

Vastaanottaja
OX2 Suomi

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
12.3.2025

Viite
1510071520-008

TORNIKANKAAN TUULIVOIMAHANKE MELUMALLINNUS

Päivämäärä 12.3.2025
Laatija Ville Virtanen
Tarkastaja Jari Hosiokangas

Tuulivoimahankkeen meluselvitys

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 2/2024
aineistoa.

Viite 1510071520-008

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	6
3.3	Maastomalli ja rakennustiedot	7
4.	TULOKSET	7
4.1	Mallinnustulokset	7
4.2	Pienitaajuinen melu	8
5.	TULOSEN 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	VE2 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 106,0 dB + 2 + 2 dB Uc, HH 200
Liite 3	VE3 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 106,0 dB + 2 + 2 dB Uc, HH 200
Liite 4	VE2 Yhteismeluvyöhykkeet
Liite 5	VE3 Yhteismeluvyöhykkeet
Liite 6	Pienitaajuisen melun tarkastelu reseptoripisteittäin

1. YLEISTÄ

OX2 suunnittelee tuulivoimapuiston rakentamista Utajärven kunnan alueelle. Tässä selvityksessä on mallinnettu tuulivoimalaitosten aiheuttamat melutasot ympäristössä ympäristönvaikutusten arviointia varten erikseen sekä yhdessä alueen lähimpien suunniteltujen tuulivoimahankkeiden kanssa.

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 OX2: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.

Mahdollisen 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 päiväjän 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). Päiväaikaan 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 Siemens Gamesa SG 6.6-170 laitosmallilla. Napakorkeutena mallinnuksessa oli 200 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 laitosmallin ilmoitettuihin 1/3 –oktaavikaista tietoihin perustuen.

Melutasot mallinnettiin käyttäen tilaajan toimittaman voimalaitoksen SG 6.6-170 -mallille annettuja lähtöarvoja. Mallinnuksessa käytettiin melupäästöarvoa L_{WA} 106,0 dB tuulennopeuden ollessa >9m/s napakorkeudella (lähde: SG-F18.16-TR-00862_R00, (2022-09-15)). Saatujen lähtötietojen mukaan ko. voimalamallin melutaso ei kasva sen jälkeen, kun tuulennopeus saavuttaa arvon 9 m/s napakorkeudella, toisin sanoen tuulennopeudella 10-> m/s voimalaitoksen ääniteho on sama kuin tuulennopeudella 9 m/s.

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 voimalavalmistajan ilmoittamissa tiedoissa. 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). Lisäksi mallinnuksessa lisättiin 2 dB epävarmuustaso tilaajan ohjeistuksen mukaisesti.

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

Yhteismallinnuksissa huomioitujen Maaselän hankkeen osalta käytettiin V172-7.2MW -voimalaa, sekä Ponteman osalta käytettiin V162-6.0MW -voimalan tietoja.

Taulukko 2. Tornikankaan tuulivoimalaitosten koordinaatit vaihtoehdossa VE2 (ETRS-TM35FIN)

X	Y	Z
495446	7184648	141
487842	7182641	128
494013	7182154	128
493946	7185098	126
494819	7180899	132
491738	7186583	119
495131	7182542	134
488429	7185090	119
488579	7183112	122
490308	7186565	116
495785	7182162	133
493184	7184762	121
488396	7187073	114
493423	7183801	125
494533	7183693	134
493305	7182556	128
495671	7186219	133
487655	7187830	104
487674	7183963	117
487521	7185648	123
495300	7185390	130
489337	7187678	118
491087	7187434	117

Taulukko 3. Tornikankaan tuulivoimalaitosten koordinaatit vaihtoehdossa VE3 (ETRS-TM35FIN)

X	Y	Z
495540	7184725	139
494138	7182336	129
494978	7181004	132
488429	7185090	119
488389	7183135	122
490308	7186565	116
493184	7184762	121
488396	7187073	114
493423	7183801	125
493439	7182561	128
495671	7186219	133
487655	7187830	104
487720	7184025	118
487521	7185648	123
495300	7185390	130
489337	7187678	118
488741	7184049	118

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.

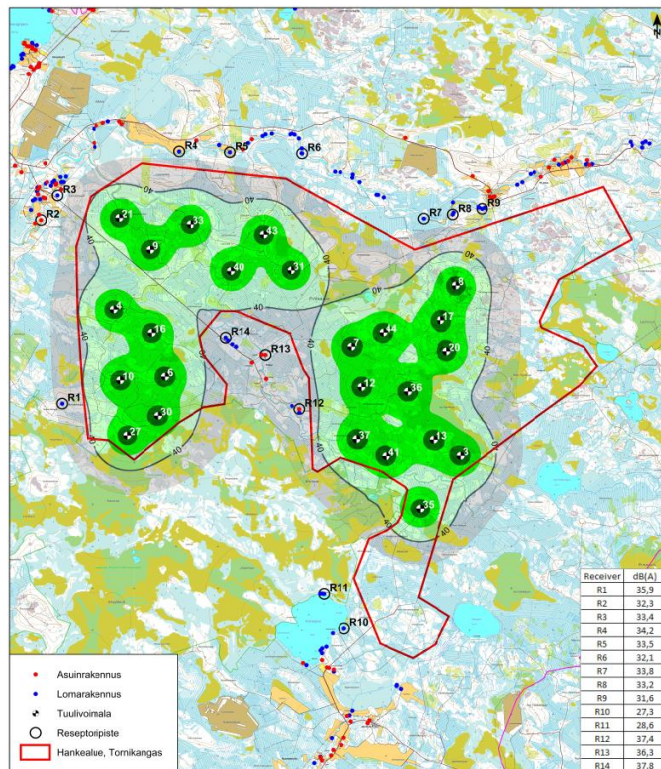
Melumallinnukset on tehty SoundPlan 9.0 -melulaskentaohjelmalla. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta www.soundplan.eu.

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 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 häiritsevyyskorjauksia.

Pienitaajuisen melun tarkastelu tehtiin soveltaen DSO 1284 mukaista menetelmää YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti. Pienitaajuisen melun ulko- ja sisämelutasoa (Leq) tarkasteltiin tuulivoimaloita lähinnä sijaitsevan asuintalon kohdalla olevassa reseptoripisteessä. Melupäästötietoina käytettiin laitospölyn SG 170-6.6 MW -voimalaitoksesta käytössä olevia 1/3-oktaavikaistatietoja väliltä 20 Hz – 200 Hz laitoksen suurimmalle ilmoitetulle äänitehotasolle, johon on lisätty + 2 dB epävarmuus. Lisäksi lisättiin 2 dB epävarmuustaso tilaajan ohjeistuksen mukaisesti. 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 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. VE2, reseptoripisteiden R1-R14 sijainnit, kuva löytyy suurempana liitteestä 2.

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 ei oikein ole vielä riittävästi tutkittua tietoa.

4. TULOKSET

4.1 Mallinnustulokset

Mallinnuksen laskennalliset meluvyöhykkeet (A-painotettu keskiäänitaso) vaihtoehdoille VE2 ja VE3 on esitetty liitteissä 2 ja 3 ja yhteismallinnusten osalta liitteissä 4 ja 5.

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

Taulukossa 4 on esitetty mallinnetut melutasot liitteissä 2 ja 3 esitetyissä asuin- ja lomarakennusten reseptoripisteissä Tornikankaan voimaloiden osalta ja taulukossa 5 yhteismallinnusten osalta.

Taulukko 4. Keskiäänitasot reseptoripisteissä vaihtoehdoissa VE2 ja VE3

Reseptori	VE2, L_{Aeq} , dB	VE3, L_{Aeq} , dB
R1	35,9	34,6
R2	32,3	32,1
R3	33,4	33,2
R4	34,2	33,6
R5	33,5	31,8
R6	32,1	28,6
R7	33,8	32,6
R8	33,2	32,4
R9	31,6	30,8
R10	27,3	25,6
R11	28,6	26,9
R12	37,4	36,3
R13	36,3	34,8
R14	37,8	36,9

Taulukko 5. Yhteismallinnuksen keskiäänitasot reseptoripisteissä vaihtoehtoisissa VE2 ja VE3

Reseptori	VE2 yhteismallinnus, L_{Aeq} , dB	VE3 yhteismallinnus, L_{Aeq} , dB
R1	36,0	34,7
R2	33,4	33,3
R3	34,3	34,2
R4	35,1	34,6
R5	35,1	34,0
R6	36,0	34,9
R7	35,7	35,0
R8	35,6	35,1
R9	35,0	34,7
R10	27,3	25,6
R11	28,6	26,9
R12	37,5	36,4
R13	36,5	35,0
R14	37,9	37,1

4.2 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin reseptoripisteisiin R1–R14. Taajuuspainottamattomat melutasot sisällä ja ulkona on esitetty tarkemmin liitteessä 6.

Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin verrattessa, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) ovat korkeimmillaan luokkaa 3–10 dB taajuuskaistoilla 40–200 Hz jokaisen vaihtoehdon, mukaan lukien yhteismallinnukset, osalta.

Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksen mukaiset ääneneristävyysarvot (äänitasoero ΔL) kuvaavat tilastollista estimaattia ilmäääneneristyskyvystä, 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 ilmäääneneristys riittää vaimentamaan tuulivoimalaitosten pienitaajuisen melun toimenpiderajojen alle tässä selvityksessä käytetyllä voimalla. 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

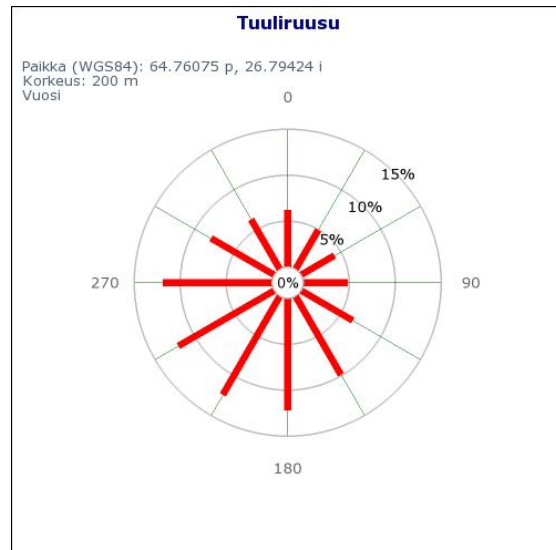
Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaaisuudesta. Häiritsevyyskorjaus +5 dB tehdään mahdollisen valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen, mikäli melun 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 2. Tuuliruusu Suomen Tuuliatlaksesta

Tuulennopeuden lisäksi myös tuulensuunta vaikuttaa melun leviämiseen. Tornikankaan tuulipuiston hankealueella vallitsevat tuulensuunta on lounaasta (Kuva 2). 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 sekä + 2 dB ylimääräinen lisäys tilaajan toiveesta.

Mallinnusten mukaan yhdenkään Tornikankaan ympäristön asuin- tai lomarakennuksen osalta ei ylitetä 40 dB ohjearvoa.

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

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

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 R_w 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: 17/1/2025

Hankevastaava: OX2 AB
Hankealue: Tornikangas, Utajärvi

Mallinnusohjelman tiedot

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

Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

SG 6.6-170

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Siemens Gamesa	6.6MW	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
6,6 MW	200 m	170 m	Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö: Pyörimisnopeus: Muu, mikä:

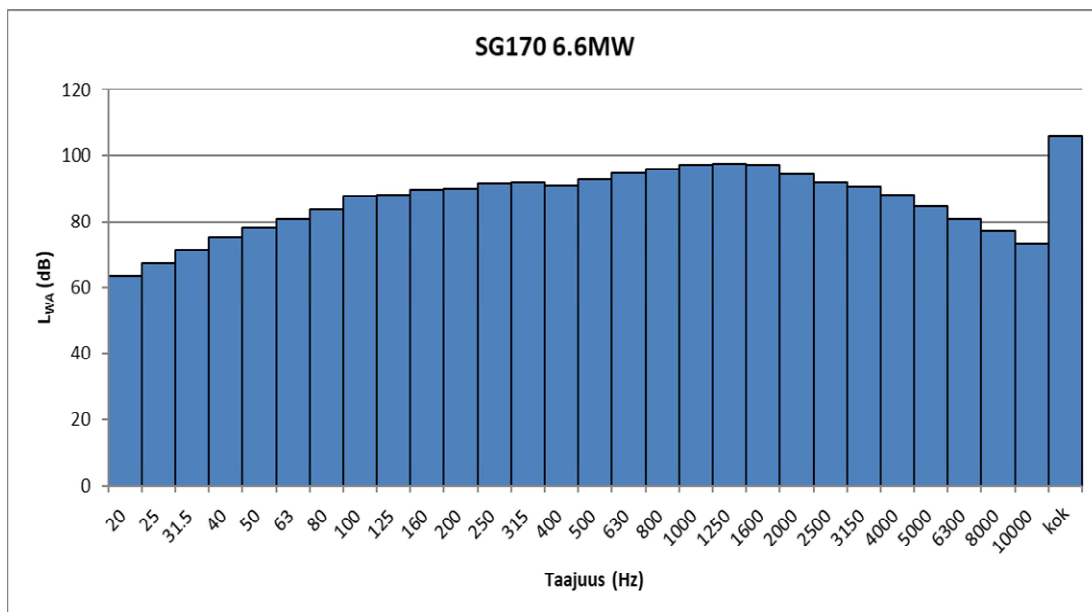
☐ Kyllä	☐ Kyllä
☐ Ei	☐ Ei
☒ Ei ilmoitettu	☒ Ei ilmoitettu

Äänitehotaso L_{WA} tuulennopeudella >10 m/s (napakorkeudella):

106,0 dB ☐ Takuuarvo

Suurin äänitehotaso L_{WA} :

106,0 dB +2 + 2 dB (Uc) ☒ Takuuarvo



Melun erityspiirteiden mittaust 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

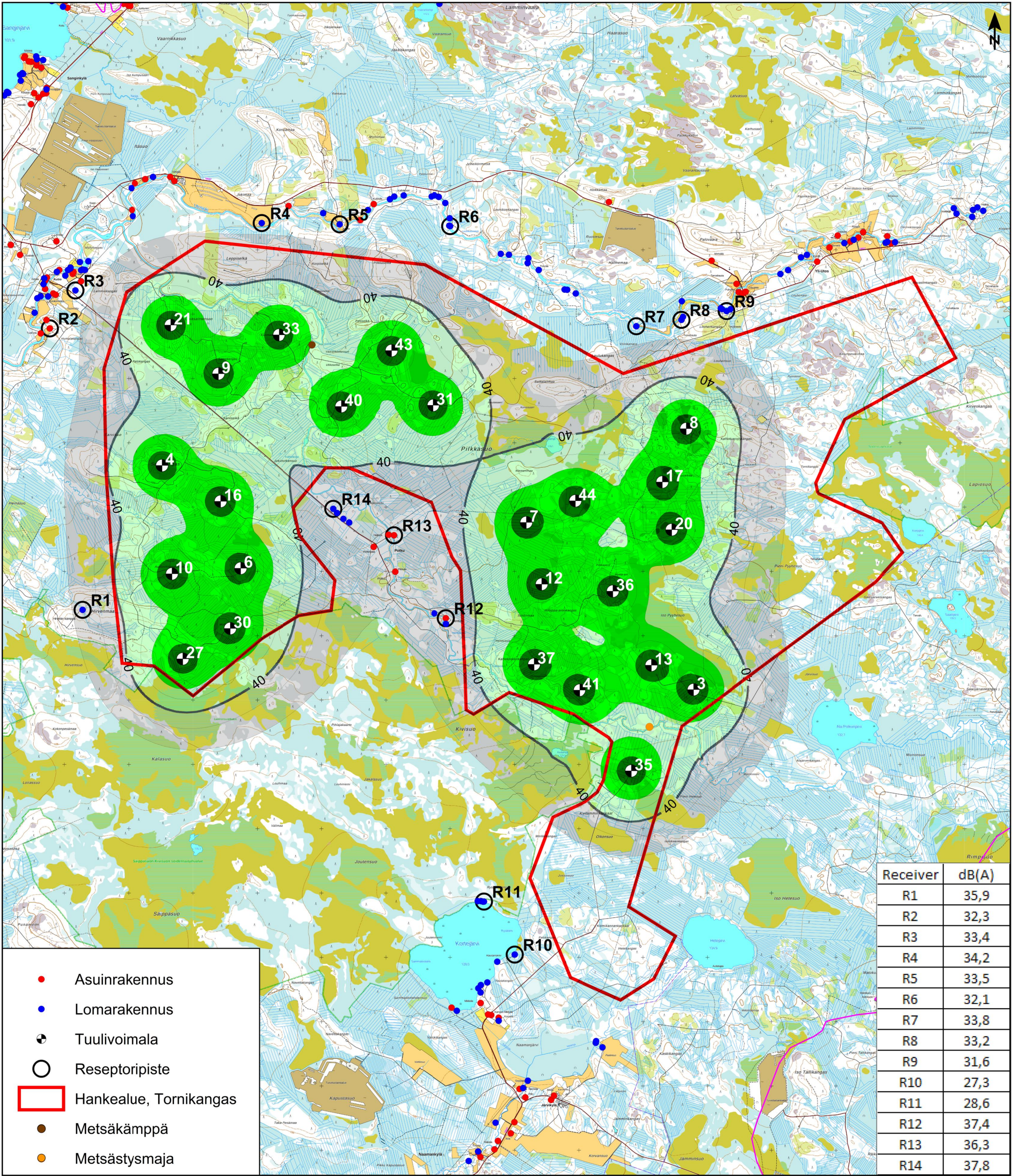
Ilmakehän stabiilius laskennassa / meteorologinen korjaus

Neutraali 0 neutraali - stabiili sääolosuhde

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

☒ Vapaa avaruus

☐ Muu



Tornikangas melumallinnus

Meluvyöhykkeet LAeq

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

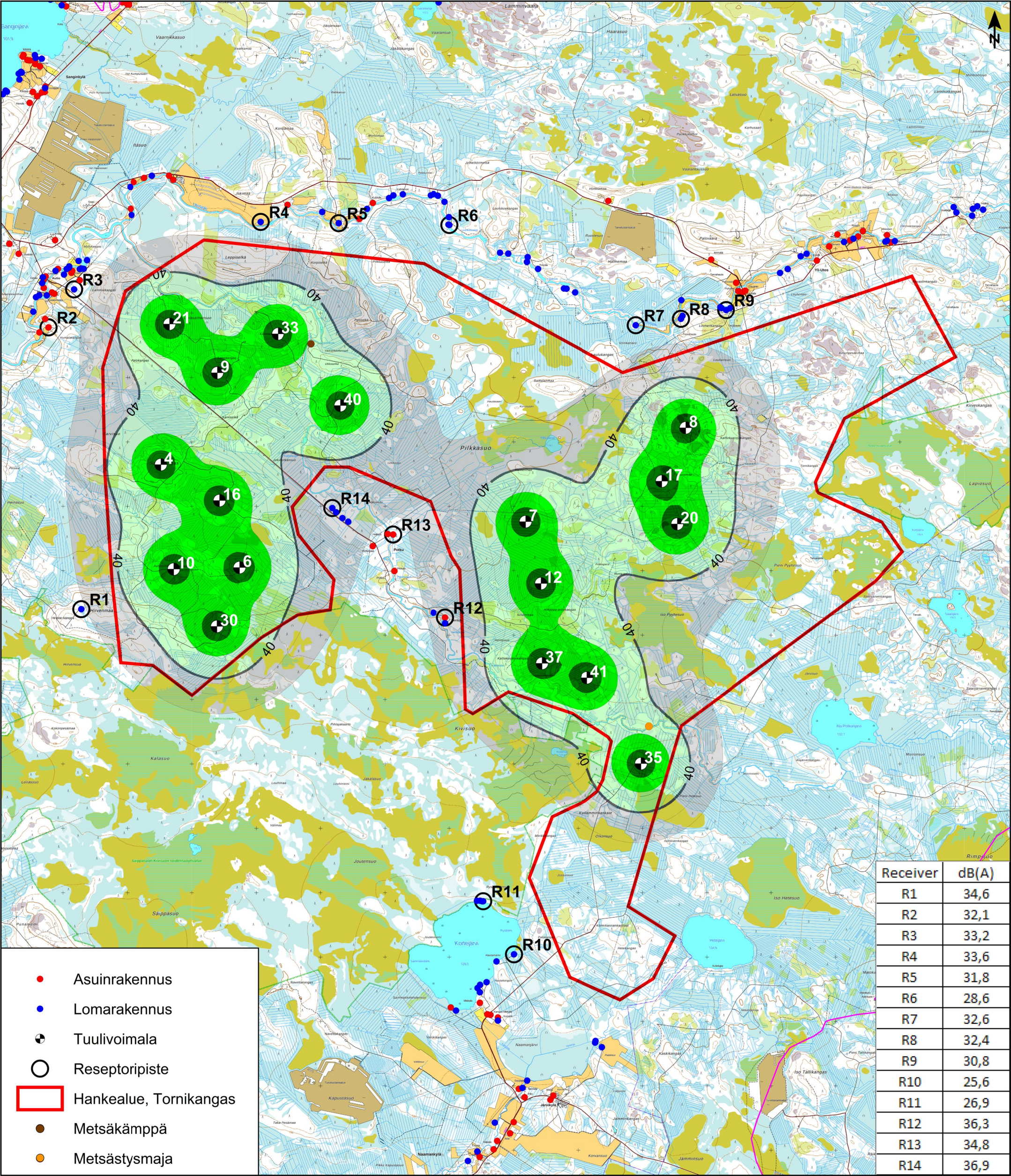
VE2
SG 170-6.6MW
-HH = 200 m
-LWA = 106,0 dB + 2 dB + 2 dB Uc

Äänitaso
dB(A)

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

Mittakaava/skala (A3) 1:55000
0 1000 2000 3000 4000 m

17/1/2025 VV



Tornikangas melumallinnus

Meluvyöhykkeet LAeq

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

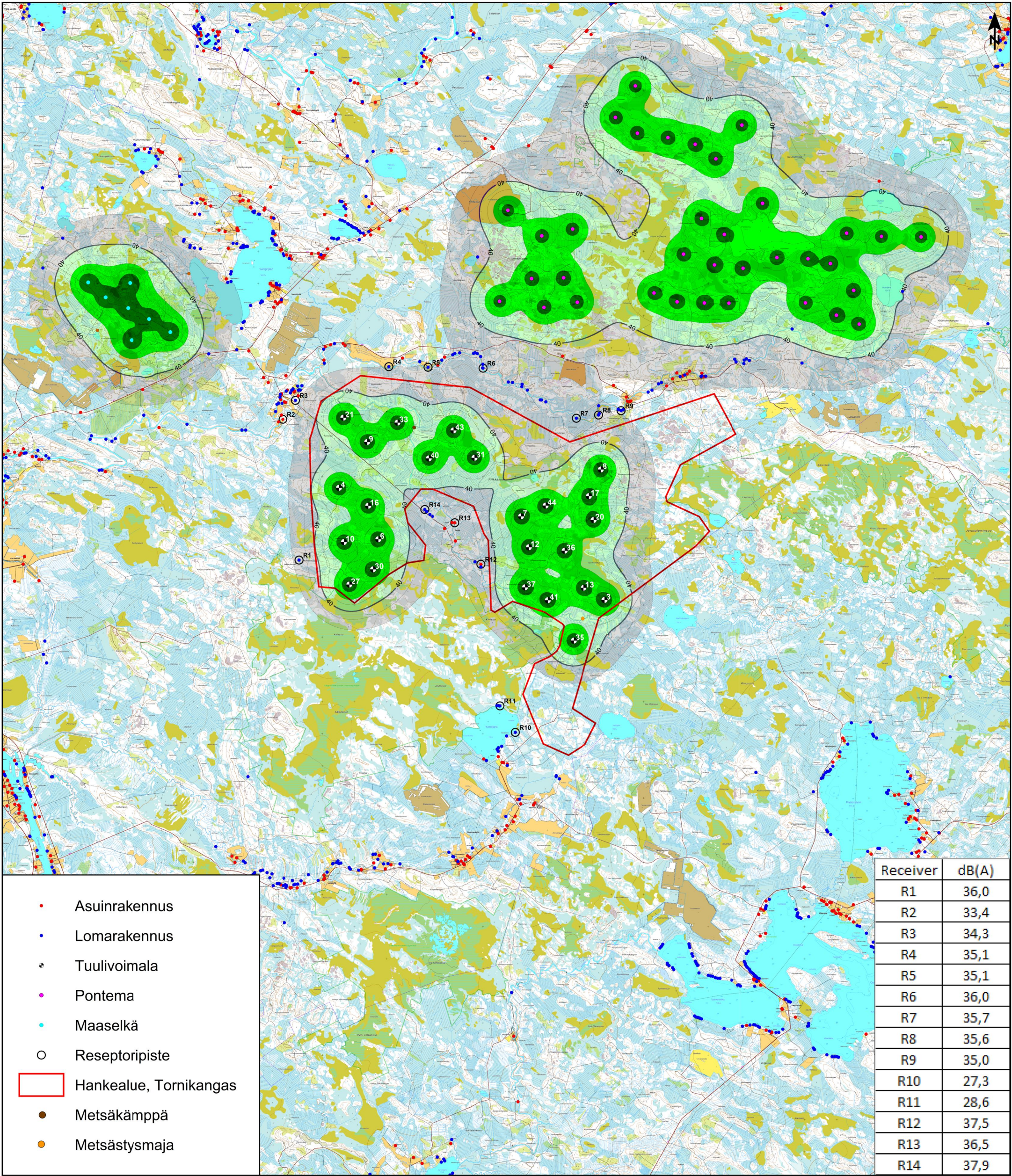
VE3
SG 170-6.6MW
-HH = 200 m
-LWA = 106,0 dB + 2 dB + 2 dB Uc

Äänitaso
dB(A)

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

Mittakaava/skala (A3) 1:55000
0 1000 2000 3000 4000 m

17/1/2025 VV



Tornikangas melumallinnus

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

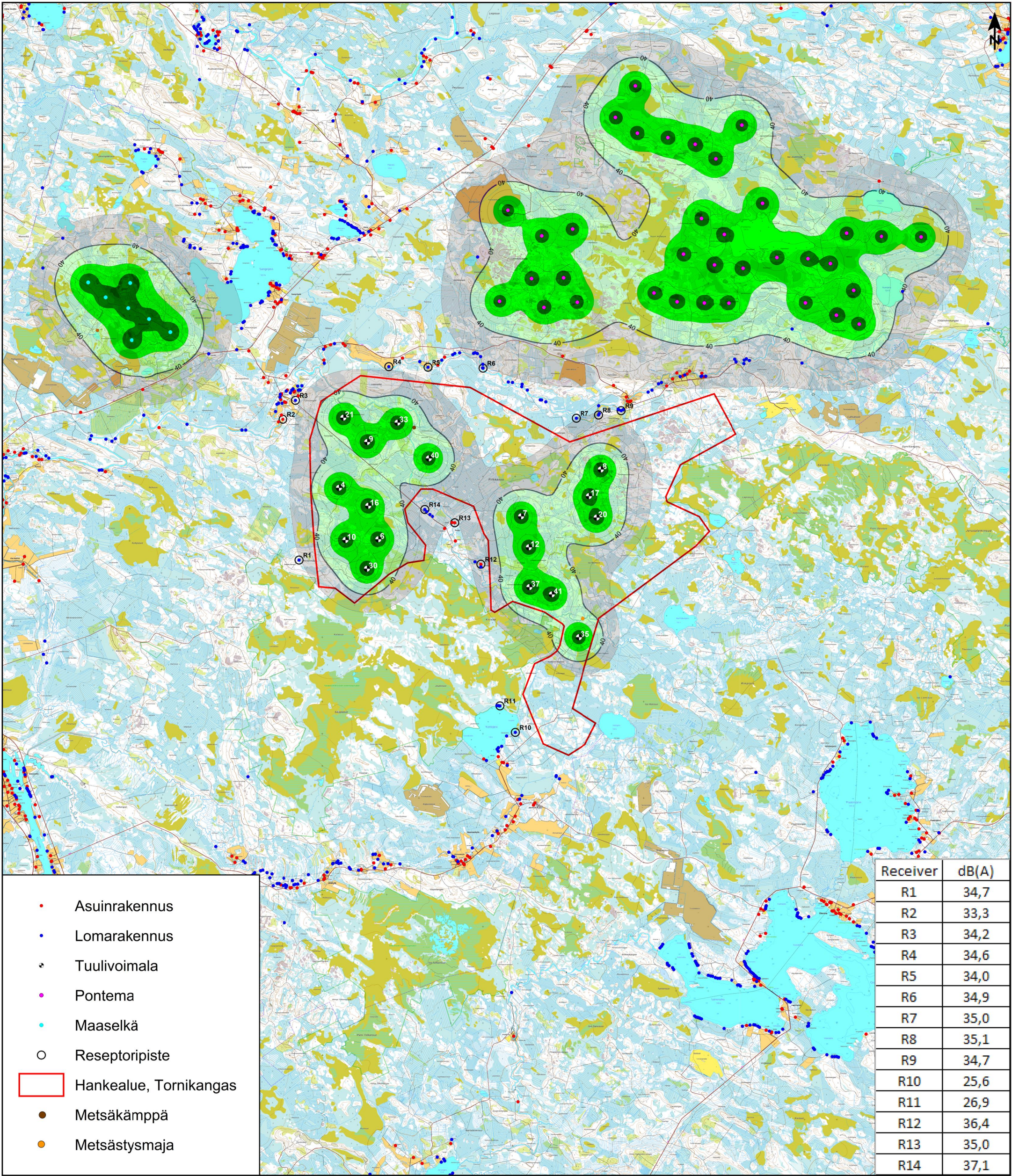
-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

VE2
SG170-6.6MW
-HH = 200 m
- L_{WA} = 106,0 dB + 2 dB + 2 dB U_c

Äänitaso dB(A)	
50 <	
45 <	<= 50
40 <	<= 45
35 <	<= 40
	<= 35

Mittakaava/skala (A3) 1:110000
0 2000 4000 6000 8000 m

17/1/2025 VV



**Tornikangas
melumallinnus**

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

-Laskentamalli ISO 9613-2
-Laskentakorkeus +4m

VE3
SG170-6.6MW
-HH = 200 m
-L_{WA} = 106,0 dB + 2 dB + 2 dB U_c

Äänitaso dB(A)	
50 <	
45 <	<= 50
40 <	<= 45
35 <	<= 40
	<= 35

Mittakaava/skala (A3) 1:110000
0 2000 4000 6000 8000 m

17/1/2025 VV

Pienitaajuinen melu sisätiloissa, VE2

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	47	44	42	40	37	33	30	27	21	15	9
R2	45	43	40	38	35	31	28	25	19	13	7
R3	46	43	41	38	35	32	28	26	20	14	7
R4	47	44	42	39	36	33	30	27	21	15	9
R5	47	44	42	39	36	33	29	27	21	15	8
R6	46	43	41	38	35	32	28	26	19	13	7
R7	47	44	42	40	36	33	30	27	21	15	9
R8	47	44	42	39	36	33	30	27	21	15	9
R9	46	43	41	39	36	32	29	26	20	14	8
R10	41	39	36	34	30	27	23	21	14	7	0
R11	42	39	37	35	31	28	24	22	15	9	1
R12	48	45	43	41	37	34	31	28	22	16	10
R13	49	46	44	41	38	35	32	29	23	17	11
R14	50	47	45	43	40	36	33	30	24	19	12
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa, VE2

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	55	53	51	50	48	46	45	44	40	37	32
R2	53	51	49	48	46	44	43	42	38	34	29
R3	53	51	50	49	47	45	43	43	38	35	30
R4	55	53	51	50	48	46	44	44	40	36	31
R5	54	52	51	49	48	46	44	44	39	36	31
R6	53	51	50	49	47	45	43	43	38	35	30
R7	55	53	51	50	48	46	45	44	40	36	31
R8	55	53	51	50	48	46	44	44	40	36	31
R9	54	52	50	49	47	45	44	43	39	35	30
R10	49	47	45	44	42	40	38	37	33	28	23
R11	50	48	46	45	43	41	39	38	34	30	24
R12	56	54	52	51	49	47	46	45	41	37	33
R13	56	54	53	52	50	48	46	46	42	38	33
R14	58	56	54	53	51	49	48	47	43	40	35
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-16	-8	-2	4	7	7	8	9	7	6	3
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, VE3

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	47	44	41	39	36	33	29	27	21	15	8
R2	45	42	40	37	34	31	28	25	19	13	6
R3	45	43	40	38	35	32	28	26	19	14	7
R4	46	43	41	38	35	32	28	26	20	14	7
R5	45	42	40	37	34	31	27	25	19	13	6
R6	43	41	38	36	33	29	26	23	17	10	4
R7	45	42	40	38	34	31	28	25	19	13	7
R8	45	42	40	37	34	31	28	25	19	13	6
R9	44	41	39	36	33	30	27	24	18	12	5
R10	41	38	36	34	30	27	23	21	14	8	1
R11	42	39	37	35	31	28	25	22	15	9	2
R12	48	45	43	41	37	34	31	28	22	16	10
R13	48	45	42	40	37	34	30	28	22	16	9
R14	49	46	43	41	38	35	31	29	23	17	11
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa, VE3

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	54	52	51	49	47	46	44	44	39	36	31
R2	53	51	49	48	46	44	42	42	38	34	29
R3	53	51	49	48	46	45	43	42	38	35	30
R4	53	51	50	49	47	45	43	43	39	35	30
R5	53	50	49	48	46	44	42	42	37	34	29
R6	51	49	47	46	44	42	41	40	35	32	26
R7	53	51	49	48	46	44	43	42	38	34	29
R8	53	51	49	48	46	44	42	42	38	34	29
R9	52	50	48	47	45	43	41	41	37	33	28
R10	49	47	45	44	42	40	38	37	33	29	23
R11	50	48	46	45	43	41	39	39	34	30	25
R12	56	54	52	51	49	47	46	45	41	37	33
R13	55	53	52	50	48	47	45	45	40	37	32
R14	56	54	53	51	49	48	46	46	42	38	34
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-18	-10	-3	2	5	6	6	8	6	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, Yhteismallinnus VE2

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	48	45	42	40	37	34	30	28	22	16	9
R2	47	44	41	39	36	33	29	26	20	14	7
R3	47	44	42	39	36	33	29	27	21	14	8
R4	48	46	43	40	37	34	31	28	22	16	9
R5	48	46	43	40	38	35	31	28	22	16	9
R6	48	46	42	40	38	35	31	28	23	15	9
R7	49	46	43	41	38	35	31	28	23	16	10
R8	49	46	44	41	39	35	32	29	23	17	11
R9	48	46	43	41	38	35	32	29	23	17	11
R10	43	40	37	35	32	28	25	21	15	8	0
R11	43	41	38	36	33	29	26	22	16	9	2
R12	49	46	43	41	38	35	31	29	23	17	10
R13	49	47	44	42	39	36	32	29	23	17	11
R14	51	48	45	43	40	37	33	31	25	19	13
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa, Yhteismallinnus VE2

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	55	53	52	50	49	47	45	44	40	37	32
R2	54	52	51	49	48	46	44	43	39	35	30
R3	55	53	51	50	48	46	44	44	39	36	31
R4	56	54	52	51	49	47	45	45	41	37	32
R5	56	54	52	51	49	48	46	45	41	37	32
R6	56	54	52	51	49	48	46	45	42	37	32
R7	56	55	52	51	50	48	46	45	42	37	33
R8	56	54	53	52	50	48	47	46	42	38	34
R9	56	54	52	51	50	48	47	46	42	38	34
R10	50	48	46	45	43	41	39	38	34	29	23
R11	51	49	47	46	44	42	40	39	35	30	25
R12	56	54	53	51	50	48	46	46	41	38	33
R13	57	55	53	52	50	49	47	46	42	38	34
R14	58	56	55	53	51	50	48	48	43	40	35
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-16	-8	-1	4	7	8	8	10	7	6	3
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, Yhteismallinnus VE3

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	47	44	42	39	36	33	30	27	21	15	9
R2	46	44	41	39	36	33	29	26	20	14	7
R3	47	44	41	39	36	33	29	27	20	14	8
R4	47	45	42	39	37	34	30	27	21	15	8
R5	47	45	41	39	37	34	30	27	21	14	8
R6	47	45	41	39	37	34	30	26	22	14	7
R7	48	45	42	39	37	34	30	27	22	15	8
R8	47	45	42	40	37	34	31	28	22	16	10
R9	47	44	42	40	37	34	31	28	22	16	10
R10	42	40	37	35	32	28	25	22	15	8	1
R11	43	41	38	36	33	29	26	23	16	10	3
R12	49	46	43	41	38	35	31	29	23	17	10
R13	48	45	43	41	38	34	31	28	22	16	10
R14	49	46	44	42	39	35	32	29	23	17	11
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Pienitaajuinen melu ulkotiloissa, Yhteismallinnus VE3

Taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	55	53	51	50	48	46	44	44	40	36	31
R2	54	52	50	49	47	46	44	43	39	35	30
R3	54	52	51	49	48	46	44	43	39	35	31
R4	55	53	51	50	48	47	45	44	40	36	31
R5	55	53	51	49	48	47	44	43	40	35	30
R6	55	53	50	49	48	47	44	43	40	35	30
R7	55	53	51	50	49	47	45	44	41	36	31
R8	55	53	52	51	49	47	46	45	41	37	33
R9	55	53	51	50	49	47	46	45	41	37	32
R10	50	48	46	45	43	41	39	38	34	29	24
R11	51	49	47	46	44	42	40	39	35	31	25
R12	56	54	53	51	49	48	46	46	41	38	33
R13	56	54	52	51	49	47	46	45	41	37	32
R14	57	55	53	52	50	48	47	46	42	38	34
Asumisterveysohje	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Vaadittava ääneneristävyyys korkeimmillaan	-17	-9	-3	3	6	6	7	8	6	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