

The logo for FCG, consisting of the letters 'FCG' in a bold, dark teal font, followed by a small orange dot.

Finnish  
Consulting  
Group

# Tuuramäen tuuli- ja aurinkovoimahanke, Virrat

LIITE 13: TUURAMÄEN TUULIVOIMAHANKKEEN MELUSELVITYS  
(VE1), AFRY FINLAND OY



Ilmatar Virrat Oy

**Tuuramäen tuulivoimahankkeen meluselvitys (VE1)**

101021368-013, 28.05.2024



Tekijä  
AFRY Finland Oy  
Juulianna Lähteinen

E-mail  
[juulianna.lahteinen@afry.com](mailto:juulianna.lahteinen@afry.com)

Osasto  
Wind and Solar Finland

Raporttiversio  
003

Asiakas  
Ilmatar Virrat Oy  
Kirsi Kyllönen

Päivämäärä  
28/05/2024

Projektinumero  
101021368-013

Raportin tila  
VALMIS

## Tuurämäen tuulivoimahankkeen meluselvitys (VE1)

## Raporttihistoria

Versio	Pvm/Laajitus	Pvm/Tarkastaja	Merkinnät/Muutokset
001	30.01.2024/ Mika Laitinen, Senior Consultant	30.01.2024/ Erkki Heikkola, Senior Consultant	Alkuperäinen
002	26.04.2024/ Juulianna Lähteinen, Technical Consultant	26.04.2024/ Mika Laitinen, Senior Consultant	Napakorkeus muutettu
003	28.05.2024/ Juulianna Lähteinen, Technical Consultant	28.05.2024/ Erkki Heikkola, Senior Consultant	Lisätty yhteisvaikutus- mallinnukset Myyrän- kankaan VE2:n kanssa.

## Aineistojen käyttöoikeudet

Selvityksessä on käytetty Maanmittauslaitoksen ja Suomen ympäristökeskuksen avoimien aineistojen käyttöluvien alaista materiaalia, jotka on lisensoitu Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>.

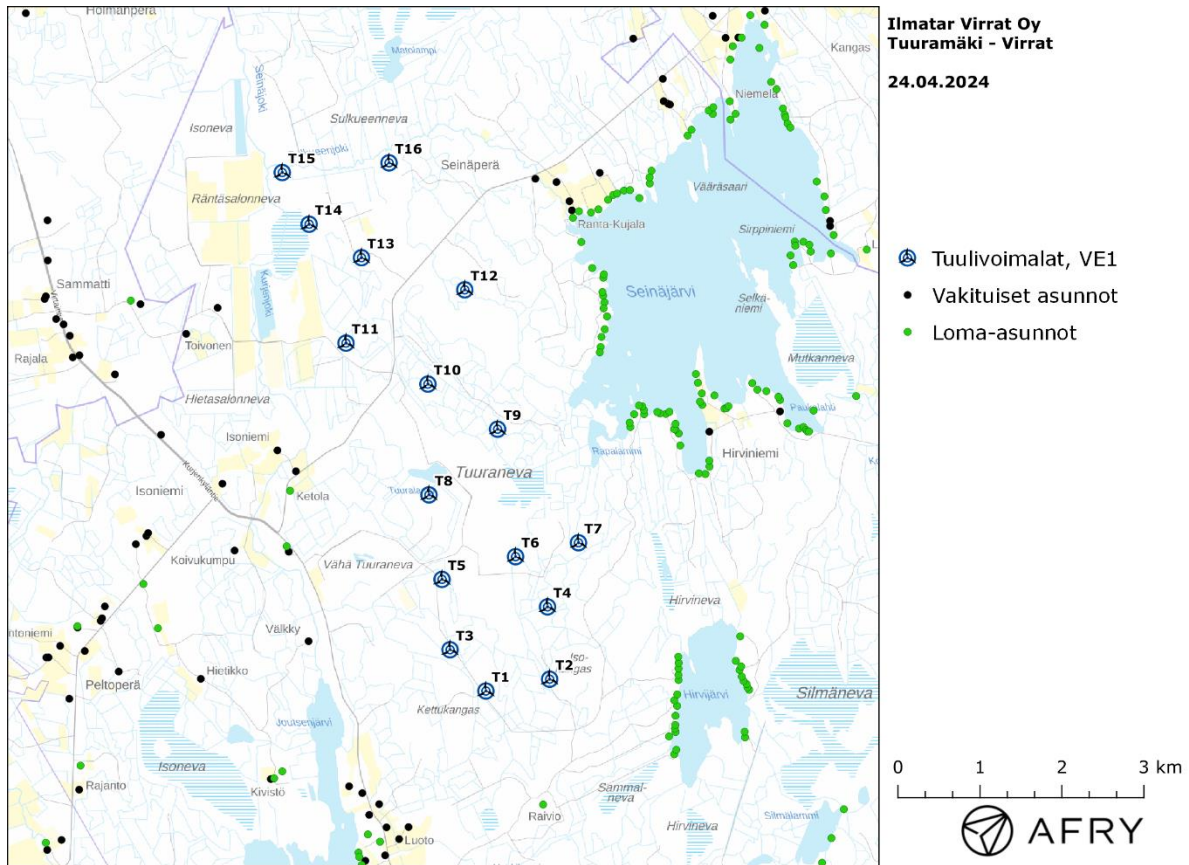
## Sisällysluettelo

1	Johdanto .....	4
2	Tuulivoimaloiden melu .....	6
2.1	Yleistä tuulivoimamelusta .....	6
2.2	Melumallinnusohjeistus.....	7
2.3	Ohjearvot .....	8
2.4	Sisämelutasojen arviointi.....	9
3	Tuulivoimakohteen melumallinnus .....	10
3.1	Keskiäänitasojen LAeq mallinnus .....	10
3.2	Matalataajuisen melun mallinnus .....	14
3.3	Tuuramäen, Myyränkankaan ja Vermassalon yhteisvaikutus.....	16
4	Yhteenveto .....	23
5	Viitteet .....	24
6	Melumallinnuksen tiedot.....	25

# 1 Johdanto

Selityksessä arvioidaan Virtain kaupungin alueelle suunnittelun Tuuramäen tuulivoimapaiston aiheuttamaa meluvaikutusta laskennallisten mallien avulla. Arviointi on tehty 16 voimalan toteutusvaihtoehdolle VE1. Voimaloiden sijainnit on esitetty karttapolhjalla kuvassa (Kuva 1) ja koordinaatit annettu taulukossa (Taulukko 1).

Mallinnuksissa voimaloille on käytetty napakorkeutta 205 m ja turbiinityypin V172 7.2 MW PO7200 (with serrated trailing edges) taajuusjakaumaa äänitehotasolla 108,9 dB(A) (turbiinivalmistajan ilmoittama maksimiäänitehotaso 106,9 dB(A) + varmuusarvo 2 dB(A)). Turbiinityypin melupäästön tunnusarvoa ei pystytä tässä yhteydessä määrittämään standardin IEC TS 61400-14 mukaisesti, joten ilmoitettuun melupäästön lukuarvoon lisätään 2 dB tunnusarvon saamiseksi. Näin määriteltynä selvityksessä käytetyt lähtömelutasot ovat ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisia melupäästön tunnusarvoja.



Kuva 1: Tuulivoimaloiden sijainnit Tuuramäen hankealueella toteutusvaihtoehdolle VE1.

Taulukko 1: Tuuramäen tuulivoimaloiden (16 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus turbiinipaikalla.

Turbiinit	E	N	Maaston korkeus [m]
T1	310494	6916260	153
T2	311271	6916405	150
T3	310056	6916764	143
T4	311246	6917287	147
T5	309958	6917622	145
T6	310856	6917899	145
T7	311623	6918069	145
T8	309799	6918653	151
T9	310636	6919454	143
T10	309786	6920004	140
T11	308786	6920504	136
T12	310236	6921154	143
T13	308975	6921545	133
T14	308336	6921954	131
T15	308008	6922584	130
T16	309312	6922702	133

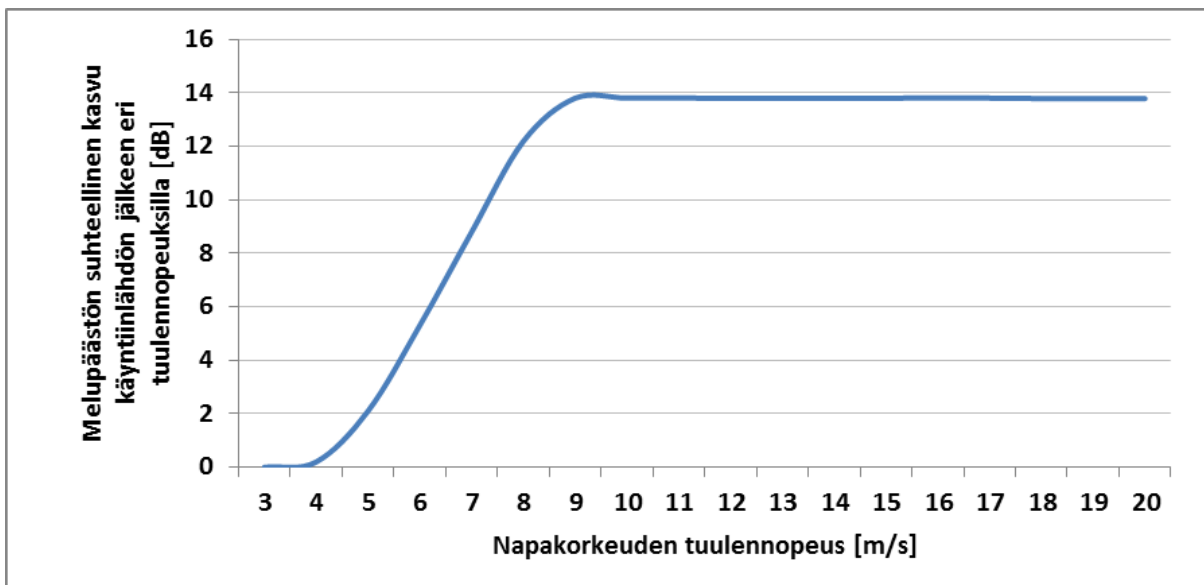
## 2 Tuulivoimaloiden melu

### 2.1 Yleistä tuulivoimamelusta

Tuulivoimalaitosten käyntiääni koostuu pääosin laajakaistaisesta lapojen aerodynaamisesta melusta sekä hieman kapeakaistaisemmasta sähköntuotantokoneiston yksittäisten osien aiheuttamasta melusta johon kuuluvat muun muassa vaihteisto, generaattori sekä jäähdytysjärjestelmät. Tuulivoimaloiden aerodynaaminen melu on hallitsevin äänilähde, joka kattaa noin 90 prosenttia kokonaisäänienergiasta lapojen suuren vaikutuspinta-alan vuoksi [14]. Tuulivoimamelu on A-taajuusjakaumaltaan painottunut tyypillisesti 200–1000 Hz:n väliin.

Modernit kolmilapaiset tuulivoimalaitokset ovat nykyisin ylävirtalaitoksia, joissa siivistö sijaitsee tuulen etupuolella suhteessa voimalan torniin. Katsottaessa aerodynaamisen melun suuntaavuutta ylhäältä käsin on siivistön äänitaso sivutuulen puolelta noin 4–6 dB alhaisempi kuin tuulen ylä- ja alapuolilla samalla etäisyydellä [18].

Vaihtuvanopeuksisen tuulivoimalan äänipäästö on suoraan verrannollinen tuulennopeuteen siten, että alhaisilla tuulilla eli hitaalla roottorin pyörimisnopeudella ja lähellä käyntiinlähtönopeutta lähtöäänitaso on usein noin 10–15 dB alhaisempi kuin voimalan nimellisteholla, jossa roottori saavuttaa suurimman kierrosnopeuden (Kuva 2).



Kuva 2: Esimerkkikuva äänipäästön kasvusta napakorkeuden tuulennopeuden mukaan. Äänitason nousu tasoittuu n. 10 m/s voimalan napakorkeudella mitatun tuulennopeuden jälkeen.

Äänipäästön  $L_{WA}$  huipputaso saavutetaan tyypillisesti voimalan nimellistehotasolla, joka tarkoittaa tyypillisesti yli 10 m/s tuulennopeutta napakorkeudella voimalamallista ja etenkin tornikorkeudesta riippuen. Tuulennopeuden edelleen kasvaessa tuulivoimalan siipikulmasäätö tasoittaa äänitehotason nousun roottorin pyörimisnopeuden pysyessä ennallaan.

Taustamelu, kuten liikennemelu ja teollisuusmelu sekä tuulen tuottama aallokko- ja puustokohina, peittävät tuulivoimaloiden melua, mutta peittoäänet ovat ajallisesti ja tasoltaan vaihtelevia. Tuulikohina esimerkiksi puustossa on taajuuskaistaltaan laajakaistaista ja tuulensuunnasta,



puulajeista, vuodenajasta ja tuulennopeudesta riippuva. Puustokohinan äänitaso mittauskorkeudella 1,5 m voi nousta kuitenkin tuulennopeuden mukaan kokemusperäisesti jopa yli 60 dB:n tasolle [17].

Ilmakehän pystysuuntaisen stabiilisuuden ja ilmavirran turbulenssin vaihtelut vuorokauden eri aikoina voivat vaikuttaa tuulisuuden tasoon eri korkeuksilla [15]. Ilmakehän neutraalin stabiilisuuden vallitessa 8 m/s tuulennopeus 10 metrin korkeudella vastaa korkeudella 100 m nopeutta 12 m/s, korkeudella 160 m nopeutta 14 m/s ja korkeudella 200 m nopeutta 15 m/s [16].

Moderneissa tuulivoimalaitoksissa melun lähtöäänitasa voidaan kontrolloida erillisellä optimointisäädöllä, jonka avulla kellonajan, tuulensuunnan ja tuulennopeuden mukaan säädetään lapakulmaa haluttuun pyörimisnopeuteen ja melutasoon. Tällä säädöllä on kuitenkin vaikutuksia voimalan sen hetkiseen tuotantototehoon. Modernit voimalamallit sisältävät usein myös siiven jättöreunan sahalaidoituksen, joka vähentää melupäästöä nimellisteholla tällä hetkellä noin 2–3 dB ja tulevaisuudessa vieläkin enemmän serraatioiden tuotekehityksen johdosta [13].

Tarkempia taustatietoja tuulivoimaloiden aiheuttaman melun syntymekanismeista, luonteesta ja vaikutuksista on koottuna julkaisuihin [1], [2] ja [5].

## 2.2 Melumallinnusohjeistus

Ympäristöministeriö on julkaissut 28.2.2014 ohjeen tuulivoimaloiden melun mallintamiseen [7]. Ohjeessa on annettu tietoja mallinnusmenettelyistä arvioitaessa tuulivoimaloiden aiheuttamaa melukuormitusta ympäristönsuojelulain täytäntöönpanossa ja soveltamisessa sekä maankäyttö- ja rakennuslain mukaisissa menettelyissä. Ohjeissa määritellään yksityiskohtaisesti käytettävät mallit, niiden parametrit ja lähtötiedot sekä tulosten esittämistavat. Yksityiskohtainen ohjeistus on koettu tarpeelliseksi, jotta mallinnustulokset olisivat aina tekijöistä riippumatta vertailukelpoisia keskenään. Tämän raportin melumallinnus on toteutettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisesti.

Melumallinnuksen lähtötietona tulisi käyttää teknisen spesifikaation IEC TS 61400-14 mukaista turbiinin melupäästön tunnusarvoa (declared value)  $L_{WA,d}$ . Se määritellään standardin IEC 61400-11 mukaisissa mittauksissa äänitehotasoksi, jonka varmuus melupäästön mahdollisessa verifiointissa on 95 %. Tunnusarvo koostuu mitatusta keskimääräisestä äänitehotasosta  $L_{WA}$  sekä varmuusarvosta K, joka vastaa turbiinityyppien melutason vaihteluväliä 95 %:n varmuudella.

Äänitehotasot on ilmoitettava 1/3-oktaaveittain keskitäajuuksilla 20–10000 Hz ja oktaaveittain keskitäajuuksilla 31,5–8000 Hz, ja ne tulee olla saatavilla 10 m:n referenssikorkeutta vastaavilla tuulen nopeuksilla 8 m/s ja 10 m/s. Melumallinnuksen epävarmuus on tarkastelussa ja ohjeistuksessa sisällytetty laskennassa käytettyyn tuuliturbiinien melupäästön arvoon, jolloin mallinnustuloksia voidaan suoraan verrata suunnitteluohjeistuksiin ilman erillistä epävarmuustarkastelua, ja äänen etenemisen ja ympäristöolosuhteiden mallinnukseen voidaan käyttää vakioituja sää- ja ympäristöolosuhdearvoja.

Melun häiritsevyyteen vaikuttaa äänitasojen lisäksi melupäästöön mahdollisesti liittyvät erityisen häiritsevät melukomponentit: melun kapeakaistaisuus, melun impulssimaisuus ja merkityksellinen sykintä (nk. amplitudimodulaatio). Melun impulssimaisuuden ja merkityksellisen sykinän vaikutukset oletetaan sisältyvän valmistajan ilmoittamiin melupäästön tunnusarvoihin, eikä mallinnusohjeistuksessa edellytetä niiden erillistä tarkastelua.

Äänen etenemislaskennassa käytetään ohjeen mukaisia standardiin ISO 9613-2 perustuvia sää- ja ympäristöolosuhdearvoja. Maaston pinnan laatu ja muoto otetaan mallinnuksessa erillisinä huomioon. Lisäksi matalataajuuden äänen eteneminen tulee mallintaa erikseen ohjeistuksessa määritellyn erillislaskennan avulla, joka perustuu Tanskassa annettuun ohjeistukseen, jonka

parametreja on mukautettu Suomen olosuhteisiin [3]. Laskennassa otetaan huomioon geometrinen etäisyysvaimennus sekä ohjeistuksen mukaiset ilmakehän absorption ja maastovaikutuksen parametrit. Matalataajuisen äänen tarkastelu tehdään erikseen 1/3-oktaaveittain taajuusalueella 20–200 Hz melulle merkittävimmin altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella. Laskennan tarkoituksena on tuottaa tieto ulkomelutasoista terssikaistoittain, ja niiden perusteella voidaan arvioida rakennuksen sisämelutaso oletetulla ääneneristävyydellä.

## 2.3 Ohjearvot

Valtioneuvoston 1.9.2015 voimaan astunut asetus 1107/2015 määrittää tuulivoimaloiden aiheuttaman ulkomelutason ohjearvot [9]. Päätöstä sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyisyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyissä. Ohjearvot määritetään melun A-painotettuina päivä- (klo 07–22) ja yöajan (klo 22–07) ekvivalenttimelutasoina ulkoalueille asumiseen käytettävillä alueilla. Valtioneuvoston asetus korvaa aiemmat ympäristöministeriön suosittelemat suunnitteluarvot tuulivoimaloiden ulkomelutasoille [8].

Kun laskennallisia melutasoja verrataan valtioneuvoston asetuksen ohjearvoihin, laskettuun melutasoon ei tehdä korjausta melun impulssimaisuuden tai kapeakaistaisuuden vuoksi. Ympäristöministeriön melumallinnusohjeistuksen [7] mukaan näiden vaikutusten oletetaan lähtökohtaisesti sisältyvän valmistajan ilmoittamiin melupäästön tunnusarvoihin, joita käytetään laskennan lähtötietoina. Sen sijaan valvonnan yhteydessä tehtäviin mittaustuloksiin lisätään 5 dB ennen valtioneuvoston ohjearvoon vertaamista, mikäli tuulivoimalan ääni sisältää kapeakaistaisia tai impulssimaisia komponentteja. Valtioneuvoston ohjearvot on koottu taulukkoon (Taulukko 2).

*Taulukko 2: Mallinnustulosten arvioinnissa sovellettavat valtioneuvoston asetuksen mukaiset ohjearvot.*

Tuulivoimamelun ohjearvot	LA <sub>eq</sub> päiväajalle (klo 7–22)	LA <sub>eq</sub> yöajalle (klo 22–7)
Pysyvä asutus, Loma-asutus, Hoitolaitokset, Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Oppilaitokset, Virkistysalueet	45 dB	-
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Sosiaali- ja terveysministeriö on määrittänyt 15.5.2015 voimaan astuneessa asumisterveysasetuksessa enimmäisarvot matalataajuiselle yöaikaiselle melulle sisätiloissa [6]. Melun toimenpiderajat on annettu terssikaistoittain painottamattomille tunnin keskiäänitasoille, ja ne on lueteltu taulukossa (Taulukko 3). Ohjeistuksen mukaiset mallinnustulokset vastaavat matalataajuisen melun tasoa ulkotiloissa, joten ne eivät ole suoraan verrannollisia Asumisterveysasetuksen arvoihin. Ulkomelutasojen avulla voidaan kuitenkin arvioida sisämelutasoja, kun rakennuksen vaipan ääneneristävyys tunnetaan riittävällä tarkkuudella.

Taulukko 3: Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat sisämelulle terssikaistoittain. Desibeliarvot ovat taajuuspainottamattomia.

Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Äänitaso $L_{eq,1h}$ [dB]	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

## 2.4 Sisämelutasojen arviointi

Asumisterveysasetuksessa 545/2015 annetaan matalien taajuuksien 20–200 Hz tunnin keskiäänitasojen (Taulukko 3) lisäksi toimenpiderajat päivä- ja yöajan kokonaismelutasoille sisätiloissa. Päiväaikainen (klo 07-22) keskiäänitaso ei saa ylittää 35 dB(A) ja yöaikainen (klo 22-07) keskiäänitaso 30 dB(A). Lisäksi yöaikainen musiikkimelu tai muu vastaava mahdollisesti unhäiriötä aiheuttava melu, joka erottuu selvästi taustamelusta, ei saa ylittää 25 dB yhden tunnin keskiäänitasona  $L_{eq,1h}$  mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

Ympäristöministeriön melumallinnusohjeet eivät sisällä erillisiä ohjeita sisämelun kokonaisäänitason mallintamiseksi. Yöajan sisämelun toimenpiderajojen oletetaan kuitenkin alittuvan, mikäli melumallinnuksen antamat ulkomelutasot sekä matalataajuisten sisämelun tasot alittavat valtioneuvoston asetuksen ohjearvot ja asumisterveysasetuksen toimenpiderajat. Ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 mukaan uudisrakennusten ulkovaipan ääneneristyksen on oltava vähintään 30 dB. Jos tuulivoimaloiden aiheuttama ulkomelutaso alittaa 40 dB(A), niin sisämelutaso pysyy uudisrakennuksilla selkeästi toimenpiderajan alapuolella. Vanhemmat rakennukset eivät kuitenkaan välttämättä toteuta uuden asetuksen vaatimustasoa.

Suomalaisten asuinrakennusten ääneneristävyttä on tutkittu artikkelissa [4], jossa on esitetty taajuuskohtaiset äänitasoerot matalille taajuuskaistoille 20-200 Hz. Artikkelin arvot (Taulukko 6) on määritetty tilastollisesti niin, että ne ylittyvät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja niitä on käytetty tässä selvityksessä matalataajuisten sisämelutasojen arviointiin. Rakennusten ilmastieristyksen keskimääräinen profiili kasvaa korkeammille taajuuksille mentäessä, jonka perusteella mallinnusohjeistuksen mukainen sisämelujen arviointi tehdään vain matalille taajuuksille. Jos matalataajuisten sisämelun tasojen todetaan pysyvän annetuissa toimenpiderajoissa, myös kokonaismelun tasot pysyvät todennäköisesti raja-arvojen alapuolella.

## 3 Tuulivoimakohteen melumallinnus

### 3.1 Keskiäänitasojen LAeq mallinnus

Tuulivoimaloiden aiheuttaman keskiäänitason mallinnus on suoritettu laskentastandardin ISO 9613-2 mukaisesti AFRY Numerola -mallinnusohjelmistolla. Mallinnuksessa on käytetty V172 7.2 MW PO7200 (with serrated trailing edges) taajuusjakaumia. Taajuusjakaumat on saatu seuraavista turbiinivalmistajan dokumenteista:

- Third octave noise emission EnVentus™ 172-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0128-4336\_00. 2022-06-30.

Dokumenttia varten turbiinityypin V172 testimittauksia ei ollut saatavilla. Esitetyt melutasot perustuvat turbiinityypillä V136 tehtyihin mittauksiin, joiden perusteella V172:n melutasoja on arvioitu dokumentissa esitetyllä tavalla. Dokumentissa ilmoitettuihin melutasoihin on lisätty ympäristöministeriön 14.9.2016 antaman lisäohjeistuksen mukainen 2 dB:n varmuusarvo [10]:

”Takuuarvoa ei ole aina esitetty dokumentissa IEC 61400-14 standardin määrittämällä tavalla ja takuuarvo joudutaan tällöin arvioimaan hankekehittäjän tai meluselvitystä tekevän konsultin toimesta. Tässä tapauksessa laskeminen tulee suorittaa IEC 61400-14 mukaisesti. Mikäli takuuarvoa ei ole mahdollista määrittää standardin IEC 61400-14 mukaisesti, tulee tuulivoimalan melupäästön lukuarvoon lisätä varmuusarvona 2 dB takuuarvon saamiseksi.”

Turbiinityypin V172 7.2 MW PO7200 äänitehotaso on 106,9 dB(A). Mallinnuksissa voimaloille on käytetty äänitehotasoa 108,9 dB(A). Mallinnuksissa käytetyt taajuusjakaumat vastaavat tuulen nopeutta 15 m/s napakorkeudella 205 m, jonka arvioidaan vastaavan melumallinnusohjeistuksen mukaista referenssinopeutta 8 m/s 10 m korkeudella. Turbiinien melun impulssimaisuuteen tai amplitudimodulaatioon liittyvää sanktiota ei ole käytetty mallinnuksessa.

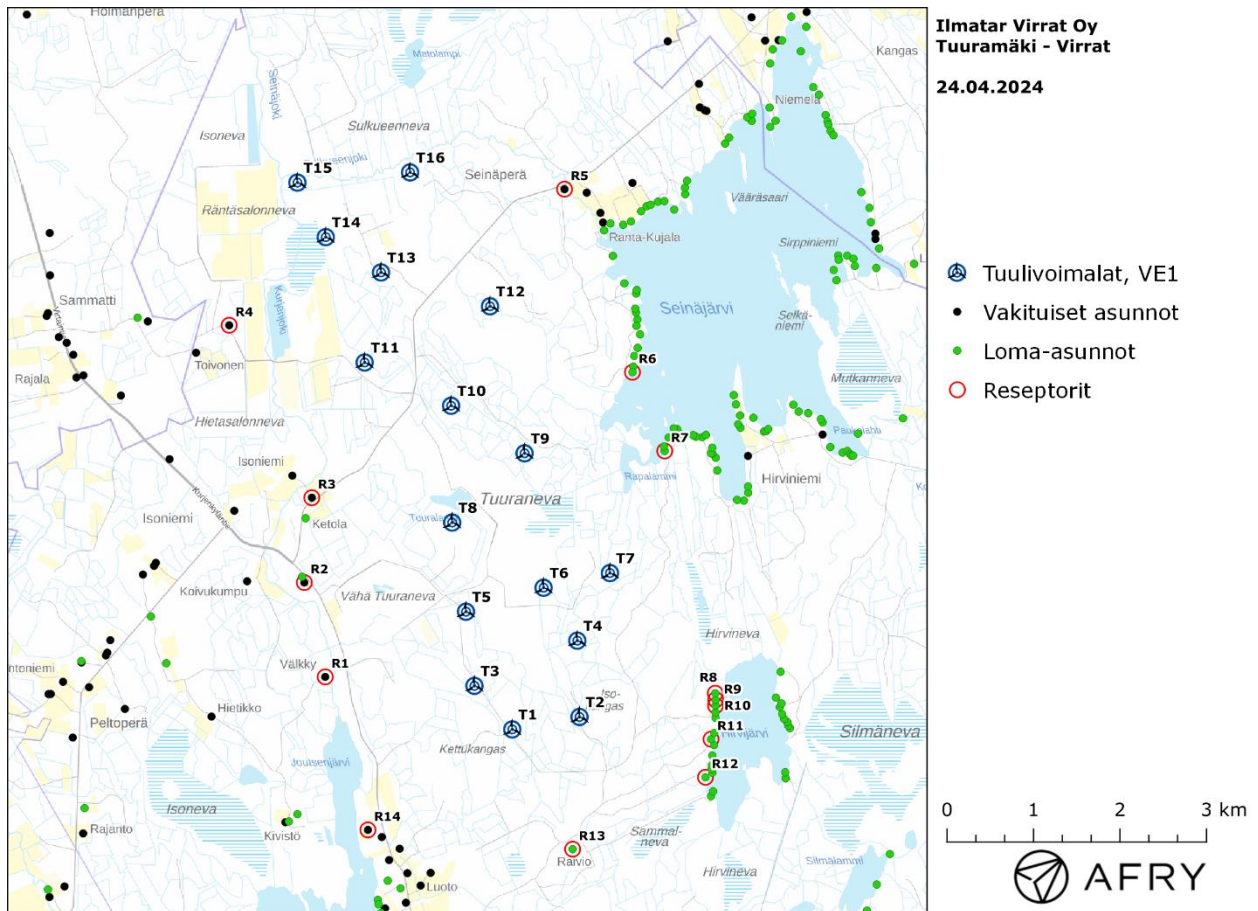
Turbiinityyppien melupäästön kapeakaistaisuuden arvioinnissa on käytetty ympäristöministeriön raportissa Ympäristömelun mittaaminen [11] esitettyä yksinkertaista menetelmää, joka perustuu äänitehotasojen vertailuun terssikaistoittain (1/3-oktaaveittain). Melun tulkitaan olevan kapeakaistaista, mikäli ainakin yhden terssikaistan äänitehotaso on vähintään 5 dB suurempi kuin välittömästi kyseisen kaistan ala- ja yläpuolella olevien terssikaistojen tasot. Luvussa 6 esitettyjen melun taajuusjakaumien mukaan tämä ehto ei toteudu, joten melun kapeakaistaisuuteen liittyvää sanktiota ei ole käytetty.

Maaston korkeusaineistona on käytetty Maanmittauslaitoksen aineistoa *Korkeusmalli 2 m*, jonka pystysuuntainen tarkkuus on 0,3 m ja vaakasuuntainen resoluutio 2 m. Melutasot tuulivoimaloiden ympäristössä laskettiin hilapisteistöön, jonka korkeus on (ohjeistuksen mukaisesti) 4 m maanpinnasta ja vaakaresoluutio 10 m. Ilmakehän absorption aiheuttama vaimennus, äänen suuntaavuus ja sääolosuhteiden vaikutus äänen etenemiseen on määritetty ympäristöministeriön ohjeistusten mukaisesti. Tuulivoimalan sijoituspaikan ympäristössä maaston vaikutuskerroin on ollut maa-alueilla 0,4 ja vesialueilla 0,0. Mallinnusohjeistuksen mukaisesti tuulivoimalan melupäästöön lisätään 2 dB, mikäli voimalan ja melulle altistuvan kohteen välinen korkeusero ylittää 60 m. Akustisen laskennan lähtötiedoista ja parametreista on tehty yhteenveto lukuun 6.

Taulukossa (Taulukko 4) on määritelty tuulivoimaloiden ympäristöstä 14 vertailurakennusta, joiden kohdilla keskiäänitason LAeq ja matalataajuisen melun tasoja tarkastellaan tarkemmin. Vertailurakennusten sijaintipisteitä kutsutaan reseptoripisteiksi, ja niiden paikat suhteessa tuulivoimaloihin on esitetty karttapohjalla (Kuva 3). Reseptorit sijaitsevat noin 1,5–2 km etäisyydellä voimaloista.

Taulukko 4: Reseptorien koordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa.

Reseptori	E	N	Maaston korkeus [m]	Rakennusluokitus
R1	308331	6916866	133	vakituinen asuinrakennus
R2	308089	6917957	136	vakituinen asuinrakennus
R3	308176	6918938	131	vakituinen asuinrakennus
R4	307220	6920932	135	vakituinen asuinrakennus
R5	311099	6922506	143	vakituinen asuinrakennus
R6	311885	6920389	141	lomarakennus
R7	312258	6919478	141	lomarakennus
R8	312843	6916677	147	lomarakennus
R9	312848	6916601	147	lomarakennus
R10	312846	6916533	147	lomarakennus
R11	312794	6916145	143	lomarakennus
R12	312730	6915705	144	lomarakennus
R13	311193	6914873	151	lomarakennus
R14	308825	6915096	136	vakituinen asuinrakennus



Kuva 3: Reseptoreiden paikat tuulivoimapuiston hankealueella.

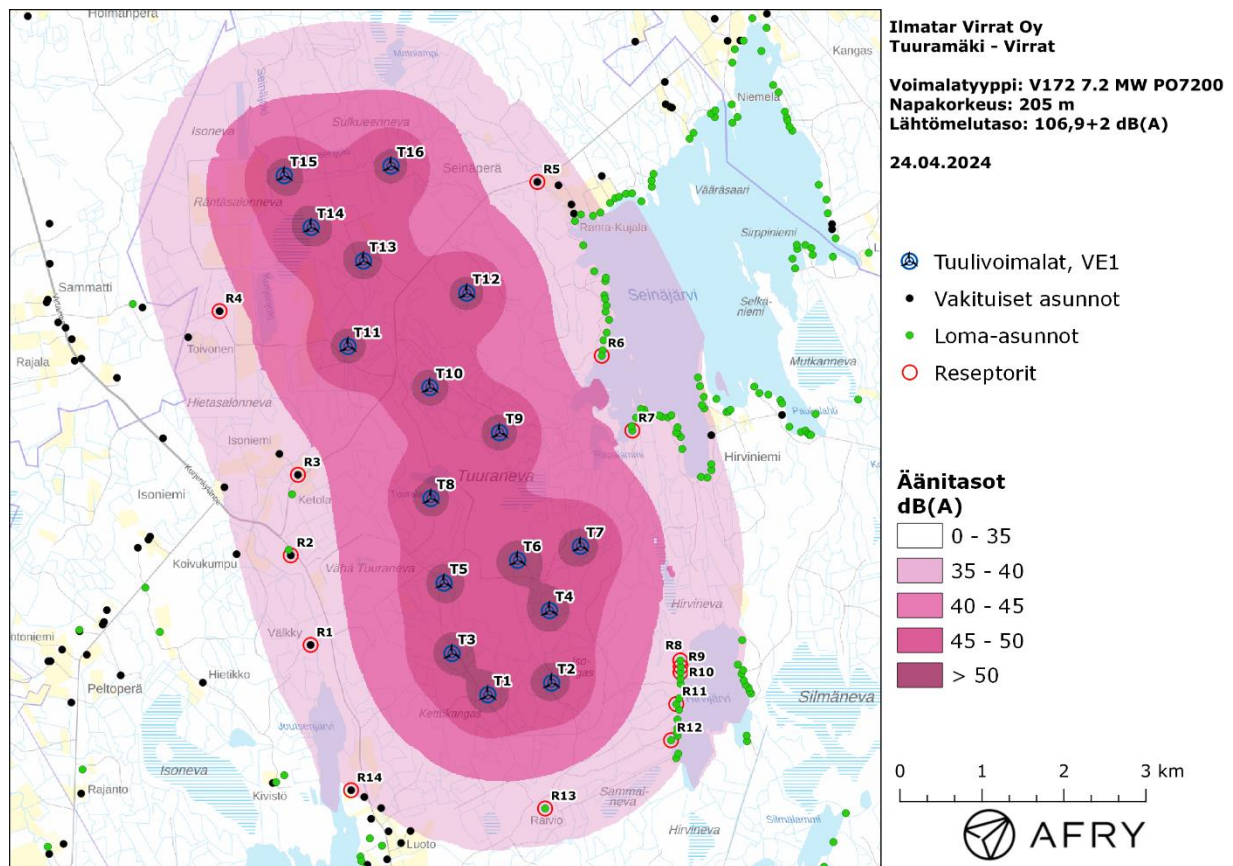


## Meluvaikutus

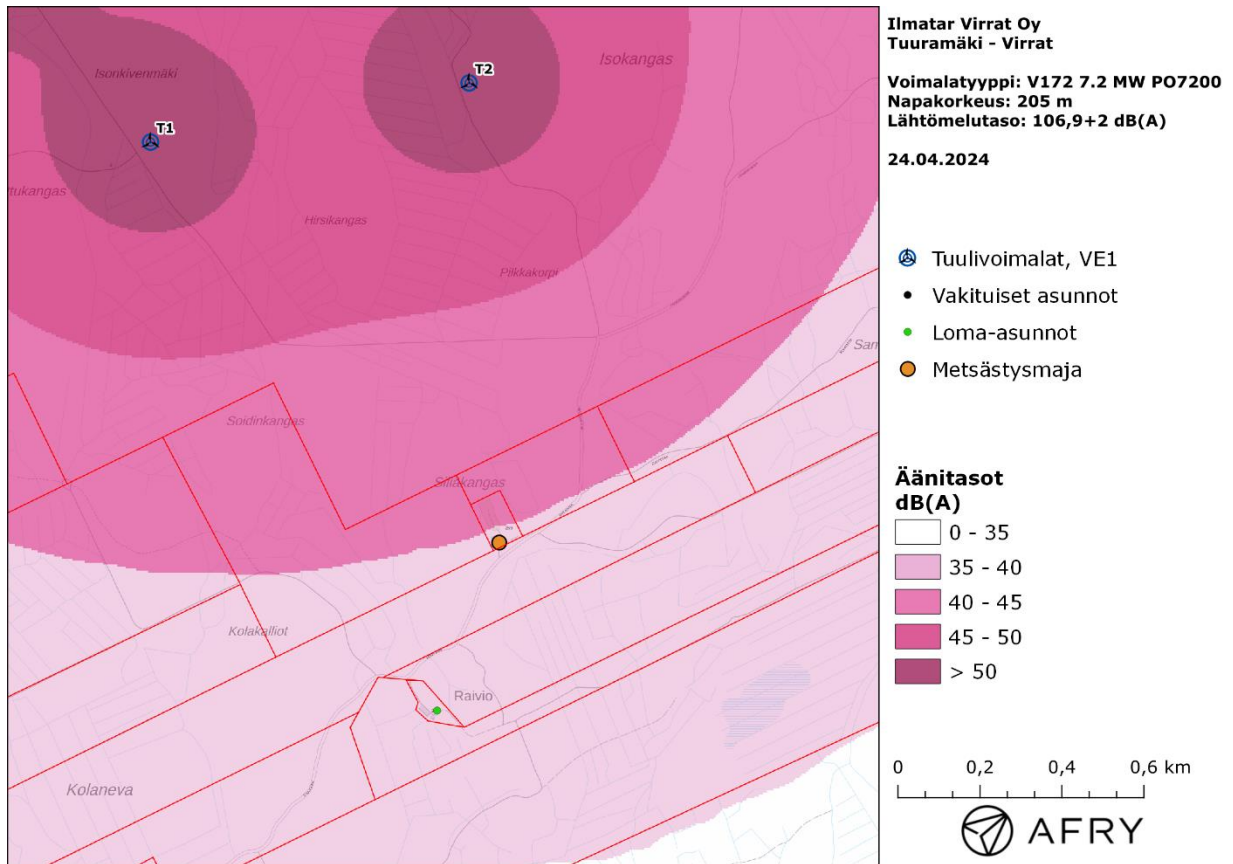
Turbiinien aiheuttama mallinnettu keskiäänitaso LAeq on esitetty karttakuvana (Kuva 4). Alueen rakennustieto perustuu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineistoon, jossa on eritelty alueen asuinrakennukset ja loma-asunnot. Karttakuvaan on merkitty keskiäänitasojen 35 dB(A), 40 dB(A), 45 dB(A) ja 50 dB(A) mukaiset vyöhykkeet, joita käytetään apuna tulosten arvioinnissa.

Keskiäänitasot reseptoreiden kohdilla on lueteltu taulukossa (Taulukko 5). Mallinnustulosten perusteella valtioneuvoston asetuksessa asetettu 40 dB(A) ei ylitä minkään loma- tai asuinrakennuksen kohdilla.

Tähän selvitykseen on pyydetty meluvaikutusten arviointia kiinteistöllä 936-403-3-95, joka sijaitsee noin 1,1 km voimalan T2 eteläpuolella. Tällä kiinteistöllä on metsästysmaja, mutta ei vakituista tai vapaa-ajan asuntoa. Melun osalta metsästysmajan kiinteistöä voidaan käsitellä virkistysalueena, jolloin tämän kiinteistön kohdalla valtioneuvoston melun ohjearvo on korkeintaan 45 dB(A). Melumallinnuksen perusteella keskiäänitaso LAeq on Metsästysmajan kohdalla 39,7 dB(A), eli äänitaso ei ylitä valtioneuvoston ohjearvoa. Melukartta kiinteistön 936-403-3-95 läheisyydessä on esitetty kuvassa (Kuva 5).



Kuva 4: Keskiäänitasot LAeq Tuurämäen tuulivoimapaiston hankealueella.



Kuva 5: Keskiäänitasot LAeq kiinteistön 936-403-3-95 metsästysmajan kohdalla.

Taulukko 5: Keskiäänitasot LAeq reseptoripisteiden kohdilla.

Reseptori	Äänitaso dB(A)	Reseptori	Äänitaso dB(A)
R1	37,4	R8	37,4
R2	37,3	R9	37,5
R3	38,6	R10	37,2
R4	38,5	R11	37,1
R5	37,0	R12	36,2
R6	38,3	R13	37,4
R7	39,6	R14	35,1

### 3.2 Matalataajuisen melun mallinnus

Matalataajuisen melun laskenta on suoritettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisesti [7]. Laskennan lähtötietona on käytetty samoja valmistajan ilmoittamia melun taajuusjakaumia kuin keskiäänitasojen mallinnuksessa, mutta rajoittuen 1/3-oktaaveittain taajuuksille 20–200 Hz. Matalataajuisen melun laskenta suoritetaan taajuuspainottamattomilla melutasoilla.

#### Meluvaikutus

Matalataajuisen melun arvioinnissa käytetään Suomen asumisterveysasetuksessa määriteltyjä taajuuskohtaisia arvoja, jotka antavat toimenpiderajat matalataajuisen melun yöaikaisille sisämelutasoille (Taulukko 3). Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen mallinnus antaa matalataajuisen ulkomelun tasot voimaloita lähimpien rakennusten kohdilla. Tulokset eivät siis ole suoraan vertailukelpoisia asumisterveysasetuksen arvoihin, vaan tulokinnassa pitää huomioida myös rakennusten ulkovaipan ääneneristävyys.

Ympäristöministeriön ohjeiden mukainen matalataajuisen melun laskenta perustuu Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa esitettyyn menetelmään [3], jonka parametreihin on tehty joitakin Suomen olosuhteisiin perustuvia tarkennuksia. Tanskan menetelmässä on määritelty rakennuksesta aiheutuva äänitasoero ( $\Delta L_o$ ) taajuuskaistoittain, jolloin saadaan laskettua myös sisämelutasot ja toimenpiderajoihin verrannolliset mallinnustulokset.

Tässä raportissa käytetyt rakennusten parametrit perustuvat tutkimukseen suomalaisten pientalojen äänieristävyiden arvoista [4]. Turun ammattikorkeakoulussa tehdyssä tutkimuksessa esitetyt arvot perustuvat suomalaisissa pientaloissa tehtyihin mittauksiin, joiden avulla on johdettu tilastollinen estimaatti talojen ääneneristävyyksille eri taajuuksilla. Artikkelin [4] äänitasoerot ylittyvät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja ne ovat selkeästi alhaisempia kuin Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa annetut arvot. Ne antavat siten konservatiivisen arvion rakennusten aiheuttamalle ääneneristävyydelle, ja tässä raportissa vertailurakennusten matalataajuisia sisämelutasoja arvioidaan käyttäen näitä alempia äänitasoeroja. Taulukossa (Taulukko 6) on esitetty sekä Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa että artikkelissa [4] annetut äänitasoerot.

Taulukko 6: Rakennuksen äänieristävyiden arvoja taajuuskaistoittain.

Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Äänitasoero [dB] (Tanskan ohjeistus)	6,6	8,4	10,8	11,4	13,0	16,6	19,7	21,2	20,2	21,2	-
Äänitasoero [dB] (viite [4])	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

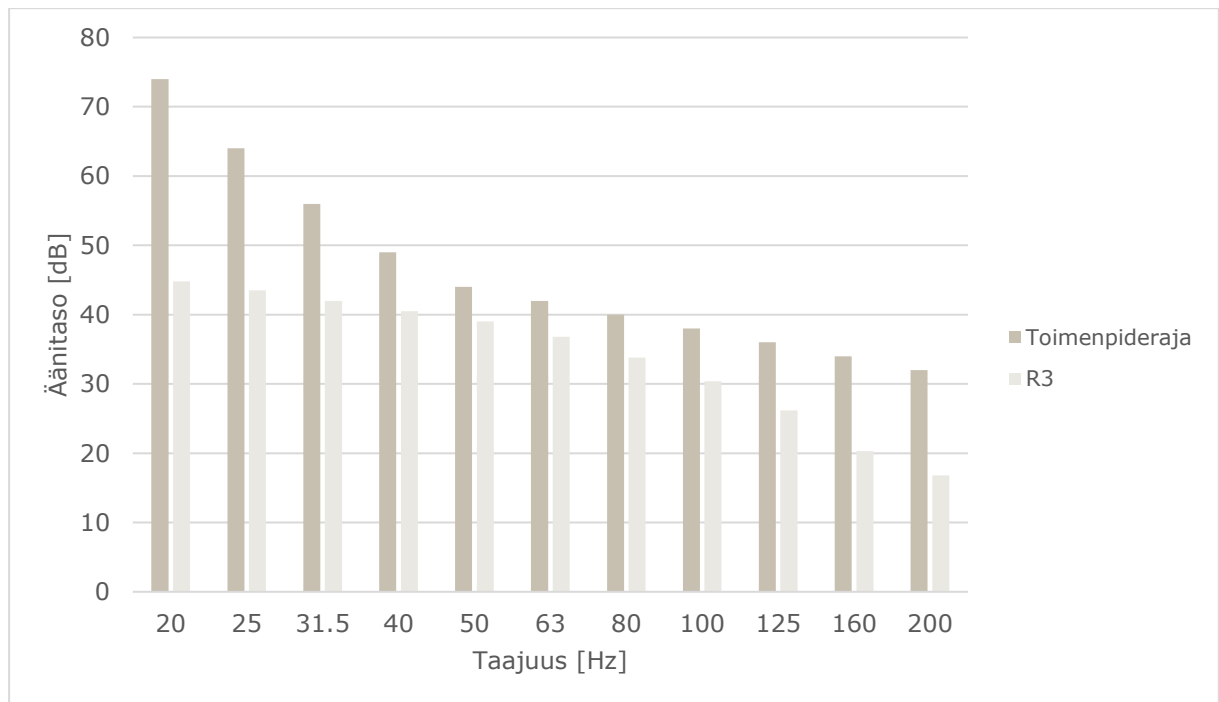
Melutasoja tarkastellaan aiemmin määriteltyjen reseptoreiden paikoilla. Lisäksi lasketaan sisämelutasot eniten melulle altistuvassa kohteessa käyttäen alempia äänitasoeroja (Taulukko 6) ja verrataan näitä tuloksia Asumisterveysasetuksen arvoihin. Turbiinien aiheuttama matalataajuinen ulkomelutaso reseptoreiden kohdilla taajuuskaistoittain ja ilman taajuuspainotusta on lueteltu taulukossa (Taulukko 7). Taulukkoon on eritelty ohjeistuksen mukaisesti lasketut ulkotilojen melutasot.

Korkeimmat matalataajuisen melun tasot kohdistuvat vertailurakennukseen R3, jonka kohdalla on laskettu myös sisämelutasot ja verrattu niitä Asumisterveysasetuksen arvoihin (Kuva 6). Kun otetaan huomioon rakennuksien ääneneristävyys, melutasot jäävät asetusarvojen alapuolelle koko taajuusvälillä.



Taulukko 7: Matalataajuisten ulkomelun äänitasot (dB) reseptoreiden kohdilla.

taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	51,5	50,8	50,2	49,8	49,5	48,8	47,6	46,1	43,9	40,3	38,5
R2	51,6	50,9	50,3	49,9	49,6	48,9	47,7	46,2	44,0	40,4	38,5
R3	52,4	51,8	51,2	50,8	50,5	49,8	48,6	47,2	45,0	41,4	39,6
R4	52,1	51,5	50,8	50,4	50,2	49,4	48,3	46,8	44,7	41,1	39,3
R5	51,1	50,5	49,9	49,4	49,2	48,5	47,3	45,8	43,6	40,0	38,1
R6	52,0	51,4	50,8	50,3	50,1	49,3	48,2	46,7	44,5	40,9	39,1
R7	52,2	51,6	51,0	50,6	50,4	49,6	48,5	47,0	44,8	41,2	39,4
R8	51,6	51,0	50,4	49,9	49,7	49,0	47,8	46,3	44,2	40,6	38,8
R9	51,5	50,9	50,3	49,8	49,6	48,9	47,7	46,2	44,1	40,5	38,7
R10	51,5	50,8	50,2	49,8	49,5	48,8	47,6	46,2	44,0	40,4	38,6
R11	51,1	50,5	49,8	49,4	49,2	48,4	47,3	45,8	43,6	40,0	38,1
R12	50,5	49,9	49,2	48,8	48,6	47,8	46,6	45,1	42,9	39,3	37,4
R13	51,2	50,5	49,9	49,5	49,3	48,5	47,4	45,9	43,7	40,1	38,4
R14	49,7	49,1	48,4	48,0	47,8	47,0	45,8	44,2	42,0	38,3	36,3



Kuva 6: Matalataajuisten sisämelun tasot reseptorin R3 kohdalla.

### 3.3 Tuuramäen, Myyränkankaan ja Vermassalon yhteisvaikutus

Tässä luvussa arvioidaan Tuuramäen voimaloiden ja läheisten suunnitteilla olevien Myyränkankaan ja Vermassalon voimaloiden melun yhteisvaikutuksia. Myyränkankaaseen on suunnitteilla 22-27 voimalaa, jotka sijaitsevat lähimmillään 5,2-6,2 km etäisyydellä Tuuramäen voimaloista. Yhteisvaikutukset mallinnetaan sekä Myyränkankaan VE1 (27 voimalaa) että VE2 (22 voimalaa) suunnitelmilla.

Yhteisvaikutukset mallinnetaan Vermassalon 25 voimalan toteutusvaihtoehdolle VE1, joka aiheuttaa suurimman meluvaikutuksen sen toteutusvaihtoehdoista. Vermassalon voimalat sijaitsevat lähimmillään 7,6 km etäisyydellä Tuuramäen voimaloista. Naapuripuistojen voimaloille käytetyt sijaintikoordinaatit on annettu taulukoissa (Taulukko 8 ja Taulukko 9).

*Taulukko 8: Myyränkankaan VE1 tuulivoimaloiden (27 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TMS35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus turbiinipaikalla. Myyränkankaan VE2:sta on poistettu viisi voimalaa: WTG18-19, WTG24-25 sekä WTG27.*

Turbiinit	E	N	Maaston korkeus [m]
WTG01	306296	6906714	155
WTG02	307044	6906518	156
WTG03	307938	6906665	158
WTG04	308816	6907054	158
WTG05	309505	6906463	158
WTG06	310351	6906536	157
WTG07	310483	6907552	154
WTG08	309637	6907365	156
WTG09	309755	6908282	150
WTG10	308908	6908084	154
WTG11	307897	6907598	155
WTG12	307013	6907544	152
WTG13	306086	6907822	146
WTG14	306082	6909087	142
WTG15	307016	6908882	149
WTG16	307637	6908481	151
WTG17	308497	6908828	151
WTG18	309391	6909203	147
WTG19	308706	6909769	149
WTG20	307886	6909528	149
WTG21	306839	6909719	144
WTG22	306160	6910154	143
WTG23	307543	6910385	146
WTG24	308435	6910779	148
WTG25	307924	6911450	149
WTG26	307102	6911093	142
WTG27	307189	6912183	146

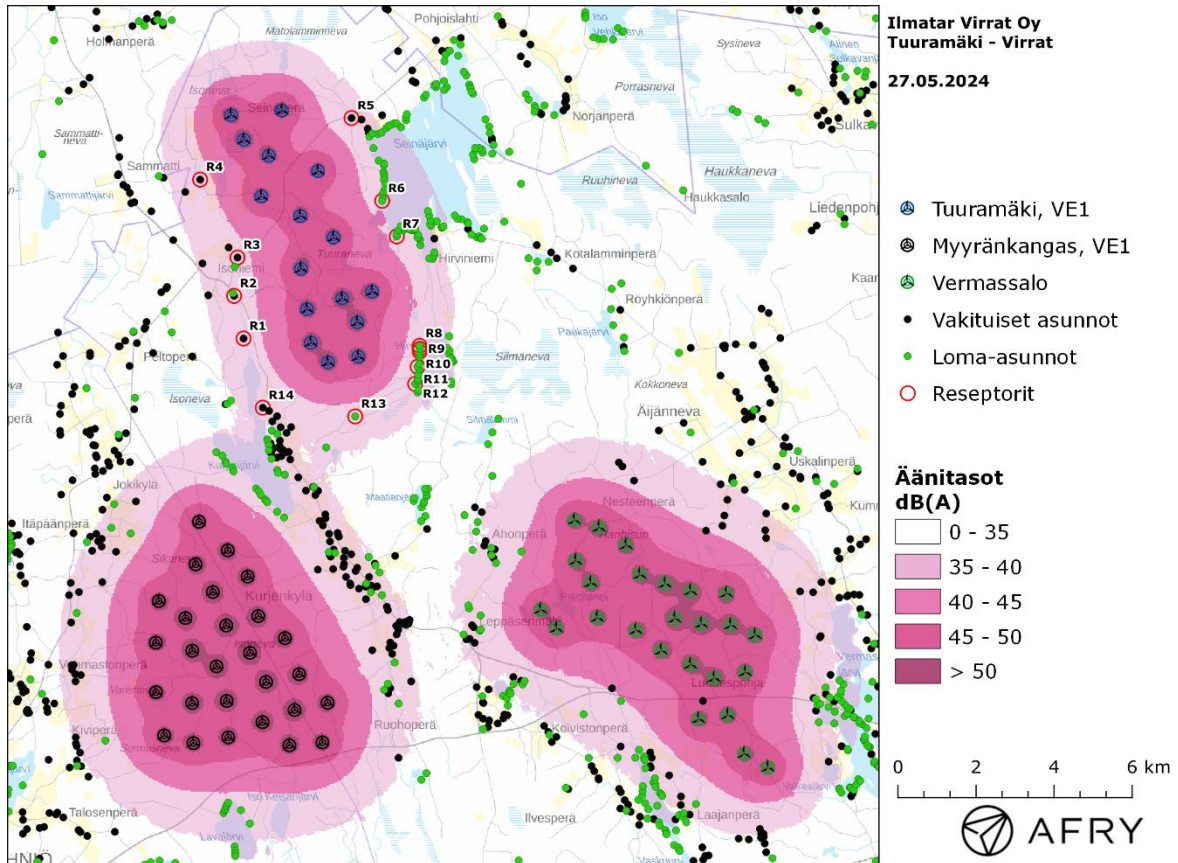
*Taulukko 9: Vermassalon tuulivoimaloiden (25 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TMS35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus turbiini paikalla.*

Turbiinit	E	N	Maaston korkeus [m]
V1	316839	6911182	163
V2	319031	6908885	180
V3	321189	6908333	169
V4	320702	6910351	148
V5	319130	6910596	161
V6	321768	6905892	163
V7	315939	6909933	164
V8	316804	6912220	159
V9	317439	6912033	157
V10	319783	6910409	162
V11	320389	6908183	177
V12	319988	6907134	160
V13	318380	6909409	181
V14	319782	6908527	175
V15	321439	6909283	153
V16	317394	6909726	165
V17	318131	6911581	156
V18	316347	6909451	166
V19	320739	6907233	163
V20	321156	6906247	156
V21	317228	6910616	165
V22	320062	6909571	167
V23	320811	6909538	158
V24	319380	6909704	168
V25	318482	6910825	172

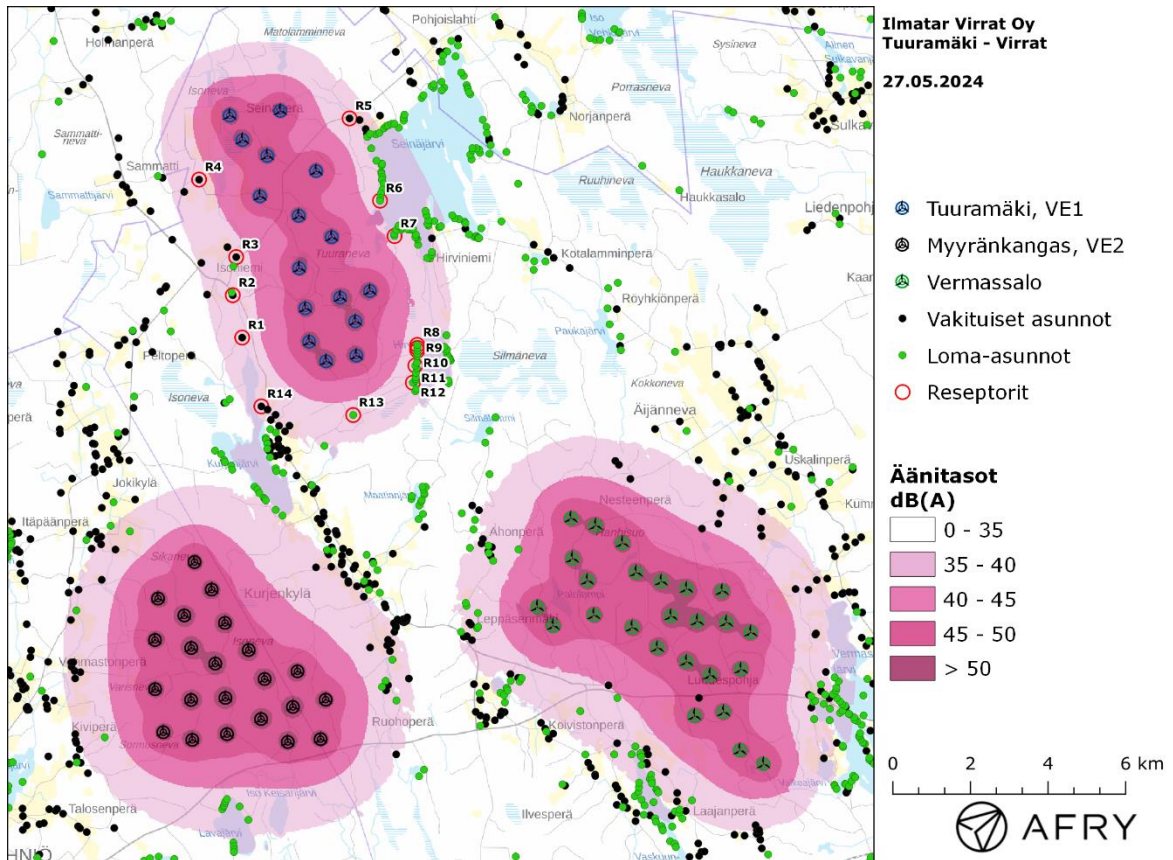
Mallinuksissa Myyränkankaan voimaloille on käytetty napakorkeutta 210 m ja Vermassalon voimaloille napakorkeutta 225 m. Mallinuksissa sekä Myyränkankaan että Vermassalon voimaloille on käytetty turbiinityypin V172 7.2 MW PO7200 (with serrated trailing edges) taajuusjakaumaa äänitehotasolla 108,9 dB(A) (turbiinivalmistajan ilmoittama maksimiäänitehotaso 106,9 dB(A) + varmuusarvo 2 dB(A)). Tätä äänitehotasoa voidaan pitää melumallinnusohjeistuksen mukaisena melupäästön tunnusarvona. Turbiinityypin melun taajuusjakaumat on saatu kappaleessa 3.1 ilmoitetusta dokumentista.

Tuuramäen, Myyränkankaan (VE1 ja VE2) ja Vermassalon mallinnetut keskiäänitasot LAeq on esitetty karttakuvissa 7-8. Keskiäänitasot reseptoreiden kohdilla on lueteltu taulukoissa 10-11. Mallinnustulosten perusteella melun yhteisvaikutuksissa keskiäänitasot eivät ylitä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja minkään asuin- tai lomarakennuksen kohdilla kummassakaan mallinuksessa. Yhteisvaikutukset nostavat keskiäänitasoja hieman varsinkin Tuuramäen ja Myyränkankaan väliin jäävällä alueella.

Yhteisvaikutusten matalataajuinen ulkomelutaso reseptoreiden kohdilla taajuuskaistoittain ja ilman taajuuspainotusta on lueteltu taulukoissa 12-13. Korkein matalataajuinen melu saavutetaan reseptorin R3 kohdalla molemmissa mallinnuksissa. Tämän reseptorin kohdalla laskettuja sisämelutasoja on verrattu Asumisterveysasetuksen arvoihin kuvissa 9-10. Kun otetaan huomioon rakennuksien ääneneristävyys, yhteisvaikutusten matalataajuiset melutasot jäävät asetusarvojen alapuolelle koko taajuusvälillä molemmissa mallinnuksissa.



Kuva 7: Keskiäänitasot LAeq, kun mallinnuksissa huomioidaan Tuuramäen, Myyränkankaan VE1 ja Vermassalon tuulivoimapaistot.



Kuva 8: Keskiäänitasot LAeq, kun mallinuksissa huomioidaan Tuuramäen, Myyränkankaan VE2 ja Vermassalon tuulivoimapaistot.

Taulukko 10: Keskiäänitasot LAeq reseptoripisteiden kohdilla, kun mallinuksissa huomioidaan Tuuramäen, Myyränkankaan VE1 ja Vermassalon voimalat.

Reseptori	Äänitaso dB(A)	Reseptori	Äänitaso dB(A)
R1	37,8	R8	37,7
R2	37,6	R9	37,8
R3	38,7	R10	37,6
R4	38,6	R11	37,5
R5	37,1	R12	36,8
R6	38,4	R13	38,1
R7	39,7	R14	36,5

*Taulukko 11: Keskiäänitasot LAeq reseptoripisteiden kohdilla, kun mallinuksissa huomioidaan Tuuramäen, Myyränkankaan VE2 ja Vermassalon voimalat.*

Reseptori	Äänitaso dB(A)	Reseptori	Äänitaso dB(A)
R1	37,6	R8	37,7
R2	37,5	R9	37,8
R3	38,7	R10	37,6
R4	38,5	R11	37,5
R5	37,1	R12	36,7
R6	38,4	R13	37,9
R7	39,7	R14	36,0

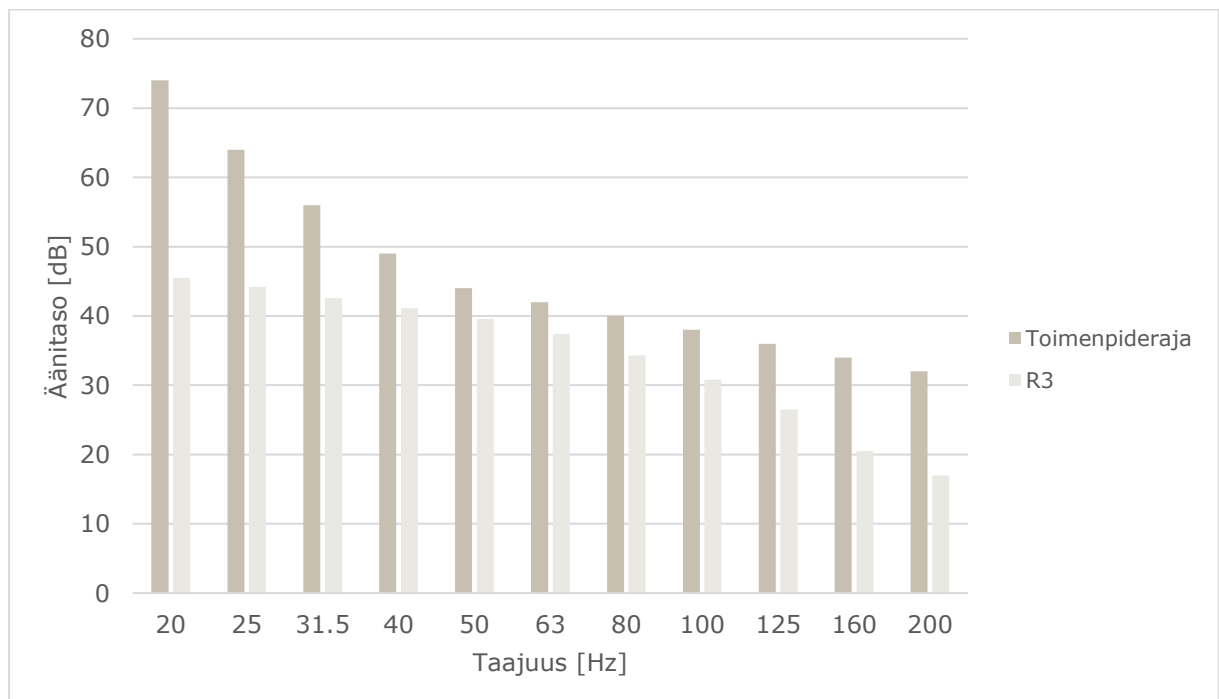
*Taulukko 12: Matalataajuisen ulkomelun äänitasot (dB) reseptoreiden kohdilla, kun mallinuksissa huomioidaan Tuuramäen, Myyränkankaan VE1 sekä Vermassalon voimalat.*

taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	52,7	52,0	51,4	50,9	50,6	49,8	48,6	47,0	44,7	40,9	38,9
R2	52,5	51,9	51,2	50,8	50,5	49,7	48,5	46,9	44,6	40,8	38,8
R3	53,1	52,5	51,8	51,4	51,1	50,4	49,1	47,6	45,3	41,6	39,8
R4	52,6	52,0	51,3	50,9	50,6	49,9	48,7	47,1	44,9	41,2	39,4
R5	51,7	51,0	50,4	49,9	49,7	48,9	47,7	46,1	43,8	40,1	38,2
R6	52,6	52,0	51,4	50,9	50,6	49,9	48,6	47,1	44,8	41,1	39,2
R7	52,9	52,3	51,7	51,2	51,0	50,2	49,0	47,4	45,1	41,4	39,5
R8	52,8	52,2	51,5	51,1	50,8	50,0	48,8	47,2	44,9	41,1	39,2
R9	52,8	52,1	51,5	51,0	50,8	50,0	48,7	47,1	44,8	41,1	39,1
R10	52,7	52,1	51,4	51,0	50,7	49,9	48,7	47,1	44,8	41,0	39,0
R11	52,5	51,9	51,3	50,8	50,5	49,7	48,5	46,9	44,5	40,7	38,7
R12	52,3	51,6	51,0	50,5	50,2	49,4	48,1	46,5	44,1	40,3	38,2
R13	53,0	52,3	51,7	51,2	51,0	50,1	48,9	47,3	45,0	41,2	39,2
R14	52,2	51,5	50,9	50,4	50,1	49,3	48,0	46,4	44,0	40,0	37,9

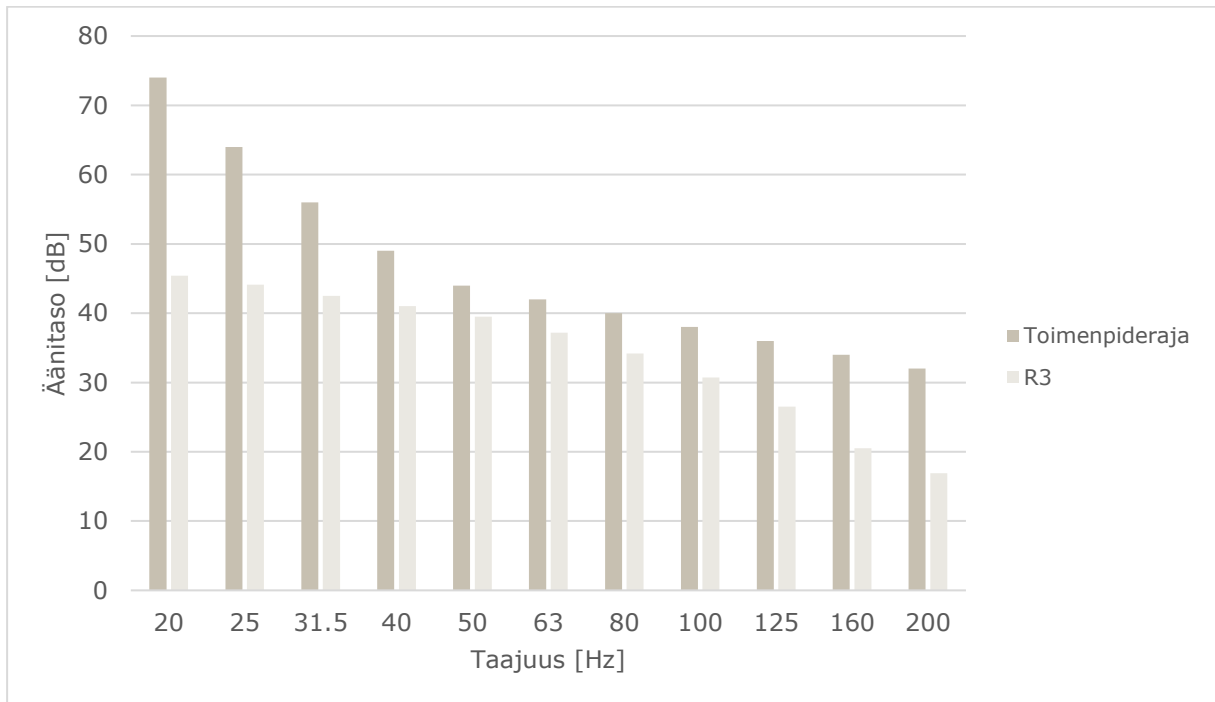


Taulukko 13: Matalataajuisen ulkomelun äänitasot (dB) reseptoreiden kohdilla, kun mallinuksissa huomioidaan Tuuramäen, Myyränkankaan VE2 sekä Vermassalon voimalat.

taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	52,4	51,8	51,1	50,6	50,4	49,6	48,4	46,8	44,5	40,7	38,8
R2	52,3	51,7	51,0	50,6	50,3	49,5	48,3	46,7	44,4	40,7	38,7
R3	53,0	52,4	51,7	51,3	51,0	50,2	49,0	47,5	45,3	41,6	39,7
R4	52,5	51,9	51,2	50,8	50,6	49,8	48,6	47,1	44,8	41,2	39,4
R5	51,6	51,0	50,3	49,9	49,6	48,8	47,6	46,0	43,8	40,1	38,2
R6	52,5	51,9	51,3	50,8	50,6	49,8	48,6	47,0	44,8	41,0	39,2
R7	52,8	52,2	51,6	51,1	50,9	50,1	48,9	47,3	45,1	41,4	39,5
R8	52,7	52,0	51,4	50,9	50,7	49,9	48,7	47,1	44,8	41,1	39,1
R9	52,6	52,0	51,3	50,9	50,6	49,8	48,6	47,0	44,7	41,0	39,0
R10	52,6	51,9	51,3	50,8	50,6	49,8	48,5	47,0	44,7	40,9	39,0
R11	52,4	51,7	51,1	50,6	50,4	49,5	48,3	46,7	44,4	40,6	38,6
R12	52,0	51,4	50,7	50,3	50,0	49,2	48,0	46,3	44,0	40,1	38,0
R13	52,6	52,0	51,4	50,9	50,6	49,8	48,6	47,0	44,7	40,9	39,0
R14	51,6	50,9	50,3	49,8	49,5	48,7	47,4	45,8	43,4	39,4	37,3



Kuva 9: Matalataajuisen sisämelun tasot reseptorin R3 kohdalla, kun mallinuksissa huomioidaan Tuuramäen, Myyränkankaan VE1 ja Vermassalon voimalat.



Kuva 10: Matalataajuisen sisämelun tasot reseptorin R3 kohdalla, kun mallinuksissa huomioidaan Tuurämäen, Myyränkankaan VE2 ja Vermassalon voimalat.



## 4 Yhteenveto

Raportissa on esitetty Virtain kaupungin alueelle suunnitellun Tuuramäen tuulivoimapuiston ympäristölleen aiheuttaman meluvaikutuksen laskennallinen arvio. Arviointi on tehty 16 voimalan toteutusvaihtoehdolle VE1 käyttäen turbiinityypin V172 7.2 MW PO7200 taajuusjakaumia ja napa-korkeutta 205 m.

Mallinnusten perustella melutasot alueen loma- ja asuinrakennusten kohdilla jäävät alle valtioneuvoston ohjearvojen. Myös matalataajuisen melun tasot pysyvät kaikkien rakennusten kohdalla asumisterveysasetuksessa asetettujen arvojen alapuolella.

Tuuramäen, Myyränkankaan ja Vermassalon tuulivoimapuistoista aiheutuu vähäistä yhteisvaikutusta asutuksen kohdalla. Yhteisvaikutuksista ei aiheudu melun ohjearvojen ylityksiä.

## 5 Viitteet

- [1] C. Di Napoli: Tuulivoimaloiden melun syntytavat ja leviäminen, Suomen Ympäristö 4, 2007.
- [2] D. Siponen: Noise Annoyance of Wind Turbines, VTT Research Report VTTR-00951-11, 2011.
- [3] J. Jakobsen: Danish regulation for low frequency noise from wind turbines, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control 31(4), 2012.
- [4] J. Keränen, J. Hakala, V. Hongisto: The sound insulation of façades at frequencies 5–5000Hz, Building and Environment 156, 2019.
- [5] S. Uosukainen: Tuulivoimaloiden melun synty, eteneminen ja häiritsevyys, VTT Tiedotteita 2529, 2010.
- [6] Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.
- [7] Tuulivoimaloiden melun mallintaminen, Ympäristöhallinnon ohjeita 2|2014. Ympäristöministeriö.
- [8] Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5|2016. Ympäristöministeriö, 2016.
- [9] Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista. Astui voimaan 1.9.2015.
- [10] Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. Ympäristöministeriö, 14.9.2016.
- [11] Ympäristömelun mittaaminen. Ympäristöministeriö, Ohje I 1995.
- [12] IECRE - IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications. IECRE.WE.TC.21.0091-R1, EnVentus V162. 20.8.2021, DNV Renewables Certification.
- [13] C. A. León: Trailing Edge Serrations, Effect of Their Flap Angle on Flow and Acoustics. 7th International Conference on Wind Turbine Noise, Rotterdam, 2nd to 5th May 2017.
- [14] M. Gupta, K. Madsen: Advancements in continuous learning for tonality free turbine design. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.
- [15] K. Bolin: The Influence of Background Sounds on Loudness and Annoyance of Wind Turbine Noise. Acta Acustica united with Acustica, Vol 98 (2012) pages 741-748.
- [16] G.P. van den Berg: The sound of high winds: the effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise. Doctoral Thesis, University of Groningen, Holland, 2006.
- [17] D. Halstead, N. Tam: A study of background noise levels measured during far-field receptor testing of wind turbine facilities. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.
- [18] S. Oerlemans, J.G. Schepers: Prediction of wind turbine noise directivity and swish, Proc. 3rd Int. conference on wind turbine noise, Aalborg, Denmark, 2009.

## 6 Melumallinnuksen tiedot

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT							
Mallinnusraportin numero/tunniste: 101021368-013				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: <b>28.05.2024</b>			
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: <b>AFRY Finland Oy</b>							
Vastuuhenkilöt: <b>Juulianna Lähteinen ja Erkki Heikkola</b>							
Laatija: <b>Juulianna Lähteinen</b>				Tarkastaja/hyväksyjä: <b>Erkki Heikkola</b>			
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT							
Mallinnusohjelma ja versio: <b>AFRY Numerola -mallinnusohjelmisto</b>				Mallinnusmenetelmä: <b>ISO 9613-2</b>			
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT							
Tuulivoimalan valmistaja: <b>Vestas</b>				Tyyppi: <b>V172 7.2 MW PO7200 (with serrated trailing edges)</b>		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: <b>7.2 MW</b>		Napakorkeus: <b>205 m</b>		Roottorin halkaisija: <b>172 m</b>		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB			dB	
Ei	<b>Ei tiedossa</b>	Ei	<b>Ei tiedossa</b>			dB	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Third octave noise emission EnVentus™ 172-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0128-4336_00. 2022-06-30.							
Melupäästötiedot (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	63,7	200	98,0	2000	92,4
63	92,4	25	68,9	250	98,6	2500	90,1
125	100,0	31,5	73,8	315	98,8	3150	87,5
250	103,3	40	78,6	400	98,9	4000	84,5
500	103,5	50	83,0	500	98,7	5000	81,1
1000	101,9	63	86,8	630	98,6	6300	77,4
2000	97,4	80	90,2	800	98,1	8000	73,3
4000	89,9	100	92,9	1000	97,2	10000	68,9
8000	79,2	125	95,2	1250	95,9		
		160	96,8	1600	94,4		

Melun erityispiirteiden mittausta ja havainnot:											
Kapeakaistaisuus/ tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitudi- modulaatio)				Muu, mikä:			
kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei		
Laskentakorkeus						Laskentaruudun koko [m x m]					
<b>4 m</b>						<b>10 m x 10 m</b>					
Suhteellinen kosteus						Lämpötila					
<b>70 %</b>						<b>15 C°</b>					
Maastomallin lähde ja tarkkuus											
Maastomallin lähde: <b>Maanmittauslaitos</b>						Vaakaresoluutio: <b>2 m</b>		Pystyresoluutio: <b>0,3 m</b>			
Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet											
<b>ISO 9613-2</b>											
Vesialueet, (0) / (G)											
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)											
Maa-alueet (0) / (G)											
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus											
<b>Neutraali</b>											
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen											
<b>Vapaa avaruus</b>											
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)											
Asukkaat: <b>0 kpl</b>				Vapaa-ajan rakennukset: <b>0 kpl</b>				Hoito- ja oppilaitokset: <b>0 kpl</b>			
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)											
Asukkaat: <b>0 kpl</b>				Vapaa-ajan rakennukset: <b>0 kpl</b>				Hoito- ja oppilaitokset: <b>0 kpl</b>			
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille											
Virkistysalueet: <b>0 kpl</b>						Luonnonsuojelualueet: <b>0 kpl</b>					
Lineaariset melutasot [dB] altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella:											
H <sub>z</sub>	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
<b>R1</b>	51,5	50,8	50,2	49,8	49,5	48,8	47,6	46,1	43,9	40,3	38,5
<b>R2</b>	51,6	50,9	50,3	49,9	49,6	48,9	47,7	46,2	44,0	40,4	38,5
<b>R3</b>	52,4	51,8	51,2	50,8	50,5	49,8	48,6	47,2	45,0	41,4	39,6
<b>R4</b>	52,1	51,5	50,8	50,4	50,2	49,4	48,3	46,8	44,7	41,1	39,3
<b>R5</b>	51,1	50,5	49,9	49,4	49,2	48,5	47,3	45,8	43,6	40,0	38,1
<b>R6</b>	52,0	51,4	50,8	50,3	50,1	49,3	48,2	46,7	44,5	40,9	39,1
<b>R7</b>	52,2	51,6	51,0	50,6	50,4	49,6	48,5	47,0	44,8	41,2	39,4
<b>R8</b>	51,6	51,0	50,4	49,9	49,7	49,0	47,8	46,3	44,2	40,6	38,8
<b>R9</b>	51,5	50,9	50,3	49,8	49,6	48,9	47,7	46,2	44,1	40,5	38,7
<b>R10</b>	51,5	50,8	50,2	49,8	49,5	48,8	47,6	46,2	44,0	40,4	38,6
<b>R11</b>	51,1	50,5	49,8	49,4	49,2	48,4	47,3	45,8	43,6	40,0	38,1
<b>R12</b>	50,5	49,9	49,2	48,8	48,6	47,8	46,6	45,1	42,9	39,3	37,4
<b>R13</b>	51,2	50,5	49,9	49,5	49,3	48,5	47,4	45,9	43,7	40,1	38,4
<b>R14</b>	49,7	49,1	48,4	48,0	47,8	47,0	45,8	44,2	42,0	38,3	36,3