Vastaanottaja
Prokon Wind Energy Finland Oy

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
17.10.2022

Viite
1510064983-004

VARSAVAARAN TUULIVOIMAHANKE

MELUMALLINNUS

Päivämäärä 17.10.2022
Laatija Ville Virtanen
Tarkastaja Jari Hosiokangas

Tuulivoimahankkeen meluselvitys

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 10/2022 aineistoa.

Viite 1510064983-004

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	10
5.	TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	14
5.1	Melun erityispiirteet ja häiritsevyyskorjaukset	14
5.2	Alueen tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun	14
5.3	Melutasot verrattuna ohjearvoihin	15

LIITTEET

Liite 1 Laskentaparametrit ja tuulivoimaloiden akustiset tiedot

Liite 2 Varsavaaran VE1 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 106,4 dB + 2 dB Uc, HH 200

Liite 3 Varsavaaran VE2 meluvyöhykkeet, äänitehotaso 106,4 dB + 2 dB Uc, HH 200

Liite 4 Varsavaara VE1:n, Hietavaaran ja Hukkalansalon yhteismeluvyöhykkeet, äänitehotaso 106,4 dB + 2 dB Uc, HH 200

Liite 5 Varsavaara VE2:n, Hietavaaran ja Hukkalansalon yhteismeluvyöhykkeet, äänitehotaso 106,4 dB + 2 dB Uc, HH 200

1. YLEISTÄ

Prokon Wind Energy Finland Oy suunnittelee tuulivoimapuiston rakentamista Varsavaaran alueelle Paltamoon. Tässä selvityksessä on mallinnettu Varsavaaran kahden vaihtoehdon tuulivoimalaitosten aiheuttamat melutasot, sekä yhteismeluvaikutukset yhdessä Hietavaaran ja Hukkalansalon tuulivoima-alueiden kanssa ympäristössä 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 Prokon Wind Energy Finland Oy:n toimeksiannosta. Meluselvityksen laatimisesta ja meluvaikutusten arvioinnista on vastannut ins.(AMK) Ville Virtanen.

2. MELUN OHJEARVOT

2.1 Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista

Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 (voimaantulopäivä 1.9.2015) on annettu tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot. Ohjearvot on annettu absoluuttisina lukuarvoina, joissa ei huomioida taustamelua. Asetusta sovelletaan maankäyttö- ja rakennusalan mukaisessa maankäytön ja rakentamisen suunnittelussa, lupamenettelyissä ja valvonnassa sekä ympäristönsuojelulain mukaisessa lupamenettelyssä ja valvonnassa.

Tuulivoimalan toiminnasta aiheutuvan melupäästön takuuarvon perusteella määritelty laskennallinen melutaso ja valvonnan yhteydessä mitattu melutason eivät saa ulkona ylittää melulle altistuvalla alueella melun A-taajuuspainotetun keskiäänitason (ekvivalenttitason L_{Aeq}) ohjearvoja taulukossa 1 esitetyn mukaisesti.

Taulukko 1. Valtioneuvoston asetuksen mukaiset tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot 1107/2015

	Ulkomelutason L_{Aeq} päivällä klo 7-22	Ulkomelutason L_{Aeq} yöllä klo 22-7
Pysyvä asutus	45 dB	40 dB
Loma-asutus	45 dB	40 dB
Hoitolaitokset	45 dB	40 dB
Oppilaitokset	45 dB	-
Virkistysalueet	45 dB	-
Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Elinympäristöön vaikuttavaa toimintaa suunniteltaessa ja järjestettäessä sekä tällaista toimintaa harjoitettaessa huomioon otettavista sisämelutasoista säädetään terveydensuojelulaissa (763/1994) ja sen nojalla annetuissa säännöksissä.

Valvonnan yhteydessä saatuun mittaustulokseen tehdään 5 dB lisäys, mikäli tuulivoimalan melu on impulssimaista tai kapeakaistaista altistuvalla alueella.

2.2 Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 545/2015 (voimaantulopäivä 15.5.2015) on annettu toimenpiderajoja asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisämelulle (ns. asumisterveysasetus).

Asuinhuoneistojen asuinhuoneisiin (paitsi keittiö ja muut tilat) toimenpiderajoiksi on annettu päiväajan keskiäänitasolle $L_{Aeq\ 7\text{-}22}$ 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 kaikkien tuulivoima-alueiden osalta Nordex N163/6.XMW 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 Nordex N163/6.XMW –serrated trailing edge -mallille annettuja lähtöarvoja. Tilaajan toiveesta mallinnuksessa käytettiin melupäästöarvoa L_{WA} 106,4 dB tuulennopeuden ollessa >7m/s 10 m korkeudella maanpinnasta (lähde: F008_277_A17_EN, Rev. 03 (2021-12-10)), joka tällä tuulivoimamallilla saavutetaan moodilla 1. 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 ja 10 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 tavanomainen mittauksen kokonaisepävarmuustaso (U_c).

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

Tunnus	X	Y	Z	Vaihtoehto
VV01	541971	7160969	285	VE1/VE2
VV02	543249	7160670	197	VE1/VE2
VV03	543865	7160308	182	VE1
VV04	544525	7159955	185	VE1
VV05	541467	7160508	260	VE1/VE2
VV06	542585	7160341	261	VE1/VE2
VV07	543049	7159835	200	VE1/VE2
VV08	541169	7159837	226	VE1/VE2
VV09	541941	7159916	245	VE1/VE2
VV10	540703	7158502	193	VE1
VV11	541423	7158417	175	VE1
VV12	542175	7158498	165	VE1
VV13	543529	7158779	170	VE1
VV14	539316	7156847	193	VE1
VV15	540144	7157334	187	VE1
VV16	539898	7155824	201	VE1
VV17	540656	7156069	181	VE1
VV18	540500	7155359	174	VE1
VV19	541617	7154933	179	VE1
VV20	541169	7159837	193	VE1
VV21	541635	7153995	210	VE1

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.

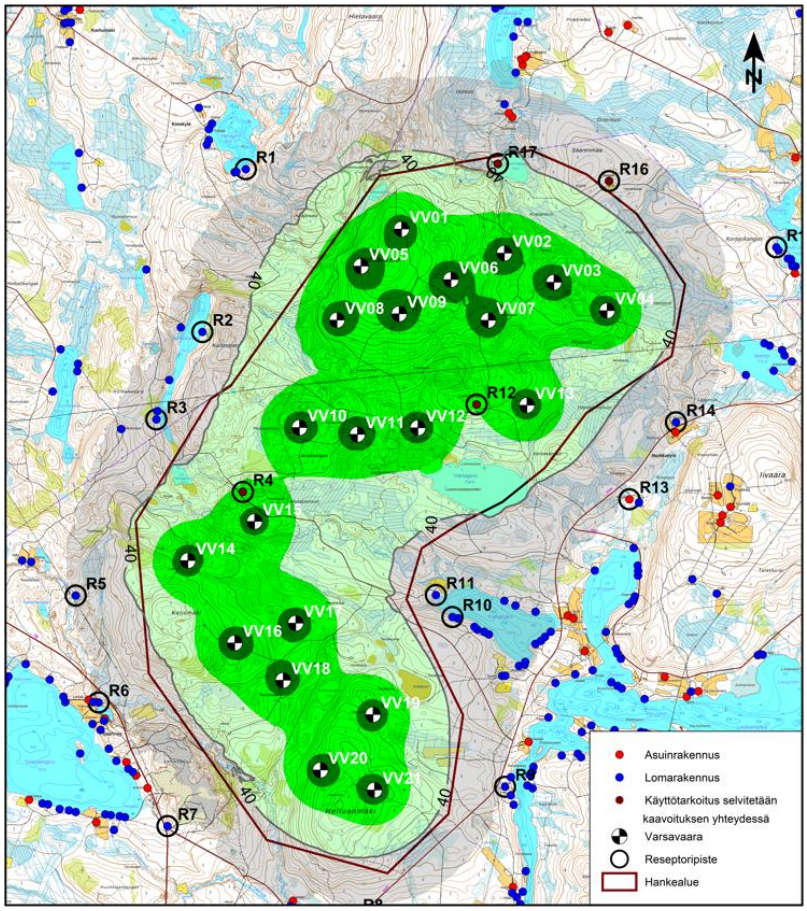
Melumallinnukset on tehty SoundPlan 8.2 -melulaskentaohjelmalla. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta *www.soundplan.eu*.

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 laskentapisteiden 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 laitosmallin Nordex N163/5.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 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-R17 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 osan enintään kolmen kilometrin etäisyydellä laitoksista sijaitsevien asuintalojen ja loma-asuntojen välinen maanpinnan korkeusero oli yli 60 metriä. Tämä huomioitiin Ympäristöministeriön ohjeen (2/2014) mukaisesti näiden rakennusten reseptoripistelaskennoissa lisäämällä +2dB tuulivoimaloiden melupäästöihin.

4. TULOKSET

4.1 Mallinnustulokset

Mallinnuksen laskennalliset meluvyöhykkeet (A-painotettu keskiäänitaso) on esitetty liitteessä 2 ja yhteisvaikutusten osalta liitteessä 3.

Melukuviin on merkitty asuin- ja lomarakennukset värikoodein Maanmittauslaitoksen maastotietokannan tietojen pohjalta. Rakennukset, joiden käyttötarkoitus selvitetään kaavoituksen yhteydessä on merkitty omalla värikoodillaan. Melukuvissa on esitetty mallinnustulokset ilman mahdollisia häiritsevyys- tai muita korjauksia.

Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty Varsavaaran vaihtoehdon 1 reseptoripistekohtaiset melutasot yksinään sekä yhteismallinnuksena Hietavaaran ja Hukkalansalon tuulivoima-alueiden kanssa, ja huomioitu korkeuserokorjaus. Taulukoissa 6 ja 7 on esitetty vastaavat Varsavaaran vaihtoehdon 2 osalta. Taulukossa 8 on esitetty alueen muut voimalat ilman Varsavaaraa.

Taulukko 4. A-painotetut Varsavaaran VE1 melutasot reseptoripisteissä (ulkomelutaso)

Re-ceiver	Voimalaitokset, joissa melupäästön korjaus (+2dB) korkeuseron perusteella	Ei korjattu, L_{Aeq} (dB)	Korjaus tehty, L_{Aeq} (dB)	Korjauksen vaikutus, L_{Aeq} (dB)
R1	-	31,0	-	-
R2	-	32,9	-	-
R3	-	36,7	-	-
R4	VV09	46,4	46,4	0,0
R5	-	34,9	-	-
R6	-	35,0	-	-
R7	-	34,0	-	-
R8	-	34,2	-	-
R9	-	34,2	-	-
R10	-	37,9	-	-
R11	-	38,4	-	-
R12	VV01, VV05, VV06	45,1	45,1	0,0
R13	-	34,5	-	-
R14	-	36,0	-	-
R15	-	27,1	-	-
R16	VV01, VV06	38,1	38,4	0,3
R17	VV01, VV05, VV06, VV09	40,4	41,2	0,8

Taulukko 5. A-painotetut VE1 yhteisvaikutuksen melutasot reseptoripisteissä (ulkomelutaso)

Re-ceiver	Voimalaitokset, joissa melupäästön korjaus (+2dB) korkeuseron perusteella	Ei korjattu, L_{Aeq} (dB)	Korjaus tehty, L_{Aeq} (dB)	Korjauksen vaikutus, L_{Aeq} (dB)
R1	H9	42,0	42,1	0,1
R2	H1, H2, H3	37,9	39,3	1,4
R3	H1	37,7	37,9	0,2
R4	VV09, H1	46,5	46,5	0,0
R5	-	35,5	-	-
R6	-	36,6	-	-
R7	-	35,2	-	-
R8	-	34,2	-	-
R9	-	34,2	-	-
R10	-	37,9	-	-
R11	-	38,4	-	-
R12	VV01, VV05, VV06	45,2	45,2	0,0
R13	-	34,5	-	-
R14	-	36,0	-	-
R15	-	27,1	-	-
R16	VV01, VV06	38,7	39,0	0,3
R17	VV01, VV05, VV06, VV09, H2, H3, H4, H5, H6, H9	41,9	43,1	1,2

Taulukko 6. A-painotetut Varsavaaran VE2 melutasot reseptoripisteissä (ulkomelutaso)

Re-ceiver	Voimalaitokset, joissa melupäästön korjaus (+2dB) korkeuseron perusteella	Ei korjattu, L_{Aeq} (dB)	Korjaus tehty, L_{Aeq} (dB)	Korjauksen vaikutus, L_{Aeq} (dB)
R1	-	30,0	-	-
R2	-	29,8	-	-
R3	-	27,4	-	-
R4	VV09	32,1	32,6	0,5
R5	-	20,2	-	-
R6	-	18,4	-	-
R7	-	17,3	-	-
R8	-	16,2	-	-
R9	-	19,8	-	-
R10	-	28,9	-	-
R11	-	28,5	-	-
R12	VV01, VV05, VV06	39,4	39,4	0,0
R13	-	28,1	-	-
R14	-	30,5	-	-
R15	-	23,2	-	-
R16	VV01, VV06	34,9	35,5	0,6
R17	VV01, VV05, VV06, VV09	39,4	40,4	1,0

Taulukko 7. A-painotetut VE2 yhteisvaikutuksen melutasot reseptoripisteissä (ulkomelutaso)

Re-ceiver	Voimalaitokset, joissa melupäästön korjaus (+2dB) korkeuseron perusteella	Ei korjattu, L_{Aeq} (dB)	Korjaus tehty, L_{Aeq} (dB)	Korjauksen vaikutus, L_{Aeq} (dB)
R1	H9	42,0	42,1	0,1
R2	H1, H2, H3	37,3	38,9	1,6
R3	H1	33,1	33,8	0,7
R4	VV09, H1	33,9	34,7	0,8
R5	-	29,1	-	-
R6	-	32,6	-	-
R7	-	30,7	-	-
R8	-	26,0	-	-
R9	-	22,9	-	-
R10	-	30,7	-	-
R11	-	30,0	-	-
R12	VV01, VV05, VV06	39,8	39,8	0,0
R13	-	28,9	-	-
R14	-	31,8	-	-
R15	-	25,6	-	-
R16	VV01, VV06	36,2	36,7	0,5
R17	VV01, VV05, VV06, VV09, H2, H3, H4, H5, H6, H9	41,3	42,6	1,3

Taulukko 8. A-painotetut muiden alueen voimaloiden yhteisvaikutuksen melutasot reseptoripisteissä (ulkomelutaso)

Receiver	Voimalaitokset, joissa melupäästön korjaus (+2dB) korkeuseron perusteella	Ei korjattu, L_{Aeq} (dB)	Korjaus tehty, L_{Aeq} (dB)	Korjauksen vaikutus, L_{Aeq} (dB)
R1	H9	41,8	41,8	0
R2	H1, H2, H3	36,4	38,1	1,7
R3	H1	31,7	31,7	0
R4	H1	29,2	29,9	0,7
R5	-	28,5	-	-
R6	-	32,4	-	-
R7	-	30,5	-	-
R8	-	25,6	-	-
R9	-	20,0	-	-
R10	-	25,9	-	-
R11	-	24,6	-	-
R12	-	29,6	-	-
R13	-	21,1	-	-
R14	-	25,9	-	-
R15	-	22,0	-	-
R16	-	30,4	-	-
R17	H2, H3, H4, H5, H6, H9	36,8	38,5	1,7

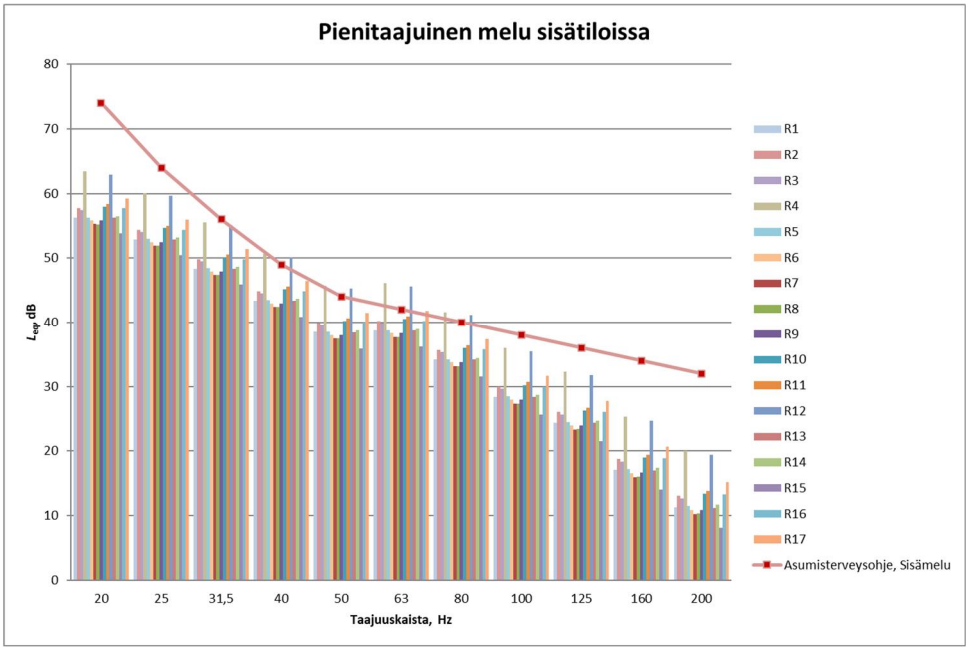
Mallinnusten mukaan Varsavaaran vaihtoehdossa VE1 kolmen reseptoripisteen (R4, R12 ja R17) osalta ylitetään 40 dB. Varsavaaran vaihtoehdon VE1 yhteismallinnuksen osalta useiden Hietavaaran tuulivoima-aluetta lähinnä olevien loma- ja asuinrakennusten osalta ylittyy 40dB. Yhteismallinnuksessa yhdenkään uuden vakituisen asuintalon tai loma-asunnon osalta ei ylitetä 40 dB, kun huomioidaan >60m korkeuseron +2dB korjaus.

Varsavaaran vaihtoehdossa VE2 yhden reseptoripisteen (R17) osalta ylitetään 40 dB, kun huomioidaan >60m korkeuseron +2dB korjaus voimaloissa. Varsavaaran vaihtoehdon VE2 yhteismallinnuksen osalta useiden Hietavaaran tuulivoima-aluetta lähinnä olevien loma- ja asuinrakennusten osalta ylittyy 40dB.

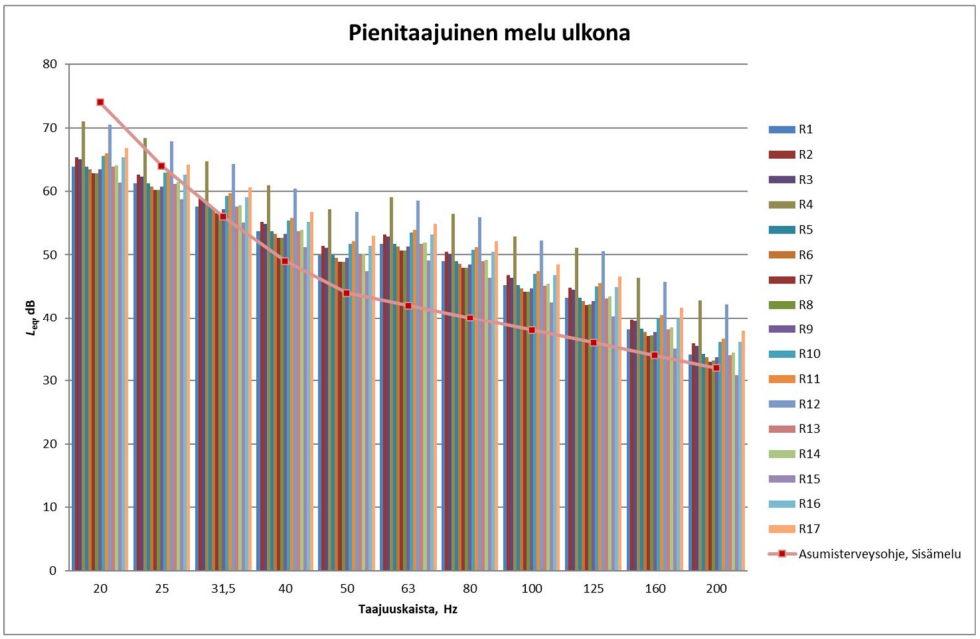
Mallinnuksessa, jossa ei ole huomioitu Varsavaaran voimaloita, ylittyy 40 dB reseptoripisteessä R1 sekä kuuden muun lomarakennuksen Hietavaaran tuulivoimapuiston lähettyvillä.

4.2 Pienitaajuinen melu

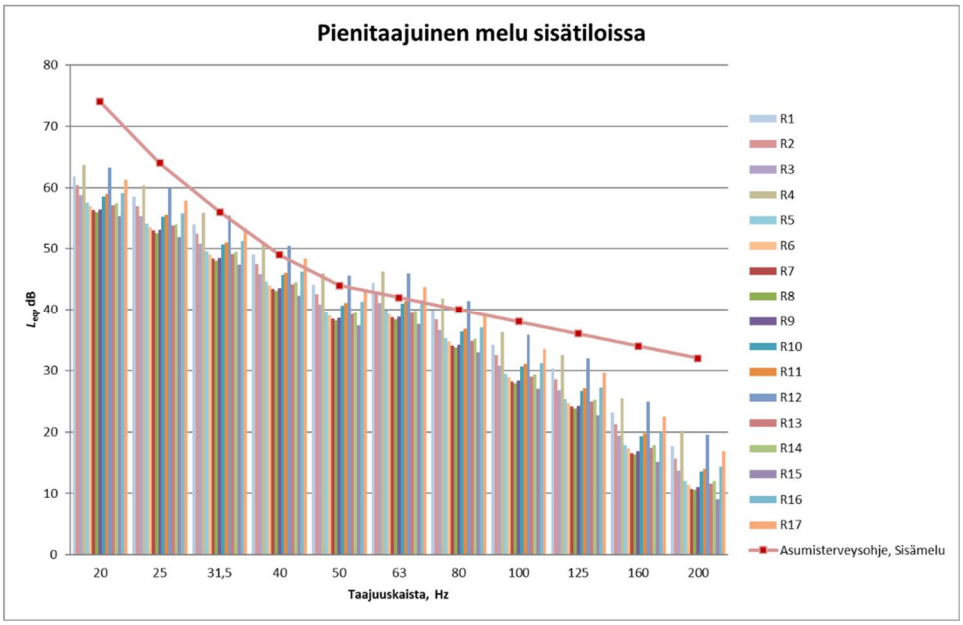
Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin reseptoripisteisiin 1–17. Taajuuspainottamattomat melutasot on esitetty kuvissa 2 ja 3 Varsavaaran vaihtoehdolle VE1 ja kuvissa 4 ja 5 yhteismelu vaihtoehdon VE1 kanssa. Kuvissa 6 ja 7 on Varsavaaran vaihtoehdon VE2 melutasot ja kuvissa 8 ja 9 yhteismelu vaihtoehdon VE2 kanssa.



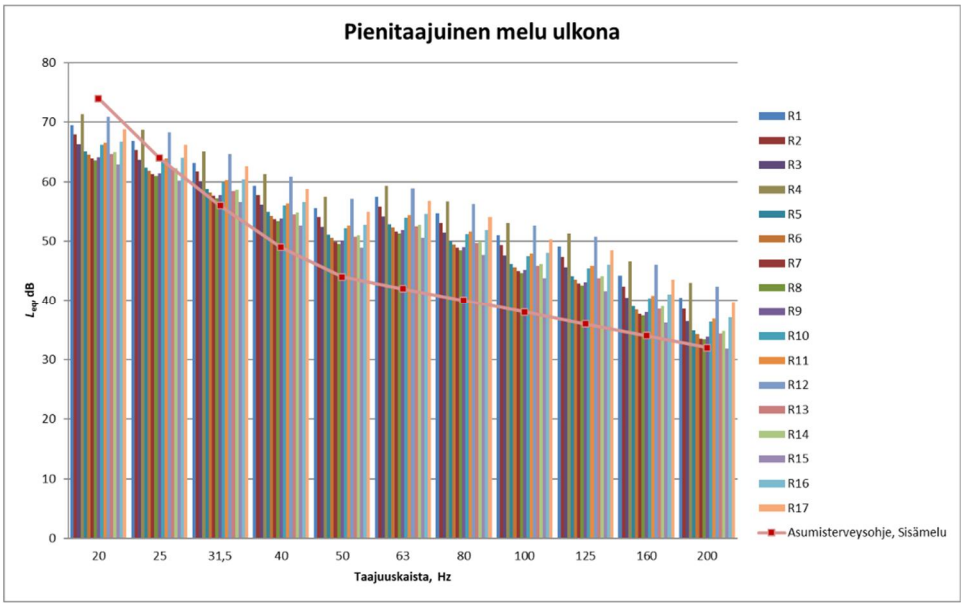
Kuva 2. Varsavaara VE1 pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä



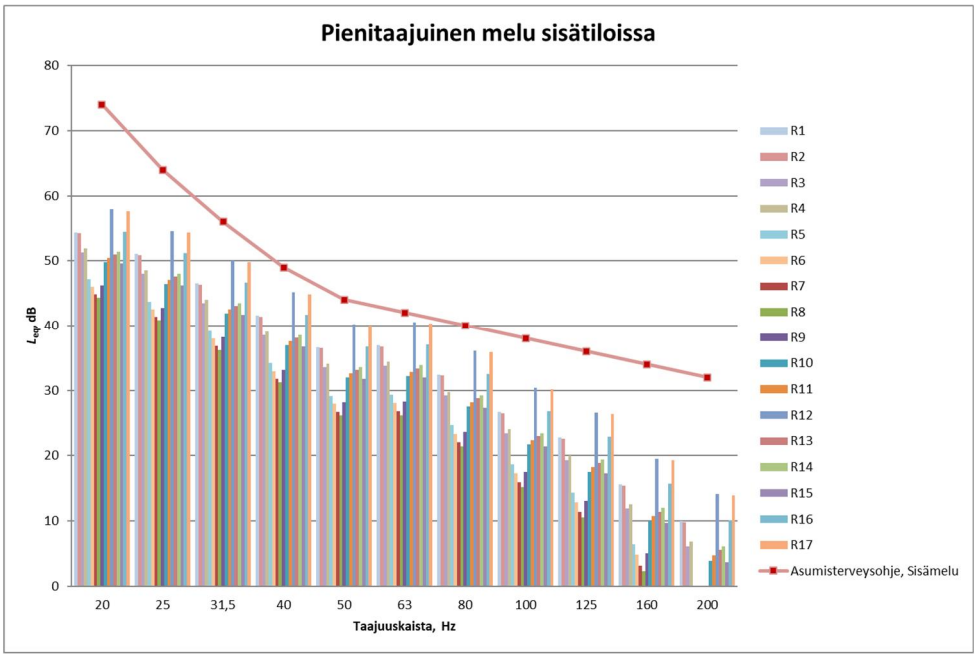
Kuva 3. Varsavaara VE1 pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä



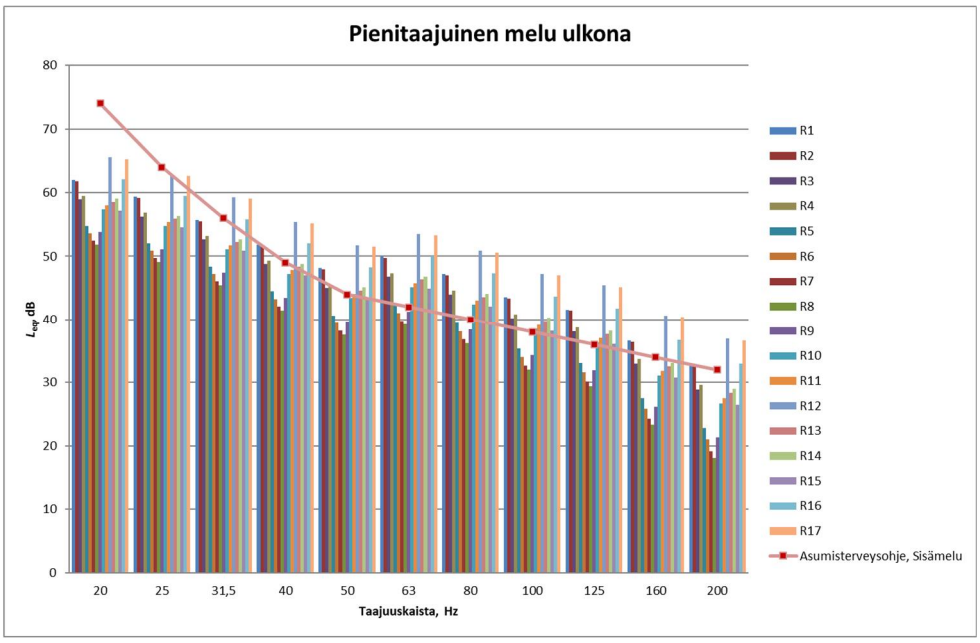
Kuva 4. VE1 yhteismelun pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä



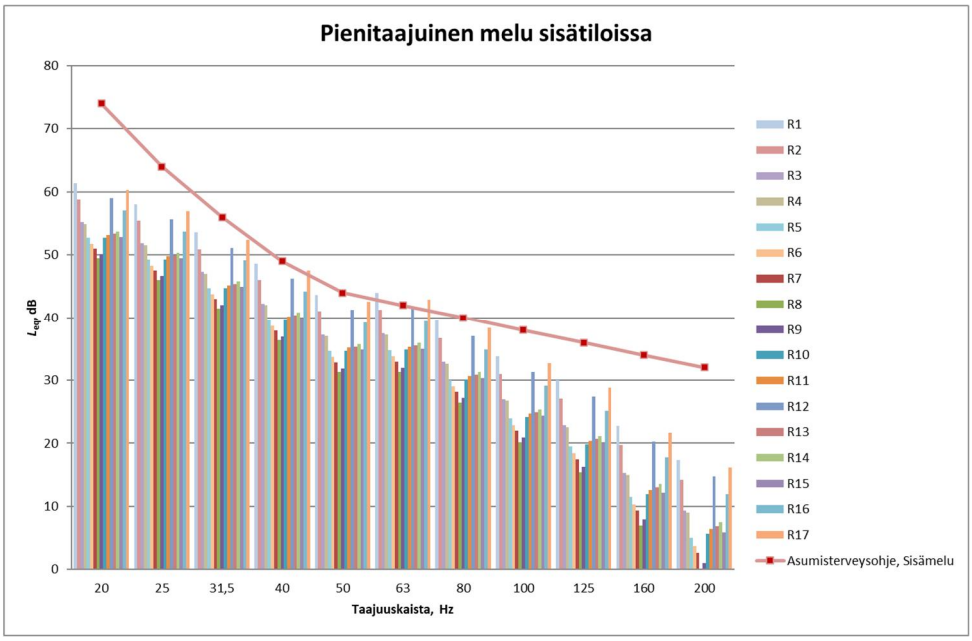
Kuva 5. VE1 yhteismelun pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä



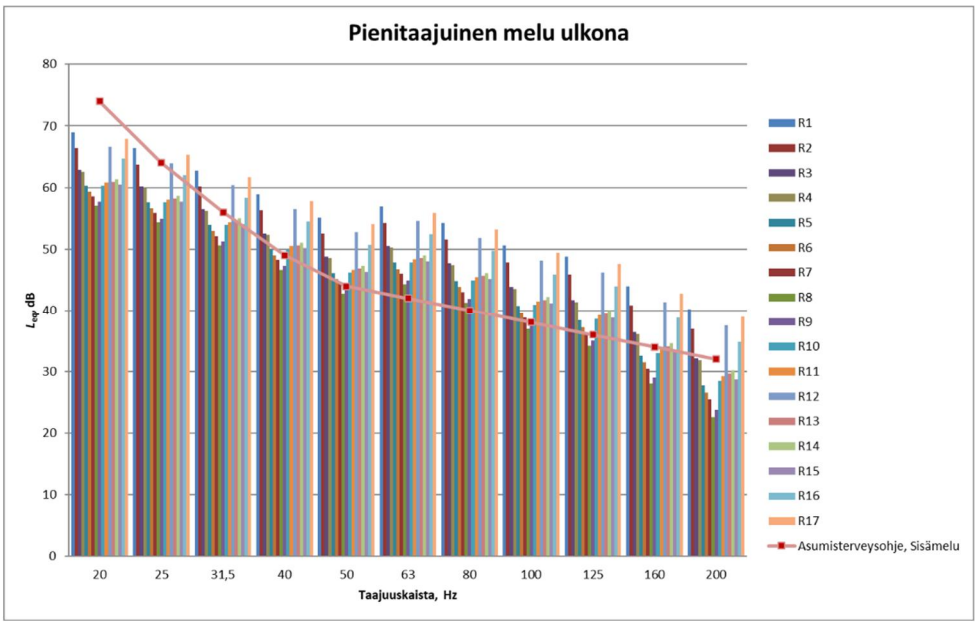
Kuva 6. Varsavaara VE2 pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä



Kuva 7. Varsavaara VE2 pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä



Kuva 8. VE2 yhteismelun pienitaajuisen sisämelun laskentatulokset reseptoripisteissä



Kuva 9. VE2 yhteismelun pienitaajuisen ulkomelun laskentatulokset reseptoripisteissä

Reseptoripisteiden R1, R4, R12 ja R17 osalta tilanteissa, joissa ulkomelutaso ylittää 40dB, ylittyvät myös Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaiset pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajat 1–4 dB taajuuksilla 40–80 Hz.

Verrattaessa alle 40 dB ulkomelutason jäävien reseptoripisteiden laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) välillä 25–200 Hz ovat 1–14 dB. Taajuuskaistalla 20 Hz jo ulkotilaan lasketut pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätilojen toimenpiderajat.

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 niissä reseptoripisteissä, joissa alitetaan ulkomelutaso 40 dB kaikkien terssikaistojen osalta. Tulokset osoittavat,

että ympäristön rakennusten kohdalla normaalia rakentamistapaa vastaava ilmaääneneristys riittää vaimentamaan tuulivoimalaitosten pienitaajuisen melun toimenpiderajojen alle, kun ulkomelutaso alittaa 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 häiritsevyyskorjaukset

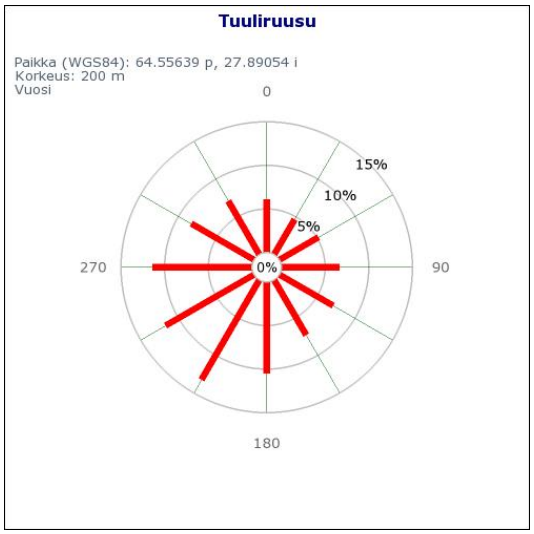
Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyyskorjaus +5 dB tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen, mikäli melun todetaan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



Kuva 10. Tuuliruusu Suomen Tuuliatlaksesta

Tuulennopeuden lisäksi myös tuulensuunta vaikuttaa melun leviämiseen. Varsavaaran tuulipuiston hankealueella vallitseva tuulensuunta on lounaasta. Tällöin mallinnuksen mukaisia melutasoja voi esiintyä useimmin voimaloiden koillispuolella. Myös etelä-länsituulet ovat tuuliruusun perusteella yleisiä.

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.

Ulkomelutasot

Mallinnusten mukaan Varsavaaran vaihtoehdossa VE1 kolmen reseptoripisteen (R4, R12 ja R17) osalta ylitetään 40 dB. Varsavaaran vaihtoehdon VE1 yhteismallinnuksen osalta useiden Hietavaaran tuulivoima-aluetta lähinnä olevien loma- ja asuinrakennusten osalta ylittyy 40dB. Yhdenkään uuden vakituisen asuintalon tai loma-asunnon osalta ei ylitetä 40 dB, kun huomioidaan >60m korkeuseron +2dB korjaus.

Varsavaaran vaihtoehdossa VE2 yhden reseptoripisteen (R17) osalta ylitetään 40 dB, kun huomioidaan >60m korkeuseron +2dB korjaus voimaloissa. Varsavaaran vaihtoehdon VE2 yhteismallinnuksen osalta useiden Hietavaaran tuulivoima-aluetta lähinnä olevien loma- ja asuinrakennusten osalta ylittyy 40dB.

Mallinnuksessa, jossa ei ole huomioitu Varsavaaran voimaloita, ylittyy 40 dB reseptoripisteessä R1 sekä kuuden muun lomarakennuksen kohdalla Hietavaaran tuulivoimapuiston lähettyvillä.

Sisämelutasot

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 niiden ympäristön rakennusten kohdalla, joissa myös alitetaan 40 dB ulkomelutaso. 40 dB ulkomelutason ylittyessä, ylittyvät myös Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaiset pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajat 1–4 dB taajuuksilla 40–80 Hz reseptoripisteestä ja mallinnustilanteesta riippuen.

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

Laatija: Ville Virtanen, Ramboll Finland Oy
Päivämäärä: 17/10/2022

Hankevastaava: Prokon Wind Energy Finland Oy
Hankealue: Varsavaara

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,X MW	200 m	163 m	Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
☐ Kyllä	☐ Kyllä	Noise modes 1-18
☐ Ei	☐ Ei	
☑ Ei ilmoitettu	☑ Ei ilmoitettu	

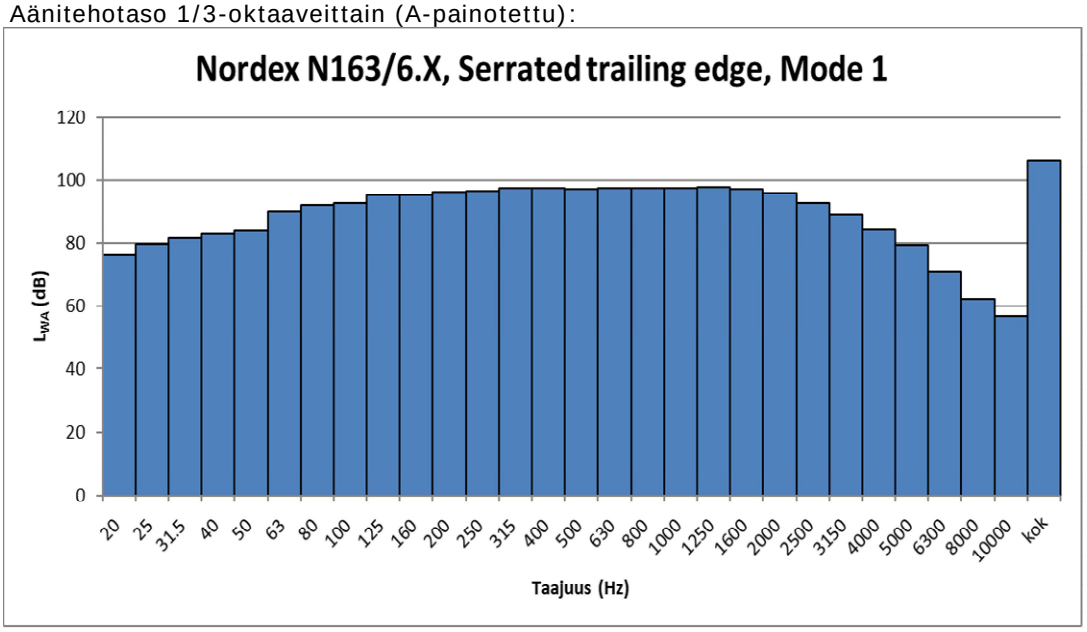
Äänitehotaso L_{WA} tuulennopeudella >6 m/s (10 m korkeudella maanpinnasta):

106,4 ☐ Takuuarvo

Suurin äänitehotaso L_{WA}:

106,4 dB + 2 dB (Uc) ☑ Takuuarvo Mode 1 (serrated trailing edge)

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	-	2,5 m

Hankealueen korkeuserot

Tuulivoimalan perustusten ja altistuvan kohteen korkeusero yli 60 m (3 km etäisyydellä voimaloista)

☑ Kyllä ☐ Ei

Jos kyllä, mitkä tuulivoimalat:

VV01, VV05, VV06, VV09, H1, H2, H3, H4, H5, H6, H9

Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastukset, käytetyt kertoimet

Vesialueet	0	akustisesti kova pinta
Maa-alueet	0,4	akustisesti puolikova pinta

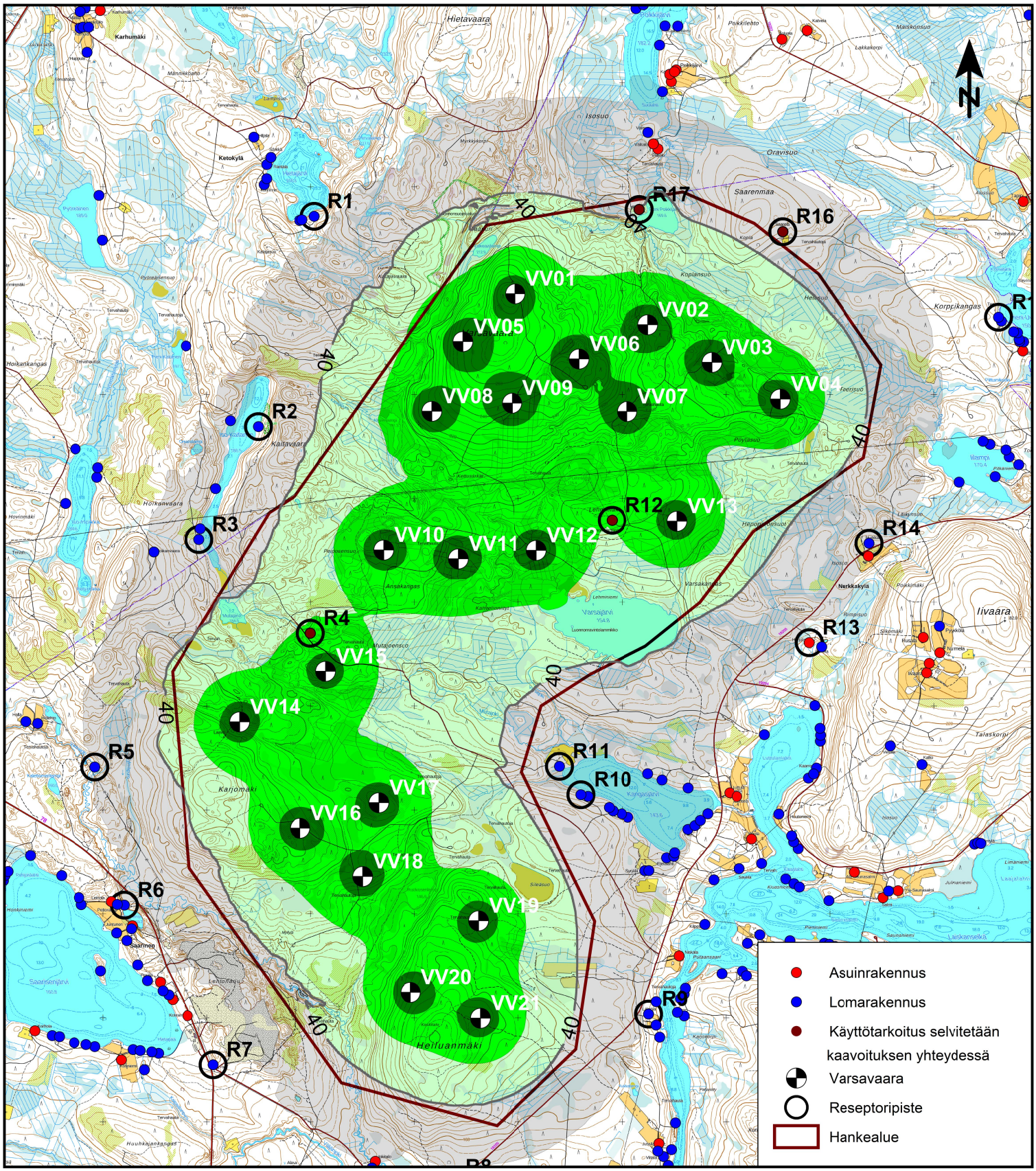
Ilmakehän stabiilius laskennassa / meteorologinen korjaus

Neutraali	0	neutraali - stabiili sääolosuhde

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

☑ Vapaa avaruus

☐ Muu



RAMBOLL

PROKON Wind Energy Finland Oy

Varsavaara

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

Laskentamalli ISO 9613-2
Laskentakorkeus 4 m

Varsavaara VE1
Nordex N163/6.X, with STE, mode 1
-HH 200 m
-L_{WA} 106,4dB + 2 dB (Uc)

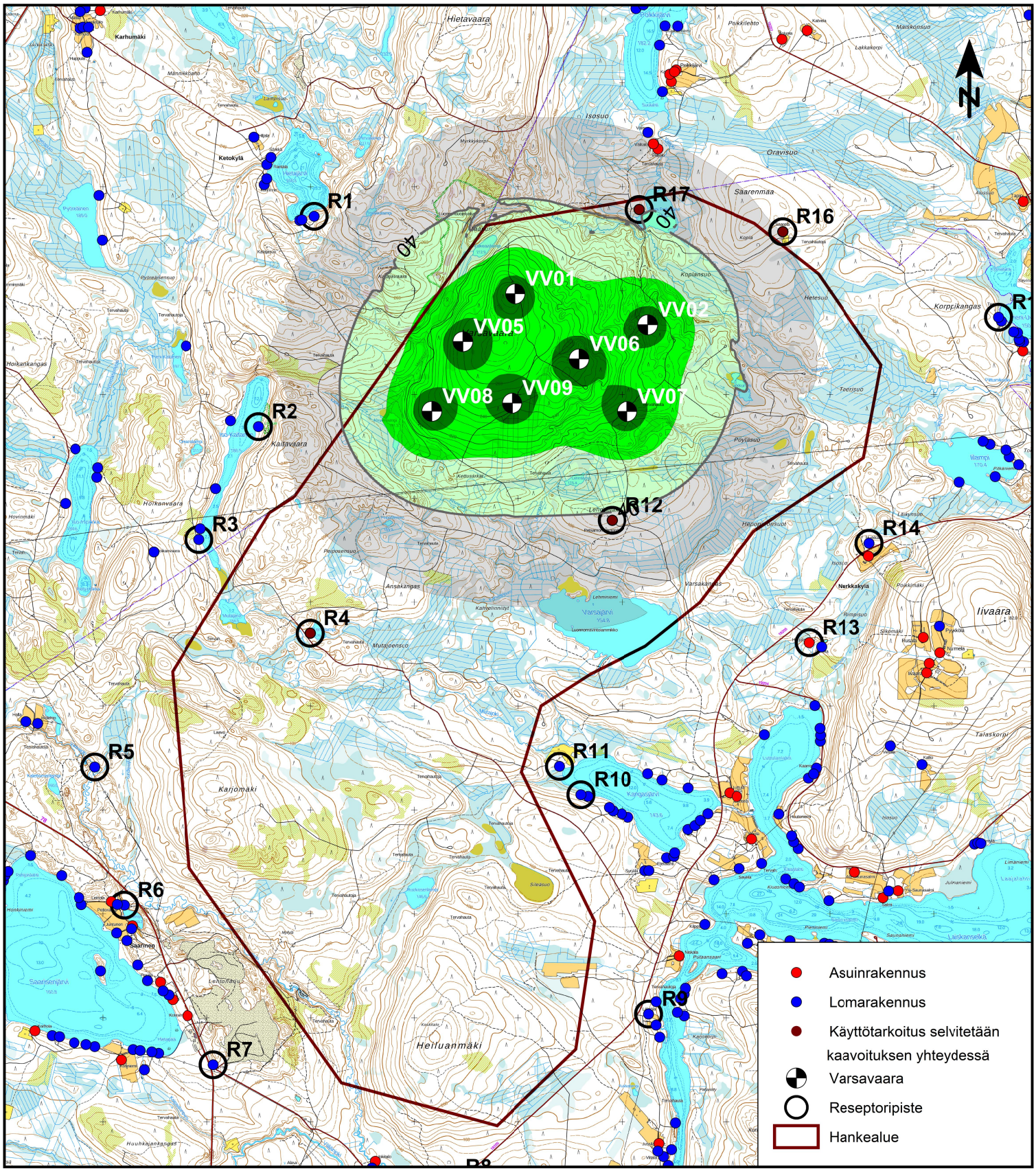
Äänitaso dB(A)

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

Mittakaava (A4) 1:50000

0 800 1600 2400 3200 m

31/10/2022 VV



RAMBOLL

PROKON Wind Energy Finland Oy

Varsavaara

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

Laskentamalli ISO 9613-2
Laskentakorkeus 4 m

Varsavaara VE2
Nordex N163/6.X, with STE, mode 1
-HH 200 m
-L_{WA} 106,4dB + 2 dB (Uc)

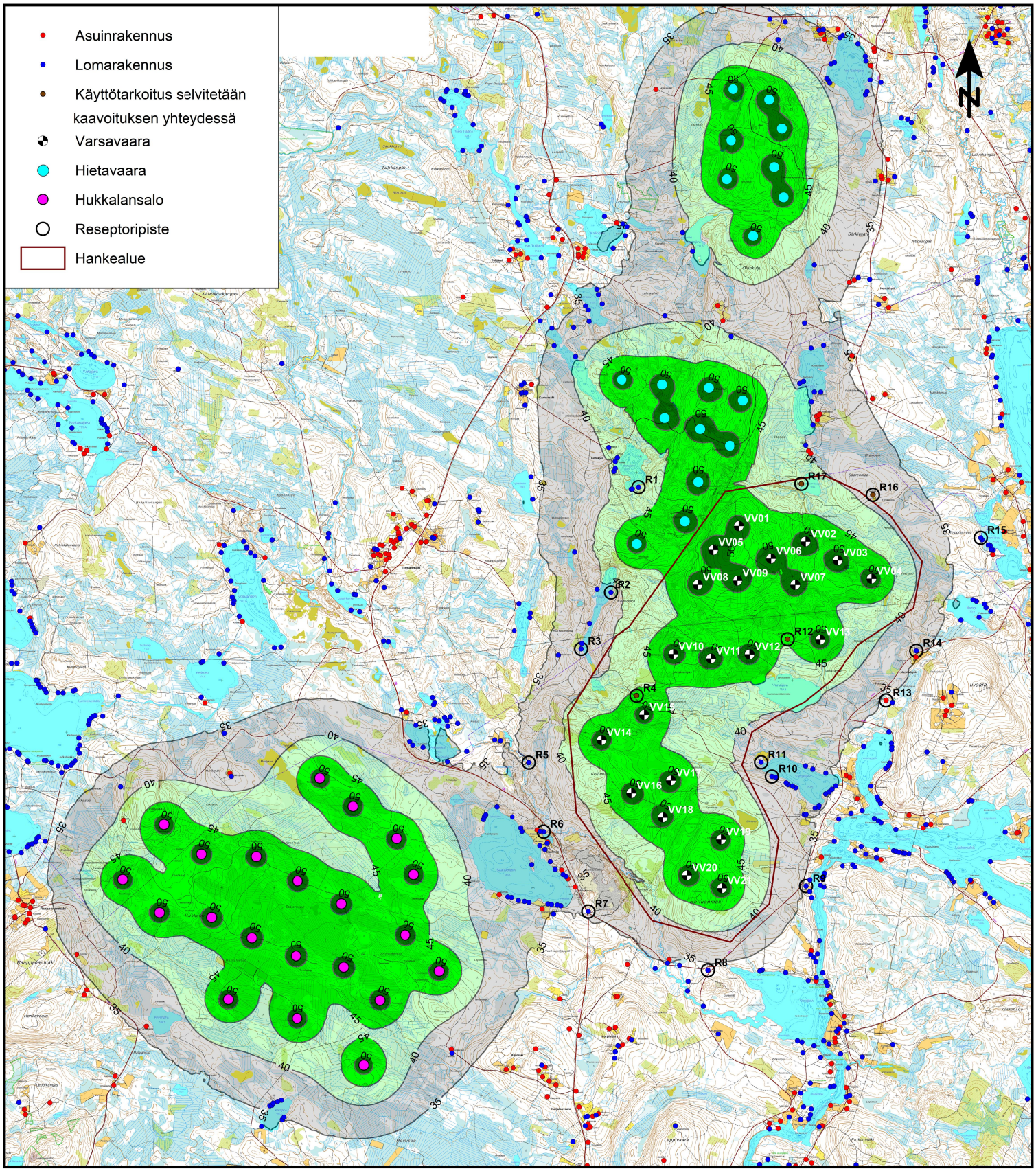
Äänitaso dB(A)

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

Mittakaava (A4) 1:50000

0 800 1600 2400 3200 m

31/10/2022 VV



RAMBOLL

PROKON Wind Energy Finland Oy

Varsavaara

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

Laskentamalli ISO 9613-2
Laskentakorkeus 4 m

Varsavaara VE1
Nordex N163/6.X, with STE, mode 1
-HH 200 m
-L_{WA} 106,4dB + 2 dB (Uc)

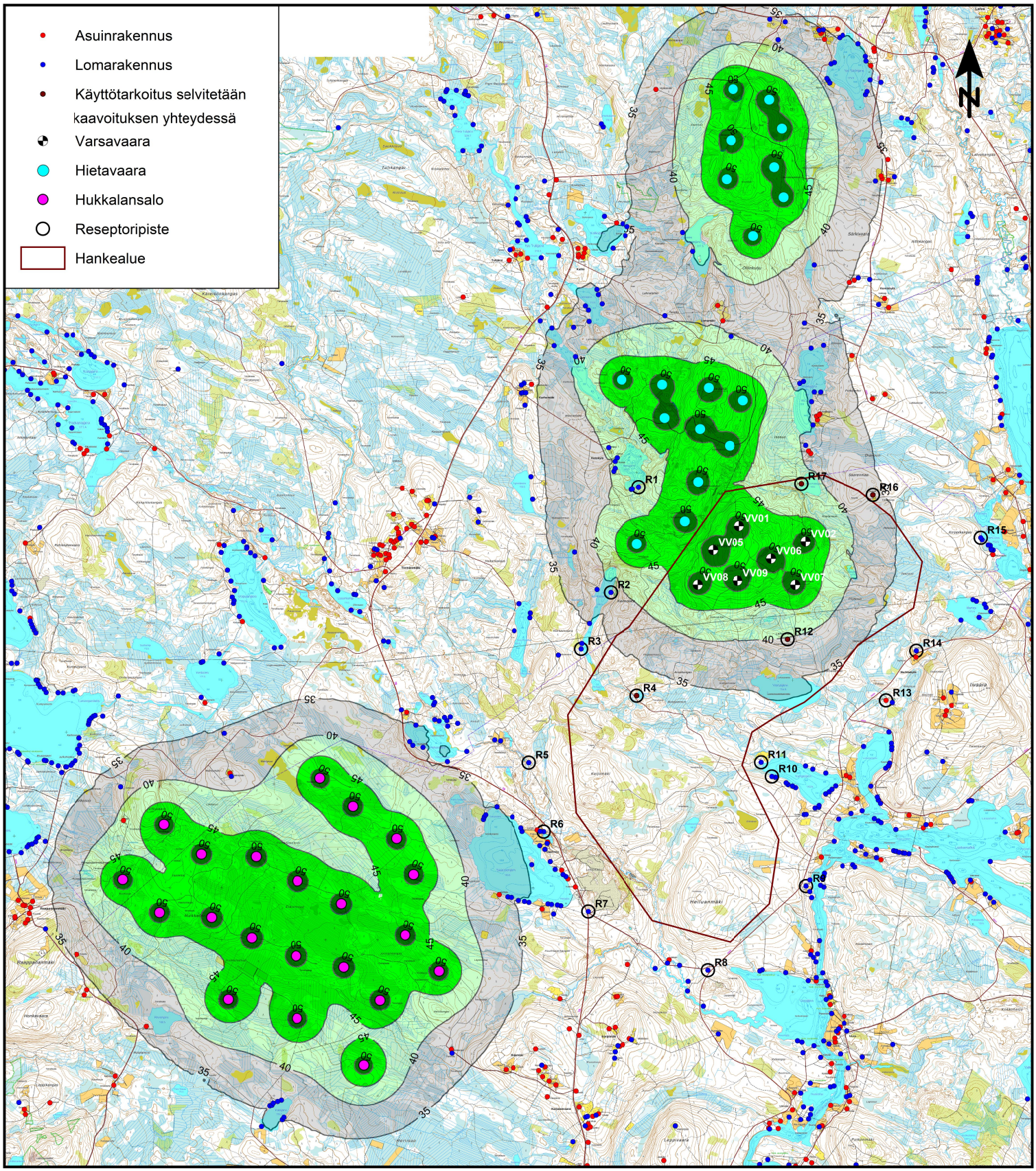
Äänitaso dB(A)

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

Mittakaava (A4) 1:100000

0 1500 3000 4500 6000 m

31/10/2022 VV



RAMBOLL

PROKON Wind Energy Finland Oy

Varsavaara

Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

Laskentamalli ISO 9613-2
Laskentakorkeus 4 m

Varsavaara VE2
Nordex N163/6.X, with STE, mode 1
-HH 200 m
-L_{WA} 106,4dB + 2 dB (Uc)

Äänitaso dB(A)

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

Mittakaava (A4) 1:100000

0 1500 3000 4500 6000 m

31/10/2022 VV