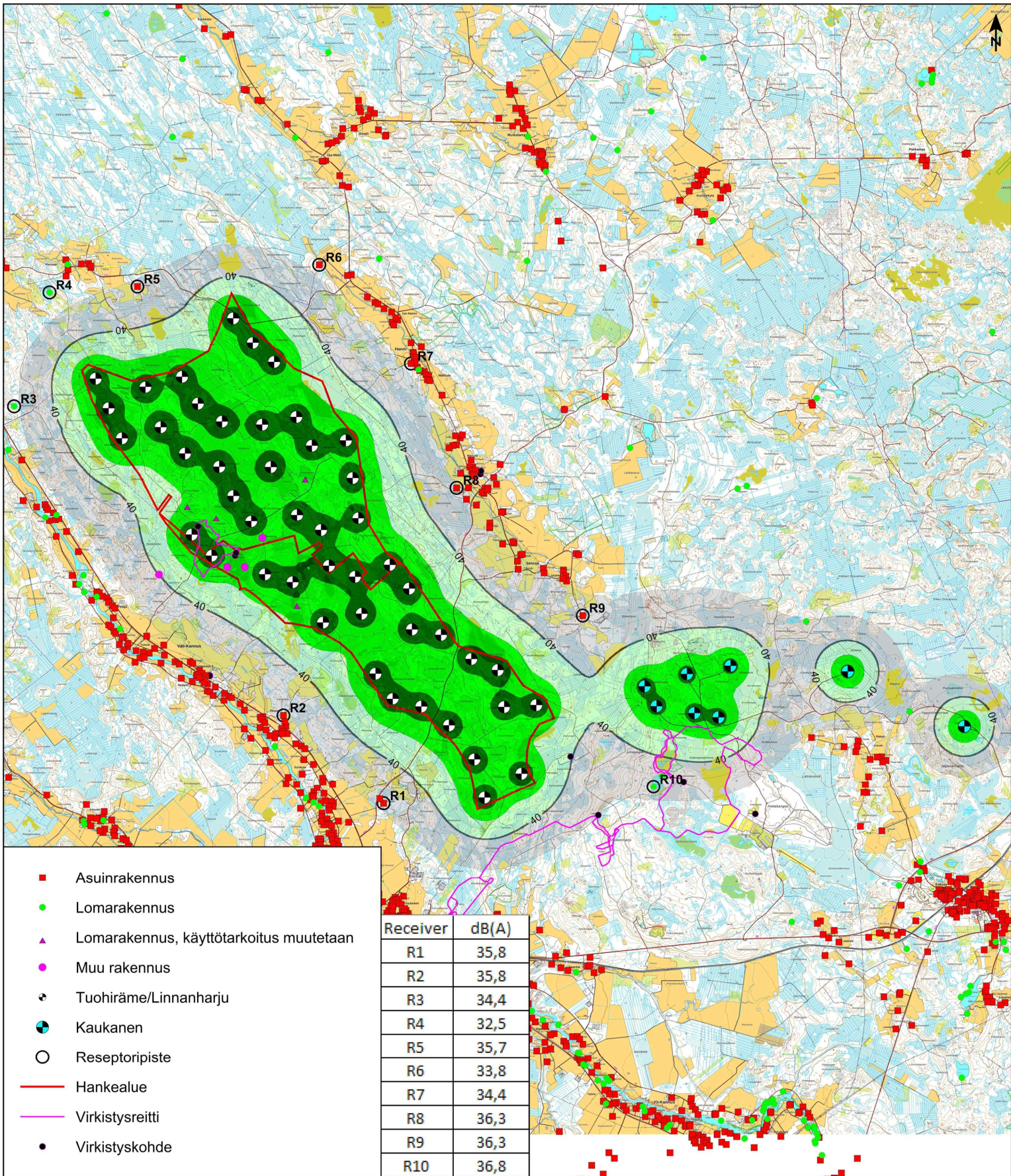
Äänitaso
dB(A)

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

Mittakaava/skala (A3) 1:50000

0 800 1600 2400 3200 m

8/3/2024 VV



RAMBOLL

Tuohiräme melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

VE1

Nordex N163/6.x

-HH = 195 m

- L_{WA} = 108,6 dB (Clean blade) + 2 dB Uc

Kaukanen 8kpl

-HH = 149 m

- L_{WA} = 104,8 dB + 2 dB Uc

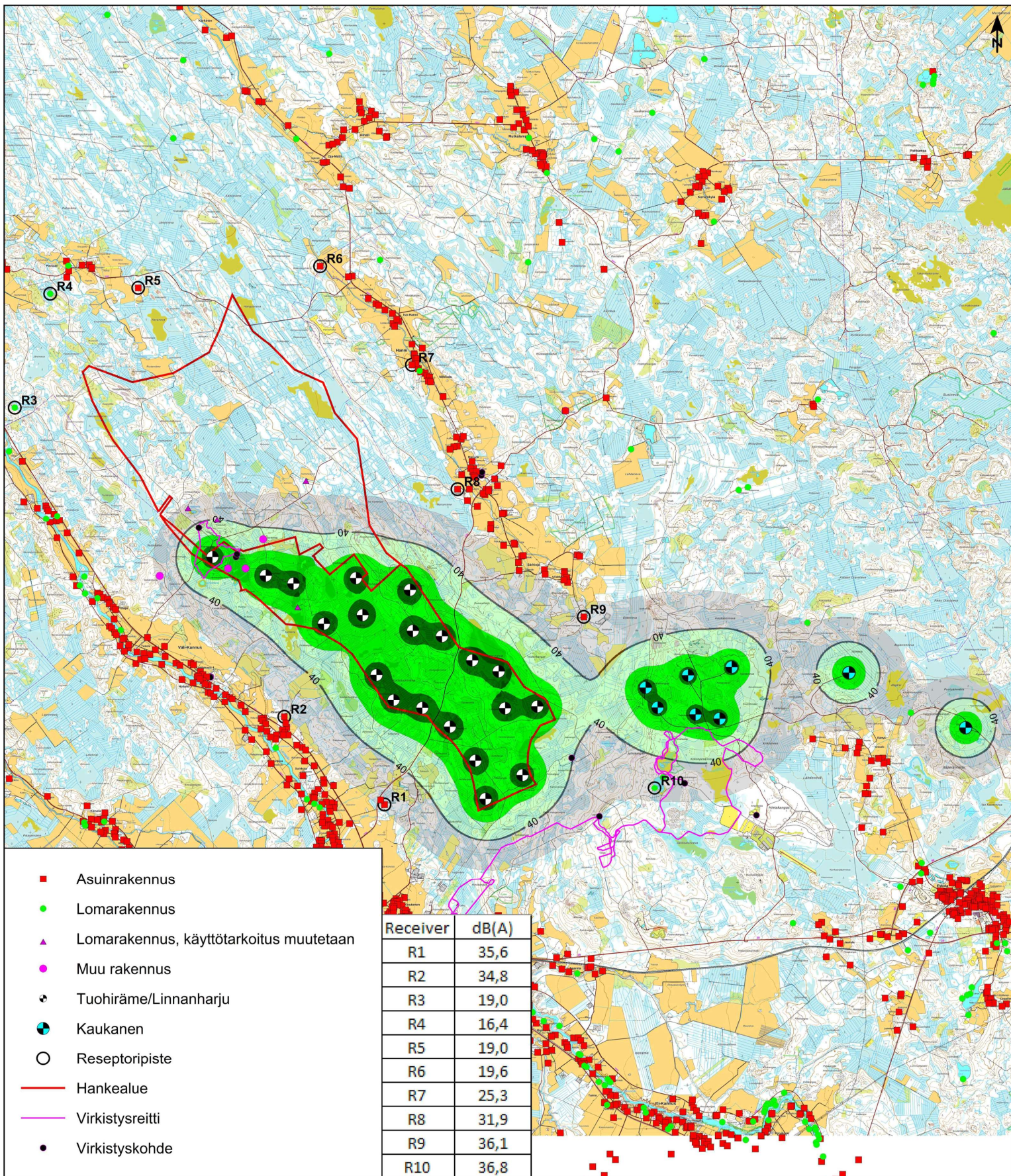
Mittakaava/skala (A3) 1:70000

0 1500 3000 4500 6000 m

8/3/2024 VV

Äänitaso
dB(A)

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



RAMBOLL

Tuohiräme melumallinnus

Meluvyöhykkeet LAeq

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

VE2

Nordex N163/6.x

-HH = 195 m

-LWA = 108,6 dB (Clean blade) + 2 dB Uc

Kaukanen 8kpl

-HH = 149 m

-LWA = 104,8 dB + 2 dB Uc

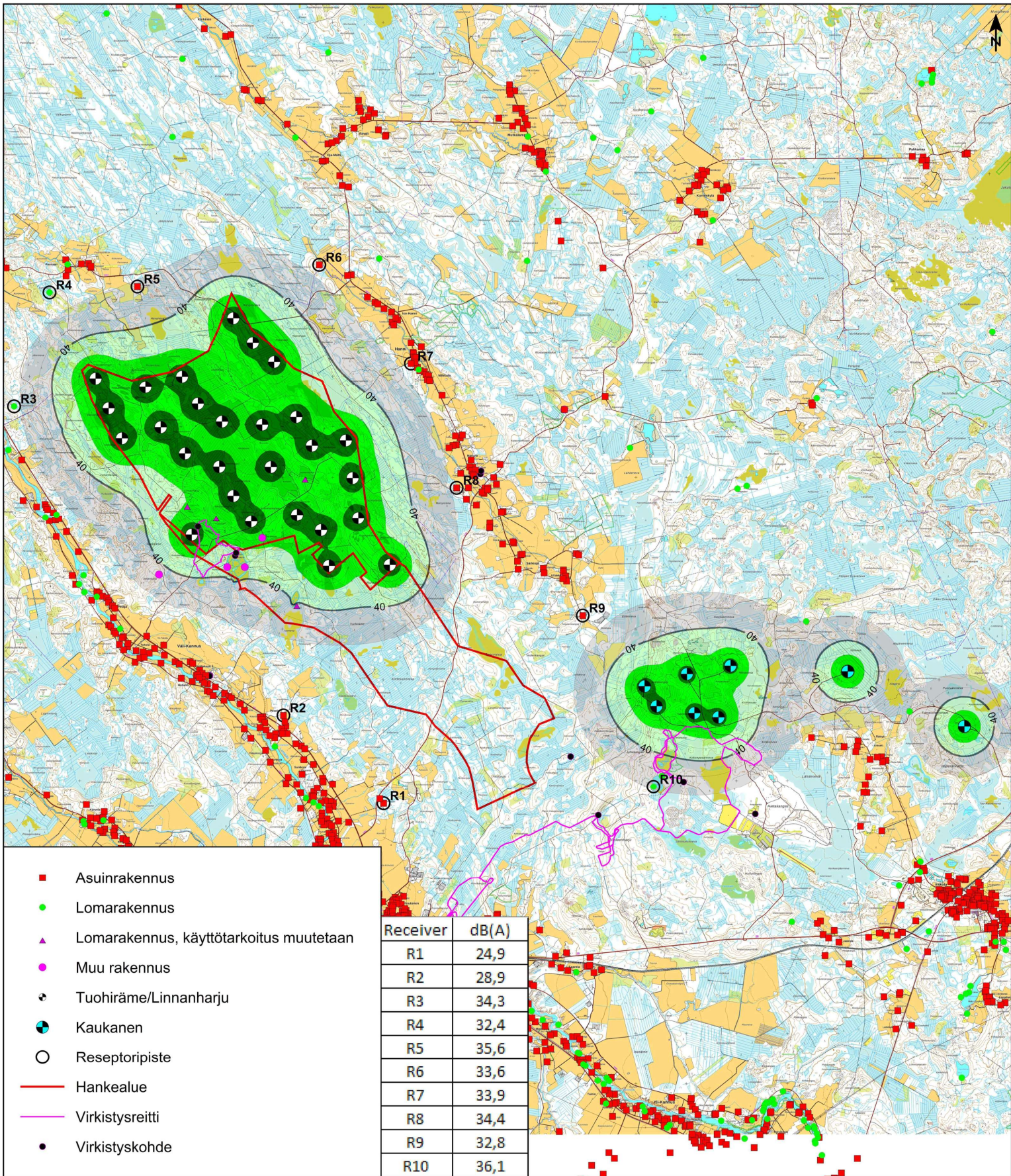
Mittakaava/skala (A3) 1:70000

0 1500 3000 4500 6000 m

8/3/2024 VV

Äänitaso
dB(A)

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



RAMBOLL

Tuohiräme melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

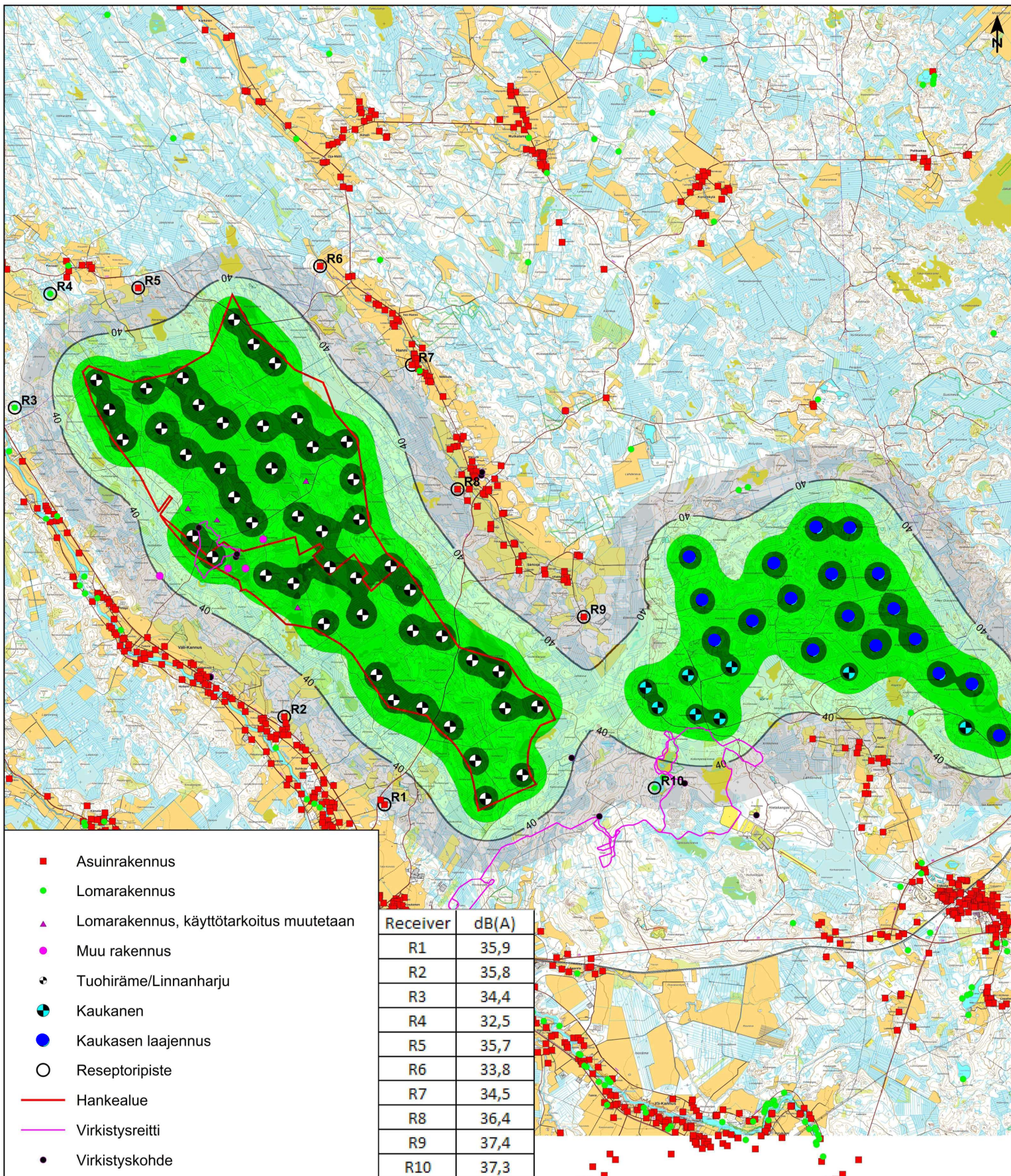
VE3
Nordex N163/6.x
-HH = 195 m
- L_{WA} = 108,6 dB (Clean blade) + 2 dB Uc

Kaukanen 8kpl
-HH = 149 m
- L_{WA} = 104,8 dB + 2 dB Uc

8/3/2024 VV

Äänitaso
dB(A)

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



RAMBOLL

Tuohiräme melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

VE1/Kaukasen laajennus
Nordex N163/6.x

-HH = 195 m

- L_{WA} = 108,6 dB (Clean blade) + 2 dB Uc

Kaukanen 8kpl

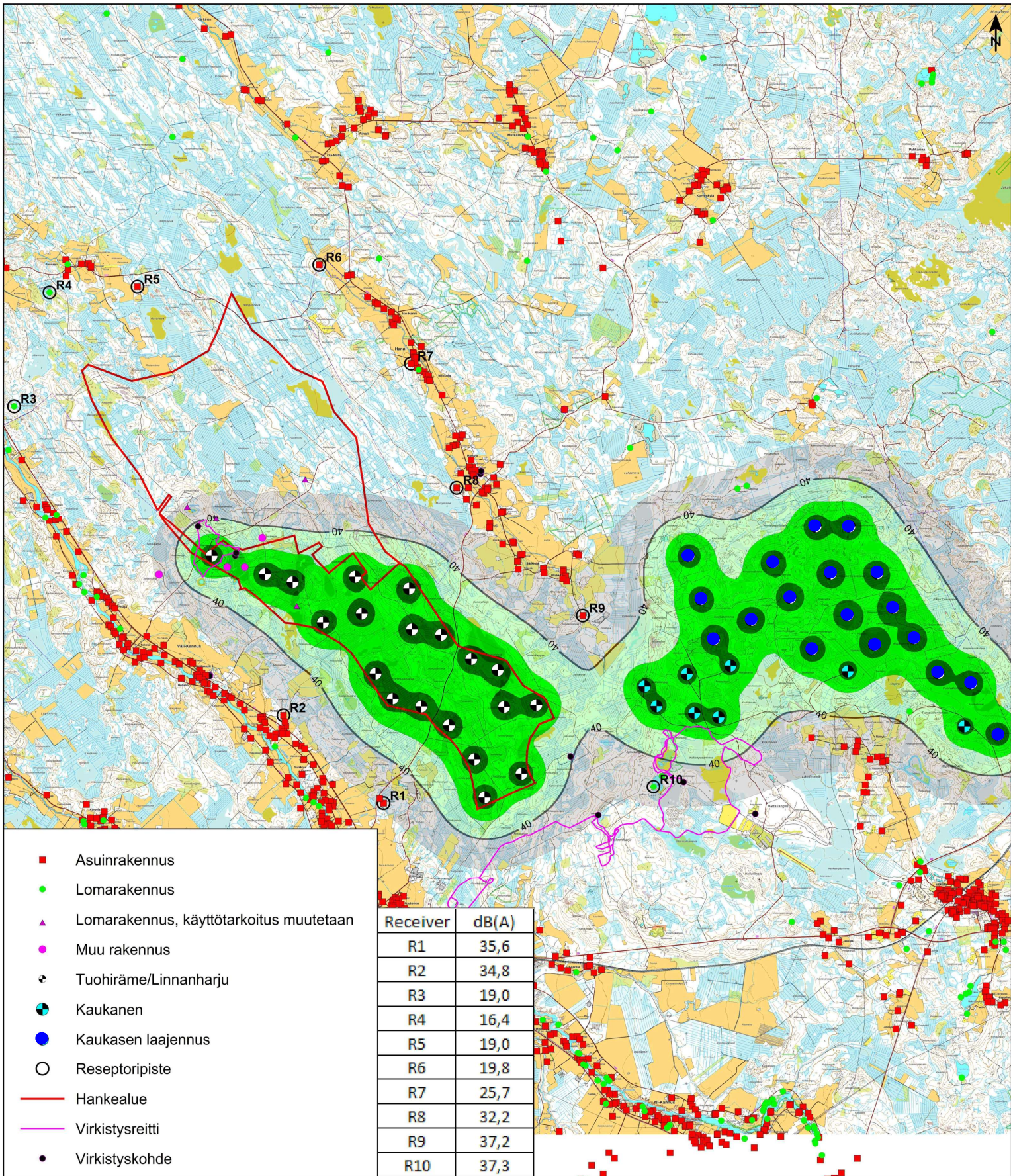
-HH = 149 m

- L_{WA} = 104,8 dB + 2 dB Uc

Äänitaso
dB(A)

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

8/3/2024 VV



RAMBOLL

Tuohiräme melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

VE2
Nordex N163/6.x
-HH = 195 m
- L_{WA} = 108,6 dB (Clean blade) +2 dB Uc

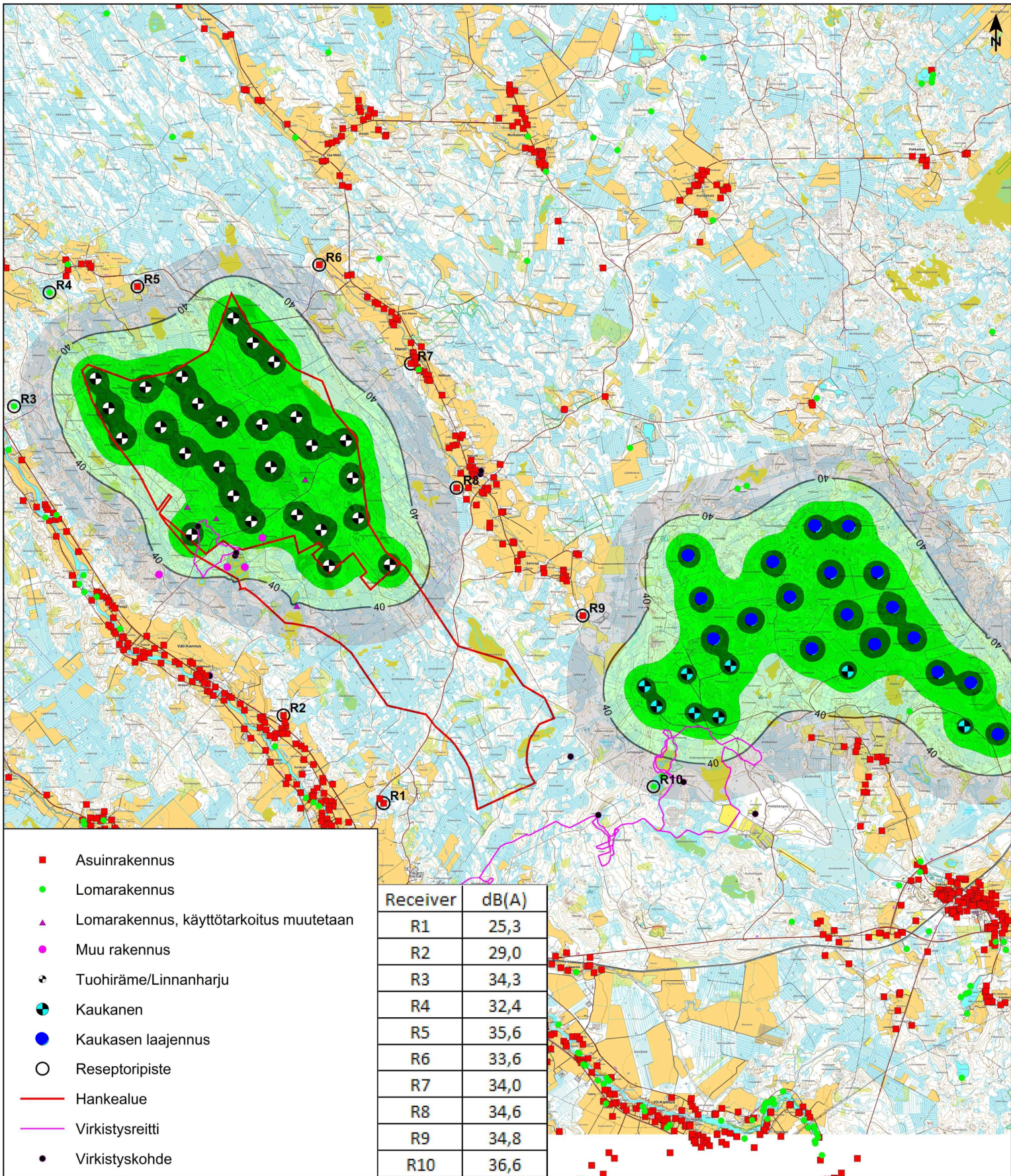
Äänitaso
dB(A)

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

Mittakaava/skala (A3) 1:70000

0 1500 3000 4500 6000 m

8/3/2024 VV



RAMBOLL

Tuohiräme melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

VE3
Nordex N163/6.x
-HH = 195 m
- L_{WA} = 108,6 dB (Clean blade) +2 dB Uc

Mittakaava/skala (A3) 1:70000

0 1500 3000 4500 6000 m

8/3/2024 VV