



ILMATAR IKAALINEN-HÄMEENKYRÖ OY

Konikallion tuulivoimahanke

Melumallinnus osayleiskaavaa varten, tekninen raportti

12.9.2025



ILMATAR

Copyright © AFRY Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään. Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman AFRY Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

AFRY Finland Oy:n projektinumero on **101016612-004**.

Kuvien pohjakartat ja -ilmakuvat: Maanmittauslaitoksen peruskartta-aineisto, avoin data 2025, ellei toisin mainita.

YHTEYSTIEDOT

Hankkeesta vastaava:

Ilmatar Ikaalinen-Hämeenkyrö Oy

Meluselvitys:

Efterklang Finland (Part of AFRY Finland Oy)

www.afry.com

<https://efterklang.org/fi/>

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	5
TERMIT JA LYHENTEET	6
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Ympäristömelu	8
1.2 Tuulivoimamelu	8
1.3 Tuulivoimamelun ohjearvot YM 1107/2015	9
1.4 Äänitason toimenpiderajat sisätiloissa	10
2 LÄHTÖTIEDOT JA ARVIOINTIMENETELMÄT	11
2.1 Mallinnusohjeistus	11
2.2 Digitaalikartta-aineisto	12
2.3 Tuulivoimalamalli.....	13
2.4 Tuulivoimaloiden ja reseptoripisteiden sijainnit	14
2.5 Melumallinnuksen laskentaparametrit.....	14
2.6 Pienitaajuisten melun laskenta	16
3 MALLINNUSTULOKSET	17
3.1 Ulkomelumallinnus.....	17
3.2 Pienitaajuinen melu rakennusten sisätiloissa	19
3.3 Sähkönsiirto.....	20
4 VAIKUTUSTEN EHKÄISEMINEN JA LIEVENTÄMINEN	21
5 LÄHDELUETTELO.....	22

LIITTEET

Liite 1 Voimala- ja reseptoripistekoordinaatit sekä mallinnusaluekartat

Liite 2 Melumallinnuskartta – Konikallio 15 x WTG

Liite 3 Pienitaajuisten melun numeeriset tulokset

Liite 4 Melumallinnuksen perustiedot

TIIVISTELMÄ

Ilmatar Energy Oy:n hankeyhtiö Ilmatar Ikaalinen-Hämeenkyrö Oy suunnittelee Konikallion tuulivoimapuiston rakentamista. Konikallion suunnittelualue sijaitsee Pirkanmaan maakunnassa Hämeenkyrön kunnan ja Ikaalisten kaupungin alueella runsaat 9 kilometriä Ikaalisten keskustasta lounaaseen ja noin 12 kilometriä Hämeenkyrön Kyröskoskelta länteen.

Tässä raportissa käsitellään suunnitellun tuulivoimapuiston melun laskennallista leviämistä alueen ympäristöön. Raportti on valmisteltu Konikallion tuulivoimapuiston osayleiskaavaa varten. Vertailuarvoina käytetään tuulivoimameluasetuksen 1107/2015 ohjearvoja, ja mallinnusohjeena käytetään ympäristöministeriön ohjetta YM OH 2/2014.

ISO 9613-2:2024 Ed.2 melumallinnuksella toteutetun ylärajalaskennan mukaan 15 voimalan hankevaihtoehdolla lasketut ulkomelutasot eivät ylitä VNa 1107/2015 säädettyjä tuulivoimamelun keskiäänitason LAeq ohjearvoja lähimpien asuin- tai lomarakennuksen piha-alueilla hankealueen ympärillä.

Pientaajuisen melun erillislaskennan perusteella sisätilan toimenpiderajat alittuvat. Pientaajuisen melun laskennassa on nyt hyödynnetty suomalaisten pientalojen mukaisia ilmaäänieristävyyden tilastollisia arvoja vuoden 2017 mittaushankkeen tuloksista.

Vaikutusten seuranta voidaan tarvittaessa suorittaa melumittauksin, joista ohjeistetaan YM:n oppaissa 3-4/2014. Ohjeiden lisäksi suositellaan huomioimaan uusien kotimaisten tutkimustulosten tiedot mittaustulosten analyyseissä.

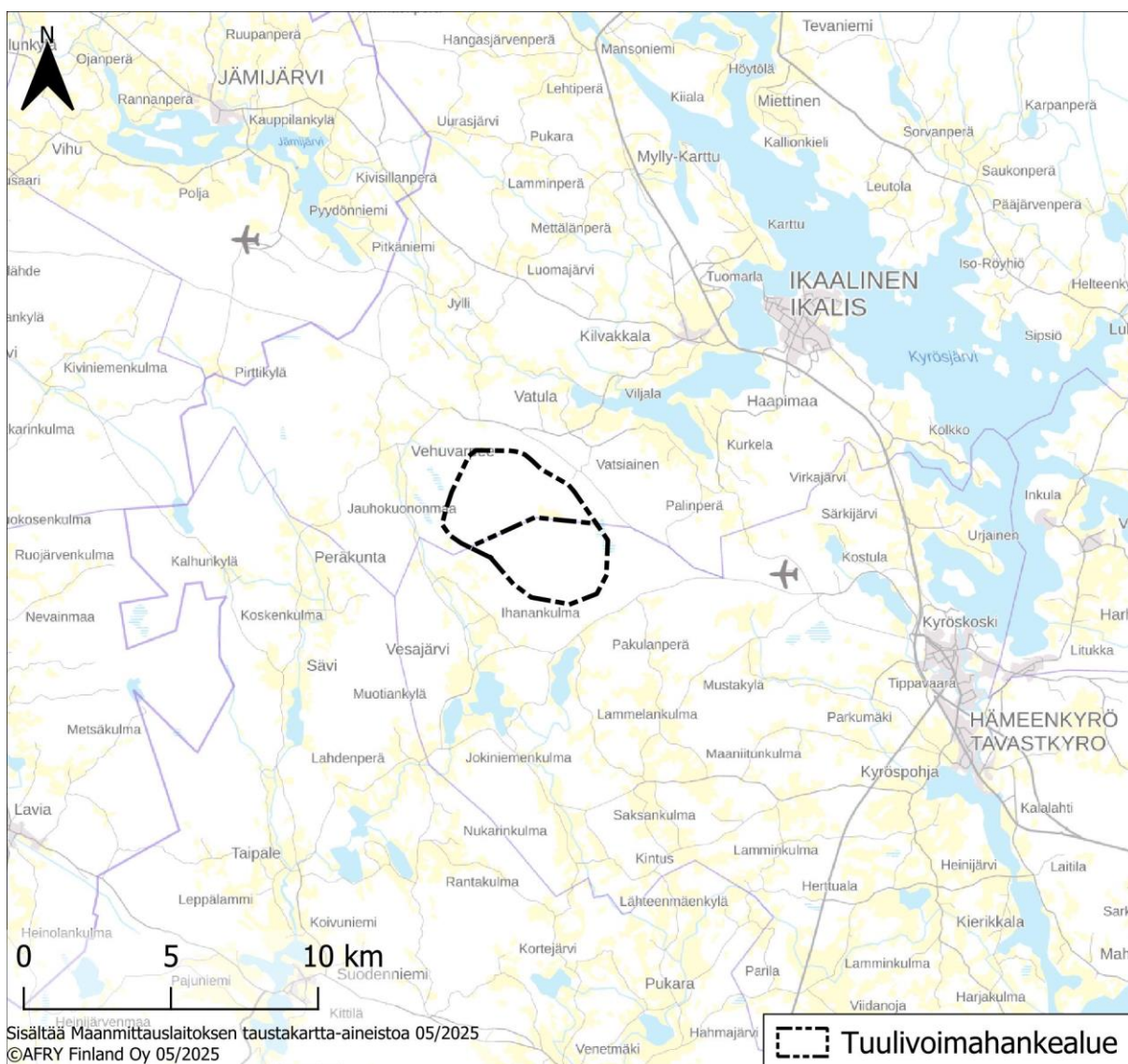
TERMIT JA LYHENTEET

YVA-selostuksessa on käytetty seuraavia termejä ja lyhenteitä.

Termi	Selite
dB, desibeli	Äänenvoimakkuuden yksikkö. Kymmenen desibelin nousu melutasossa tarkoittaa äänen energian kymmenkertaistumista. Melumittauksissa käytetään eri taajuuksia eri tavoin painottavia suodatuksia. Yleisin on niin sanottu A-suodatin, jonka avulla pyritään kuvaamaan tarkemmin äänen vaikutusta ihmiseen.
A-painotus	Äänenpaine määritettynä A-taajuuspainotusta käyttäen, yleensä tehollisarvona, esim. LWA.
Äänitehotaso LWA	Äänienergian tehollinen arvo (yksikkönä dB tai Watti). Ääniteho toimii mallinnusten yhtenä syöttöarvona. Yleisesti käytetään äänitehon taajuuskais-toja, joiden logaritminen summa muodostaa äänitehotason.
Melupäästön ta-kuuarvo	Valmistajan ilmoittama tuulivoimalan tuottaman melupäästön (ääniteho-taso) takuuarvoa, jossa varmuus melupäästön mahdollisessa verifiointissa on noin 95 %. Melupäästöarvo on kaksiosainen muodostuen äänitehota-sojen keskiarvosta ja varmuusarvosta.
Varmuusarvo	Tuulivoimalan laitteiston valmistajan ilmoittamaa saman tuulivoimalatyyppin melupäästön hajonnasta johtuvan epävarmuuden huomioivaa varmuusar-voa.
Oktaavikaista	Oktaavikaista käsittää kahden asetuspisteen välisen taajuusalueen. Esi-merkiksi oktaavikaista 125 Hz kattaa taajuudet 88–176 Hz.
1/3 oktaavikaista	1/3-oktaavikaista käsittää kahden asetuspisteen välisen taajuusalueen. Esimerkiksi 1/3-oktaavikaista 125 Hz kattaa taajuudet 111–140 Hz. 1/3-oktaavikaista-analyysi antaa yksityiskohtaisempaa tietoa kuin oktaavi-kaista-analyysi.
Kapeakaistaisuus	Tonaalisuudella tarkoitetaan yhden tai useamman ääneksen äänenpaineta-son ja peittoäänien tason erotusta kriittisellä kaistalla ääneksen (ääneksien) ympärillä. Melu on kapeakaistaista tai tonaalista, jos siinä on kuulohavain-noin erotettavissa olevia melun haitallisuutta lisääviä ääneksiä tai ka-peakaistaisia komponentteja melulle altistuvalla alueella.
Sykintä	Melu on merkityksellisesti sykkivää eli amplitudimoduloitunutta, jos siinä on kuulohavainnoin erotettavissa olevia melun haitallisuutta lisääviä ää-nenvoimakkuuden ajallisia jaksollisia vaihteluja melulle altistuvalla alueella.
Impulssimaisuus	Melu on impulssimaista, jos siinä on kuulohavainnoin erotettavissa olevia melun haitallisuutta lisääviä lyhytkestoisia ääniä (transientteja) melulle al-tistuvalla alueella.

1 JOHDANTO

Ilmatar Energy Oy:n hankeyhtiö Ilmatar Ikaalinen-Hämeenkyrö Oy suunnittelee Konikallion tuulivoimapuiston rakentamista. Konikallion suunnittelualue sijaitsee Pirkanmaan maakunnassa Hämeenkyrön kunnan ja Ikaalisten kaupungin alueella runsaat 9 kilometriä Ikaalisten keskustasta lounaaseen ja noin 12 kilometriä Hämeenkyrön Kyröskoskelta länteen. Lähimmät asutuskeskittymät ovat Hämeenkyrössä Vesajärven kylä lounaassa sekä Ikaalisissa Vehuvarpeen kylä luoteessa ja Vatulan kylä koillisessa hankealueeseen nähden. Suunnittelualueen itäosan reunalla ja osittain suunnittelualueella sijaitsee Vatulanharju-Ulvaanharjun Natura 2000 -alue (FI0309001) ja siihen kuuluva yksityismaan luonnonsuojelualue (YSA205389).



Kuva 1-1. Hankealueen sijainti

Tässä raportissa käsitellään suunnitellun tuulivoimapuiston melun laskennallista leviämistä alueen ympäristöön. Raportti on valmisteltu Konikallion tuulivoimapuiston osayleiskaavaa varten.

1.1 Ympäristömelu

Ääni on aaltoliikettä, joka tarvitsee väliaineen välittyäkseen eteenpäin. Ilmassa äänellä on nopeus, joka on riippuvainen ilman lämpötilasta. Eri väliaineissa ääniaalto kulkee eri nopeuksilla väliaineen ominaisuuksien mukaan. Normaali ympäristömelu sisältää useista koh-teista peräisin olevaa yhtäaikaista ääntä, jossa äänen taajuudet ja aallonpituudet ovat jat-kuvassa muutoksessa.

Melu on subjektiivinen käsite, jolla viitataan äänen negatiivisiin vaikutuksiin. Sitä käyte-tään puhuttaessa ei-toivotusta äänestä, josta seuraa ihmisille haittaa ja jonka havaitsemi-nessä kuulijan omilla tuntemuksilla ja äänenerotuskyvyllä on suuri merkitys. Melua voidaan mitata sen fysikaalisten ominaisuuksien perusteella.

Ympäristömelu koostuu ihmisen toiminnan aiheuttamasta melusta, joka vaihtelee ajan ja paikan mukaan. Äänen voimakkuutta mitataan käyttäen logaritmista desibeliasteikkoa (dB), jossa äänenpaineelle käytetään referenssipainetta 20 μPa ilmalle sekä 1 μPa muille aineille. Tällöin 1 Pa:n paineenmuutos ilmassa vastaa noin 94 dB:ä. (ISO 226:2003). Ver-tailun vuoksi ilmanpaineen normaaliarvo merenpinnalla on 101 325 Pa.

Kuuloaistin herkkyyks vaihtelee eri taajuisille äänille, jolloin vaihtelevat myös melun haital-lisuus, häiritsevyys sekä kiusallisuus. Nämä tekijät on otettu huomioon äänen taajuuskom-ponentteja painottamalla. Yleisin käytetty taajuuspainotus on A-painotus, joka perustuu kuuloaistin taajuusvasteen mallintamiseen.

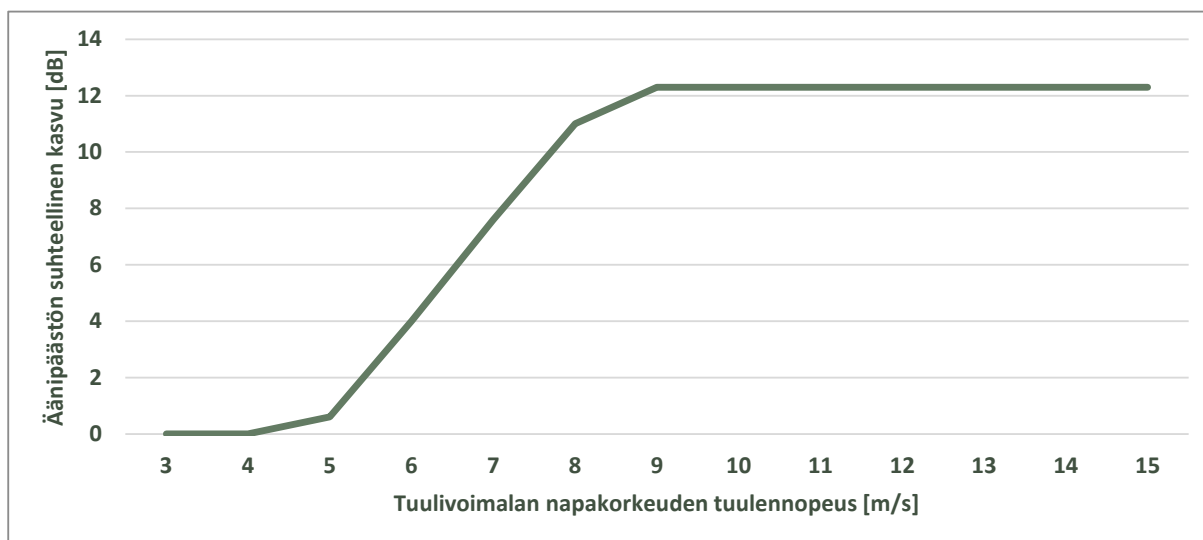
Melun ekvivalenttitaso, minkä symboli on L_{eq} ja A-taajuuspainotettuna L_{Aeq} , tarkoittaa samanarvoista jatkuvaa äänitasa kuin vastaavan äänienergian omaava vaihteleva ääni-taso.

1.2 Tuulivoimamelu

Tuulivoimalaitosten käyntiääni koostuu pääosin laajakaistaisesta lapojen aerodynaami-sesta 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 vaikutus-pinta-alan vuoksi (Gupta, M. Madsen, K., 2019). Tuulivoimamelu on A-taajuusjakaumaltaan painot-tunut tyypillisesti 200–1000 Hz:n väliin.

Modernit kolmilapaiset tuulivoimalaitokset ovat ylävirtalaitoksia, joissa roottori sijaitsee tuulen etupuolella suhteessa voimalan torniin. Katsottaessa aerodynaamisen melun suun-taavuutta ylhäältä käsin, on voimalan äänitaso sivutuulen puolelta noin 4-6 dB alhaisempi kuin tuulen ylä- ja alapuolilla samalla etäisyydellä (Oerlemans, S. Schepers, J.G., 2009).

Vaihtuvanopeuksisen tuulivoimalan äänipäästö on suoraan verrannollinen tuulennopeu-teen siten, että alhaisilla tuulilla eli hitaalla roottorin pyörimisnopeudella ja lähellä käyn-tiinlähtönopeutta, lähtöäänitaso on usein noin 10–15 dB alhaisempi kuin voimalan nimel-listeholla, jossa roottori saavuttaa suurimman kierrosnopeuden.



Kuva 1-2. Esimerkkikuva äänipäästön kasvusta napakorkeuden tuulennopeuden mukaan. Äänitason nousu tasoittuu n. 10 m/s voimalan napakorkeudella mitatun tuulennopeuden jälkeen.

Äänipäästön LWA huipputaso saavutetaan tyypillisesti voimalan nimellistehotasolla, joka tarkoittaa yli 10 m/s tuulennopeutta napakorkeudella voimalamallista ja tornikorkeudesta riippuen. Tuulennopeuden edelleen kasvaessa tuulivoimalan siipikulmasäätö tasoittaa äänitehotason nousun roottorin pyörimisnopeuden pysyessä ennallaan (ks. Kuva 1-2. Esimerkkikuva äänipäästön kasvusta napakorkeuden tuulennopeuden mukaan. Äänitason nousu tasoittuu n. 10 m/s voimalan napakorkeudella mitatun tuulennopeuden jälkeen.).

Taustamelu esim. liikennemelu ja teollisuusmelu sekä tuulen tuottama aallokko- ja puustokohina peittävät tuulivoimaloiden melua, mutta peittoäänet ovat ajallisesti ja tasoltaan vaihtelevia. Tuulikohina esim. puustossa on taajuuskaistaltaan laajakaistaista ja tuulensuunnasta, puulajeista, vuodenajasta ja tuulennopeudesta riippuva. Puustokohinan äänitaso mittauskorkeudella 1,5 m voi nousta kuitenkin tuulennopeuden mukaan kokemuksellisesti jopa yli 60 dB:n tasolle (Halstead, D. Tam, N., 2019).

Ilmakehän pystysuuntaisen stabiilisuuden ja ilmavirran turbulenssin vaihtelut eri vuorokauden aikoina voivat vaikuttaa tuulisuuden tasoon eri korkeuksilla (Bolin, K, 2012.). Ilmakehän neutraalin stabiilisuuden vallitessa 8 m/s tuulennopeus 10 metrin korkeudella vastaa noin 12,5 m/s modernin voimalan napakorkeudella 200 m (G.P. van den Berg, 2006).

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 tuotantotehoon. Modernit voimalamallit sisältävät usein myös siiven jättöreunan sahalaudoituksen, joka vähentää melupäästöä nimellisteholla tällä hetkellä noin 2-4 dB ja tulevaisuudessa vieläkin enemmän jättöreunan serraatioiden tuotekehityksen takia (Arce León, C., 2017).

1.3 Tuulivoimamelun ohjearvot YM 1107/2015

Valtioneuvosto asetus 1107/2015 tuulivoimamelun ohjearvoista tuli voimaan 1.9.2015. Oheisessa taulukossa on esitetty uuden asetuksen mukaiset keskiäänitason LAeq ohjearvot tuulivoimamelulle päivällä ja yöllä.

Taulukko 1-1. Tuulivoimamelun ohjearvot, YM 1107/2015 asetuksen mukaan, LAeq

Tuulivoimamelun ohjearvot	LAeq päiväajalle (klo 7–22)	LAeq yöajalle (klo 22–7)
Pysyvä asutus, Loma-asutus, Hoitolaitokset, Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Oppilaitokset, Virkistysalueet	45 dB	-
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Jos tuulivoimalan melu on impulssimaista tai kapeakaistaista melulle altistuvalla alueella, valvonnan yhteydessä saatuun mittaustulokseen lisätään 5 dB ennen sen vertaamista asetuksen 3 §:ssä säädettyihin arvoihin.

Tuulivoimarakentamisen ulkomelutason ohjearvot määritetään A-taajuuspainotettuna keskiäänitasona LAeq erikseen yhden vuorokauden päiväajan ja yöajan osalta. Kyse ei ole hetkellisistä enimmäisäänitasoista. Kunkin vuorokauden päiväajan 15 tunnin (klo 7–22) keskimääräisen ulkomelutason (LAeq) tulee pysyä annetun päiväajan ohjearvon mukaisena. Vastaavasti kunkin vuorokauden yöajan osalta 9 tunnin (klo 22–7) keskimääräisen ulkomelutason (LAeq) tulee pysyä annetun yöajan ohjearvon mukaisena. (Ympäristöministeriö, 2016). Melumallinnuksessa ei erotella päivä- tai yöajan tilanteita, vaan melun leviämislaskennan tulosvertailu tehdään vain yöajan alempaan 40 dB:n ohjearvoon nähden.

1.4 Äänitason toimenpiderajat sisätiloissa

Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysasetus 545/2015 asettaa sisätilojen äänitasoille toimenpiderajat erityisesti yöajan äänitasoille nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa sekä pientaajuisten melulle taajuusvälillä 20–200Hz.

Taulukko 1-2. Äänitason toimenpiderajat STM 545/2015 asumisterveysasetuksen mukaan

Huoneisto ja huonetila	Päivällä klo 07–22	Yöllä klo 22–07
asuinhuoneet ja oleskelutilat	35 dB	30 dB (25 dB)
muut tilat ja keittiö	40 dB	40 dB
huonetila, jossa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänenvahvistuslaitteiden käyttöä	35 dB	-
muut kokoontumistilat	40 dB	-
asiakkaiden vastaanottotilat ja toimistohuoneet	45 dB	-

Yöaikainen (klo 22–7) musiikkimelu tai muu vastaava mahdollisesti unihäiriötä aiheuttava melu, joka erottuu selvästi taustamelusta, ei saa ylittää 25 dB yhden tunnin keskiäänitasona LAeq,1h (klo 22–7) mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

Taulukko 1-3. Pienitaajuisten sisämelun tunnin keskiäänitason $L_{eq,1h}$ toimenpiderajat taajuusvälillä 20-200Hz nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa yöaikaan klo 22-07.

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

2 LÄHTÖTIEDOT JA ARVIOINTIMENETELMÄT

Laskennan lähtötiedot on koottu tilaajan lähettämästä aineistosta, Maanmittauslaitoksen digitaalikartta-aineistosta, sekä kirjallisuudesta.

2.1 Mallinnusohjeistus

Ympäristöministeriö on julkaissut 28.2.2014 ohjeen tuulivoimaloiden melun mallintamiseen (YM OH 2/2014). Ohjeessa on annettu tietoja mallinnusmenettelyistä arvioitaessa tuulivoimaloiden aiheuttamaa melukuormitusta ympäristösuojelulain 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 $L_{WA,d}$. 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 keskitaajuuksilla 20–10000 Hz ja oktaaveittain keskitaajuuksilla 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 suunnitteluohjearvoihin ilman erillistä epävarmuus-tarkastelua, ja äänen etenemisen ja ympäristöolosuhteiden mallinnukseen voidaan käyttää vakioituja sää- ja ympäristöolosuhdearvoja.

Melun häiritsevyyteen vaikuttaa äänitasojen lisäksi melupäästöön mahdollisesti liittyvät 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.

Mallinnusalgoritmina käytettiin ISO 9613-2:2024, jonka vuoden 1996 version parametrisointi on ohjeistettu Ympäristöministeriön melumallinnusohjeessa kappaleessa 4.1. Koska ISO standardin Editio 1 vuodelta 1996 on poistunut käytöstä ja on korvaantunut editiolla 2 vuonna 2024 (ISO 2025), on tässä käytetty Ed.2 standardin laskenta-algoritmia kuitenkin siten, että laskentaparametrit ovat samoja Ed.1 kanssa. Ympäristöministeriö ei ole vielä tehnyt kattavaa vaikutusarviointia uuden standardiversion käytön vaikutuksista laskentatuloksiin tämän selvityksen teon aikana. Alustava AFRY:n tekemä sisäinen tarkastelu on päätynyt johtopäätökseen, että laskentatulosten poikkeama on tässä hankkeessa hyvin vähäinen 40 dB:n ja sitä ylittävillä keskiäänitasoilla, mutta kasvaa jonkin verran

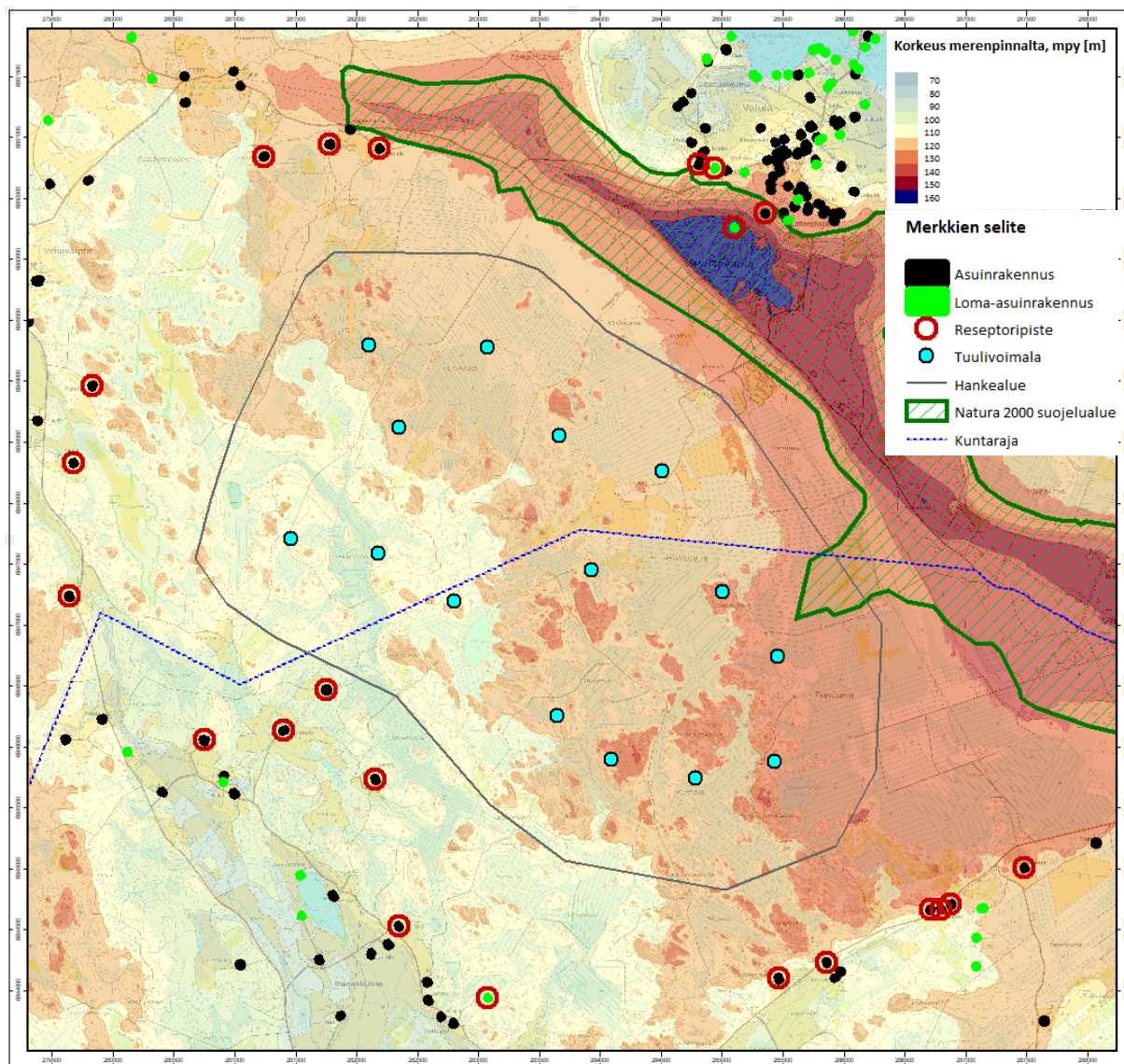
voimaloista kauemmaksi mentäessä ja pienemmillä, alle 30 dB:n äänitasoilla. Kaikki tulokset ovat tässä selvityksessä kuitenkin esitetty vain uuden Ed.2 vuoden 2024 standardipäivityksen normatiivisen eli varsinaisen standardin laskentamenettelyn tuloksina.

Maaston pinnan laatu ja muoto otetaan mallinnuksessa erillisinä huomioon. Lisäksi pienitaajuisten äänen eteneminen tulee mallintaa erikseen ohjeistuksessa määritellyn erillislaskennan avulla, joka perustuu Tanskassa annettuun ohjeistukseen, jonka parametreja on mukautettu Suomen olosuhteisiin (Jakobsen, J. 2012). Laskennassa otetaan huomioon geometrinen etäisyysvaimennus sekä ohjeistuksen mukaiset ilmakehän absorption ja maastovaikutuksen parametrit. Pienitaajuisten melun tarkastelu tehdään erikseen 1/3-oktaaveittain taajuusalueella 20–200 Hz melulle merkittävimmin altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella. Laskennan tarkoituksena on tuottaa tieto ulkomelutasoista tersikaistoittain, ja niiden perusteella voidaan arvioida rakennuksen sisämelutaso oletetulla ääneneristävyydellä.

2.2 Digitaalikartta-aineisto

Melumallinnus on suoritettu digitaalikartalle, jonka topografian korkeusväli on enintään 0,5 m. Kartassa on kuvattu topografian ja tuulivoimaloiden paikkatiedon lisäksi rakennusten paikkatiedot sekä niiden käyttötarkoitus siten kuin se on esitetty Maanmittauslaitoksen aineistossa. Maa-alueille akustinen kovuuskerroin on ohjeen mukaisesti 0,4 ja vesialueille 0.

Ohjeen mukaan yli 60 m korkeuserot tuulivoimalan ja altistuvan kohteen maanpinnan korkeuden välillä 3 km säteellä voimalasta reseptoripisteeseen päin laskevasti katsotaan sellaiseksi, että sillä olisi vaikutusta laskentaparametreihin (+2 dB lisäys äänipäästöön LWA). Tässä tapauksessa lisäystä ei tehdä, sillä 60 m korkeuserovaatimus ei täyty yhdenkään tuulivoimalan ja reseptoripisteen välillä 3 km:iin asti (ks. Kuva 2-1 ja liitteessä 1 esitetyt maaston korkeudet).



Kuva 2-1. Melumallinnuksen digitaalikartan topografiamalli, mpy [m]

2.3 Tuulivoimalamalli

Mallinnus suoritettiin tuulivoimalavoimalamallille, jolle käytettiin Siemens-Gamesa SG-170 6,6 MW:n voimalamallin ja serraatiosiiven mukaista äänipäästötasoa 106,0 dB sekä taajuusjakaumaa lisättynä +2 dB:n varmuusarvolla K (ks. YM9/5511/2016 mukainen lisäohje, Ympäristöministeriö, 2016). Pistemäisen äänilähteen kokonaisäänipäästön tunnusarvo LWA,d melumallissa on siten 108,0 dB. Voimaloita on yhteensä 15 kpl.

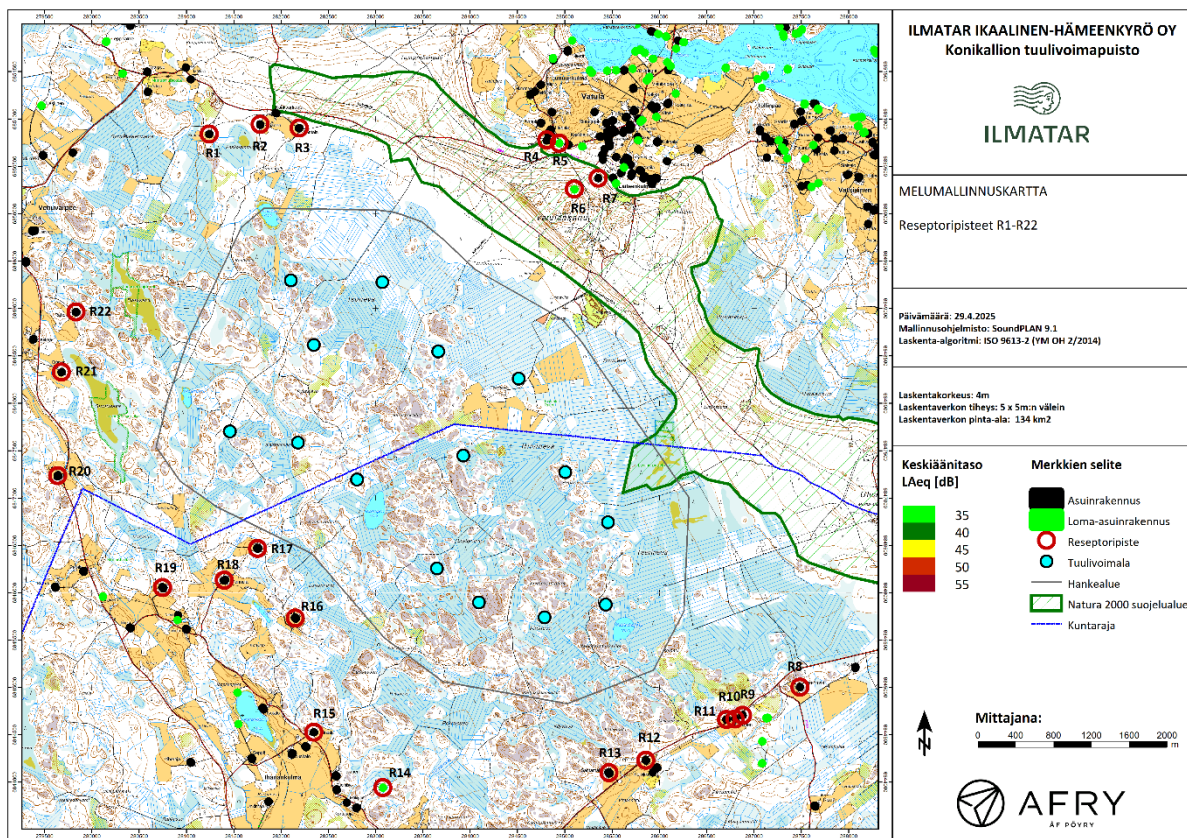
Mallinnetun voimalan napakorkeudeksi on valittu 200 m, joka on myös pistemäisen melulähteen korkeus melumallissa. Mallinnuksen äänipäästön lähtötietoina on käytetty voimalamallin taajuusjakaumaa 1/3 oktaaveittain taajuusvälillä 10 Hz – 10 000 Hz lisättynä varmuusarvolla.

Taulukko 2-1. Mallinnuksen tuulivoimalat

Tuulivoimalamallit	Äänipäästö	Varmuusarvo	Napakorkeus	Lukumäärä
SG-170 6,6 MW	106,0 dB	+2 dB	200 m	15 kpl

2.4 Tuulivoimaloiden ja reseptoripisteiden sijainnit

Alla olevassa kuvassa on esitetty mallinnettujen tuulivoimaloiden sekä lähimpien reseptoripisteiden R1-R22 sekä asuin- tai lomarakennusten sijainnit. Reseptoripisteiden kohdalla laskettiin erikseen tulokset melumallinnuskartan lisäksi. Liitteessä 1 on esitetty reseptorisijainteja vastaavat koordinaatit ETRS-TM35FIN tasokoordinaatistossa.



Kuva 2-2. Melumallinnusalue, tuulivoimaloiden sijainnit (vaaleansiniset pisteet) ja reseptoripisteet (punaiset ympyrät). 8 voimalaa on Hämeenkyrön puolella ja 7 voimalaa Ikaalisten puolella.

2.5 Melumallinnuksen laskentaparametrit

Melun leviäminen maastoon havainnollistettiin käyttäen tietokoneavusteista melu-laskentaohjelmistoa SoundPlan v 9.1, missä äänilähteestä lähtevä ääniaalto lasketaan digitaaliseen karttapohjaan äänenpaineeksi vastaanottopisteessä. Mallinnusohjelmistona käytettiin standardia ISO 9613-2:2024 Ed.2, jonka parametrisointi on ohjeistettu Ympäristöministeriön melumallinnusohjeessa kappaleessa 4.1.

Mallissa otetaan huomioon kunkin tuulivoimalan äänipäästö 1/3 oktaavikaistan resoluutiolla, äänen geometrinen leviämisvaimentuminen, maaston korkeuserot sekä maanpinnan ja ilmakehän melun vaimennusvaikutukset. Mallinnus laskee tilanteen aina myötätuuliosuhteeseen joka suuntaan voimaloiden äänipäästön suurimmalla arvolla lisättynä varmuusarvolla.

Rakennusten aiheuttamaa äänen varjostusvaikutusta ei laskennassa huomioida eli melun leviäminen lasketaan nk. vapaakenttään. Melumallinnus piirtää keskiaänitason käyrät 5 dB:n välein vakioituilla laskentaparametreilla, jotka on esitetty Taulukko 2-2 ja jotka poikkeavat esim. tieliikennemelun vastaavista.

Kaikkiaan tuulivoimamelun laskennan parametrit ovat konservatiivisempia kuin teollisuustai tieliikennemelussa yleisesti käytetyt melun leviämislaskennan parametrit: (Ympäristöministeriö, 2007).

1. Vakioitu maa-alueiden absorptiovakio tuulivoimamelun leviämislaskelmissa on lukuarvoltaan pienempi kuin tieliikenne- ja teollisuusmelulaskennoissa tarkoittaen myös pienempää äänen leviämisvaimentumista.
2. Tuulivoimamelun laskennassa käytetään äänipäästön takuu-/tunnusarvoa LWA/LWA,d joka vastaa voimalan tuottamaa suurinta äänipäästöä lisättynä äänipäästöarvon varmuusarvolla K. Tieliikennemelussa se on vuotuinen keskivuorokausiliikenne KVL ilman epävarmuuksia. Teollisuusmelussa voidaan hyödyntää äänipäästöissä mm. laitteiden toiminta-aikojen aikakorjauksia, joita ei tuulivoimamelulaskennassa voi hyödyntää.

Melumallinnuksessa käytetyt laskentaparametrit on esitetty alla olevassa taulukossa. Parametrit ovat ohjeen YM OH 2/2014 mukaisia ympäristövaikutusarvioinnin ja kaavoituksen hankevaiheessa.

Taulukko 2-2. Melun leviämislaskennan parametrit.

Lähtötieto	Parametrit
Laskentalogiikka	ISO 9613-2:2024 (Ed.2) ylärajatarkastelu (YM OH 2/2014 kpl 4.1)
Mallinnusalgoritmit	Keskiäänitaso LAeq ulkona: ISO 9613-2. YM OH 2/2014 kpl 4.1. Pientaajuisen melun etenemisvaimennus, YM OH 2/2014 kpl 4.1.9 sekä suomalaisten pientalojen äänitasoeron 84 %:n ja 90 %:n persentiilit (Keränen et al., 2017, 2019)
Topografiakartta	Maanmittauslaitos, laserkeilausaineisto ja maastotietokanta (© MML, 2025), topografian pystyresoluutiona on 0,3 m. Laskentaohjelmassa muodostetaan maanpinta erillisen kolmioverkkolaskennan kautta. (YM OH 2/2014 kpl 4.1.8)
Sääolosuhteet	Ilman lämpötila 15 °C, ilmanpaine 101,325 kPa, ilman suhteellinen kosteus 70 prosenttia (YM OH 2/2014 kpl 4.1.4)
Tuulennopeus	n.12,5 m/s 200 m:n korkeudella (napakorkeus), myötätuuli joka suuntaan, joka vastaa 8 m/s 10m:n referenssikorkeudella maanpinnan karheudella 0,1 m (YM OH 2/2014 kpl 4.1.1)
Äänilähde	Pistelähde (YM OH 2/2014 kpl 4.1.4)
Äänipäästön tunnusarvo	ks. kpl 2.3
Mallinnuksen äänipäästö	1/3 oktaaveittain 10 Hz – 10 000 Hz (YM OH 2/2014 kpl 4.1.1)
Häiritsevyysskorjaukset	ks. luku 2.1
Topografiakorjaus	Ei korjausta, ks. kappale 2.2 kuva 2-1. (YM OH 2/2014 kpl 4.1.6)

Lähtötieto	Parametrit
Laskentaverkko	Laskentapiste viisi kertaa viiden metrin (5x5 m) välein laskentaverkolla neljän metrin (4 m) korkeudella seuraten digitaalikartan maanpintaa (YM OH 2/2014 kpl 4.1.2)
Maanpinnan akustinen kovuus	0,4 (maa-alueet), 0 (vesialueet sekä laajat kallioalueet) (YM OH 2/2014 kpl 4.1.5 sekä 4.1.9)
Laskentavyöhykkeet, LAeq	35 dB, 40 dB, 45 dB, 50 dB ja 55 dB

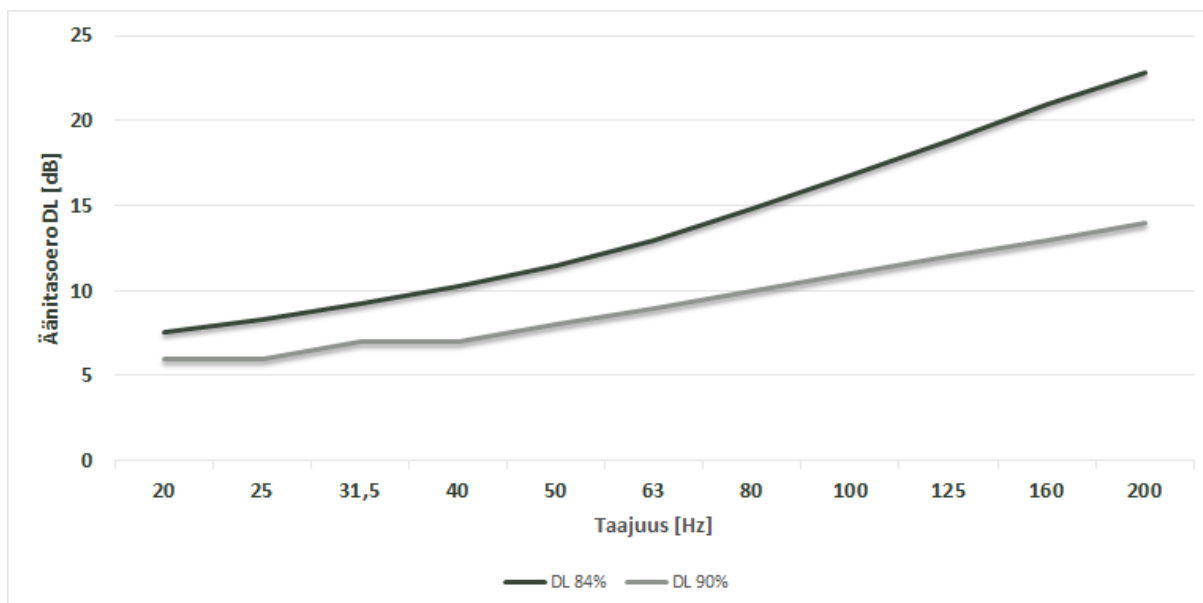
2.6 Pienitaajuisten melun laskenta

Asumisterveysasetuksessa 545/2015 annetaan matalien taajuuksien 20–200 Hz tunnin keskiäänitasojen (Taulukko 1-3) 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).

Ympäristöministeriön melumallinnusohjeet eivät sisällä erillisiä ohjeita sisämelun kokonaissäänitason mallintamiseksi. Yöajan sisämelun toimenpiderajojen oletetaan kuitenkin alittuvan, mikäli melumallinnuksen antamat ulkomelutasot sekä pienitaajuisten sisämelun tasot alittavat valtioneuvoston asetuksen ohjearvot ja asumisterveysasetuksen toimenpidearvot. 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 796/2017 vaatimustasoa.

Suomalaisten pientalojen ääneneristävyttä on tutkittu Turun AMK:n hankkeessa (Keränen et al. 2019 a ja b), jossa on esitetty taajuuskohtaiset äänitasoerot matalille taajuuskais-toille 20-200 Hz. Artikkelin arvot (Kuva 2-3) on määritetty tilastollisesti niin, että ne ylittävät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja niitä on käytetty tässä selvityksessä pienitaajuisten sisämelutasojen arviointiin asuinrakennusten osalta ja 90% todennäköisyydellä loma-asuinrakennusten osalta.

Rakennusten ilmaäänieristyksen keskimääräinen profiili kasvaa korkeammille taajuuksille mentäessä, jonka perusteella mallinnusohjeistuksen mukainen sisämelujen arviointi tehdään vain matalille taajuuksille. Jos pienitaajuisten sisämelun tasojen todetaan pysyvän annetuissa toimenpiderajoissa, myös kokonaismelun tasot pysyvät todennäköisesti raja-arvojen alapuolella.



Kuva 2-3. Äänitasoeron DL vähimmäisarvon estimaatit 85% ja 90% persentiileille Turun AMK:n julkaisujen mukaan (Keränen, 2017, 2019).

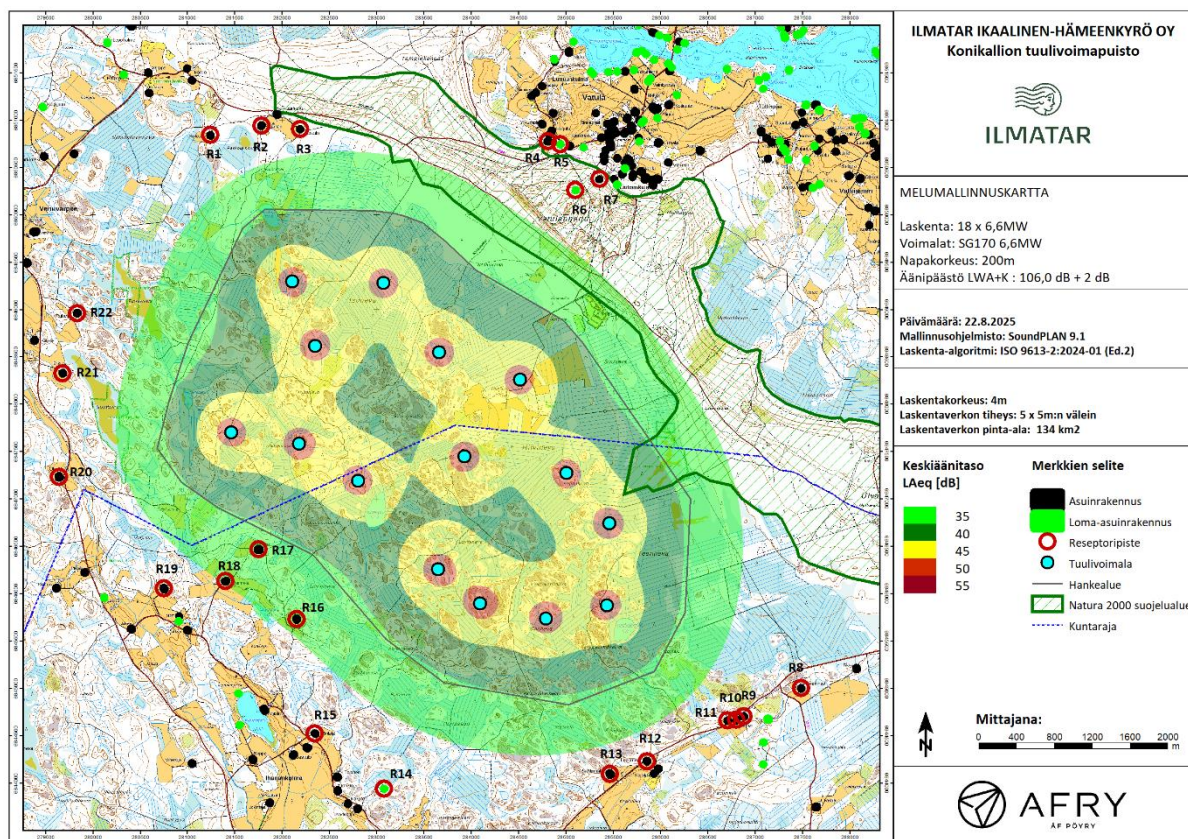
Lähtökohtaisesti nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa LAeq ekvivalenttitulosten 30 dB yöai-
kaan oletetaan alittuvan, mikäli melumallinnuksen tulos ulkona sekä pientaajuisen melun
tulokset alittavat VNa 1107 sekä STM:n asumisterveysasetuksen toimenpiderajat. Tätä tu-
kevat myös tehdyt tuulivoimamelun sisätilamittaukset Suomessa sekä ilmaäänieristyksen
keskimääräinen profiili, joka kasvaa korkeammille taajuuksille mentäessä.

3 MALLINNUSTULOKSET

Digitaaliseen topografiakartalle laskettu melun leviäminen on esitetty kappaleessa 3.1 sekä
suurempana kuvana liitteessä 2. Pientaajuisen melun laskentatulokset lähimmille altistu-
ville kohteille on esitetty kaaviokuvan avulla kappaleessa 3.2 sekä yksityiskohtaisemmin
numeerisina tuloksina liitteessä 3.

3.1 Ulkomelumallinnus

Osayleiskaavaehdotuksen mukaisen melumallinnuksen tulokset on laskettu keskiäänita-
solla LAeq 35 dB:n vyöhykkeelle asti. Seuraavissa kuvissa on esitetty keskiäänitaso-
n LAeq leviämiskartat Konikallion hankealueen 15:lle suunnitellulle voimalalle. Meluvyöhykkeet on
esitetty 5 dB:n välein siten, että vaaleanvihreän alueen raja vastaa LAeq 35 dB:n tasoa ja
tummanvihreän alueen raja 40 dB:n tasoa.



Kuva 3-1. Oyk melumallinnuskartta, keskiäänitaso LAeq

Melun leviämislaskennan perusteella 40 dB:n melukäyrä ulkona ei ulotu lähimpiin asuin- ja loma-asuinrakennuksiin asti. Reseptoripistelaskennan perusteella (Taulukko 3-1) korkein keskiäänitaso LAeq 38,2 dB saavutetaan reseptoripisteessä R17, jonka käyttötarkoitukseksi on merkitty asuinrakennus. Tulos alittaa yöajan alimman ohjearvorajan 40 dB ulkona.

Alla olevassa taulukossa on esitetty vielä yksittäisten reseptoripisteiden laskentatulokset ulkomelun osalta.

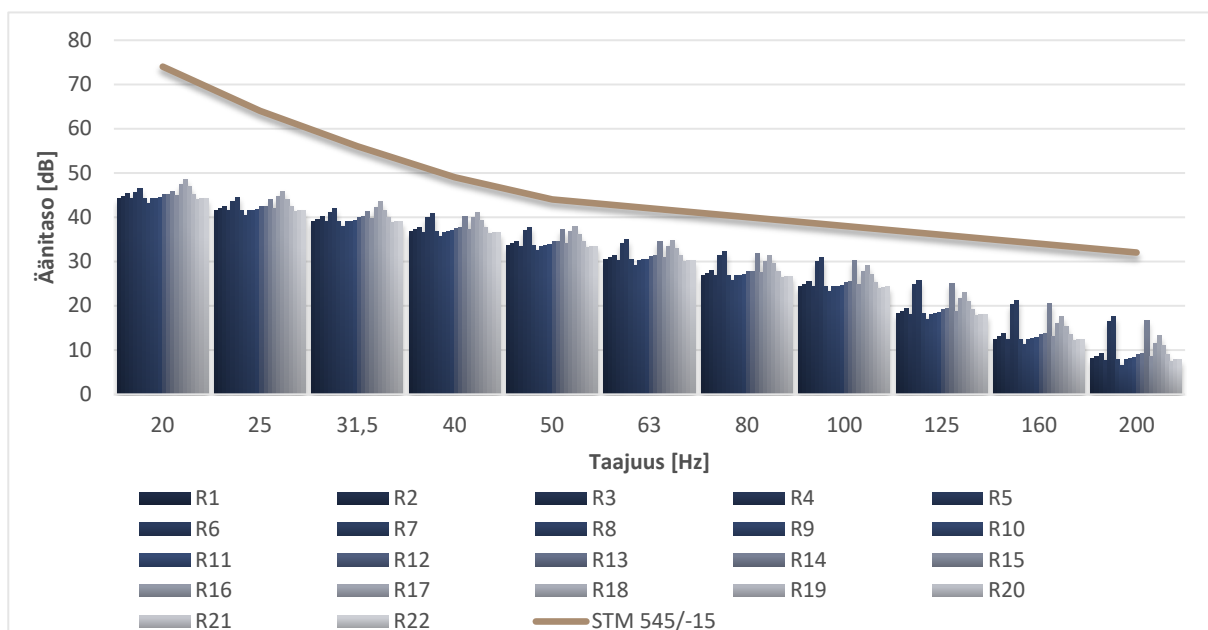
Taulukko 3-1. Konikallion melumallinnuksen reseptoripistetulokset

Reseptoripiste			Reseptoripiste		
Nimi	Rakennuksen käyttö-tarkoitus	Tulokset	Nimi	Rakennuksen käyttö-tarkoitus	Tulokset
		Keskiaänitaso LAeq			Keskiaänitaso LAeq
R1	asuinrakennus	31,6 dB	R12	asuinrakennus	33,0 dB
R2	asuinrakennus	32,4 dB	R13	asuinrakennus	33,1 dB
R3	asuinrakennus	33,2 dB	R14	loma-asuinrakennus	31,2 dB
R4	asuinrakennus	30,9 dB	R15	asuinrakennus	31,8 dB
R5	loma-asuinrakennus	30,7 dB	R16	asuinrakennus	35,8 dB
R6	loma-asuinrakennus	32,2 dB	R17	asuinrakennus	38,2 dB
R7	asuinrakennus	31,0 dB	R18	asuinrakennus	35,2 dB
R8	asuinrakennus	29,7 dB	R19	asuinrakennus	32,6 dB

Reseptoripiste			Tulokset	Reseptoripiste			Tulokset
Nimi	Rakennuksen käyttö-tarkoitus		Keskiääänitaso LAeq	Nimi	Rakennuksen käyttö-tarkoitus		Keskiääänitaso LAeq
R9	asuinrakennus		31,4 dB	R20	asuinrakennus		30,9 dB
R10	asuinrakennus		31,7 dB	R21	asuinrakennus		31,3 dB
R11	asuinrakennus		32,0 dB	R22	asuinrakennus		31,2 dB

3.2 Pienitaajuinen melu rakennusten sisätiloissa

Tuulivoimalaitosten pientaajuinen melu laskettiin käyttäen painottamattomia äänitehotason 1/3 oktaavikaistatietoja taajuusvälillä 20-200 Hz. Laskenta suoritettiin YM ohjeen laskentaohjeen mukaisesti käyttäen suomalaistutkimuksen antamia pientalojen julkisivurakenteiden äänitasoeron estimaattiarvoja DL84% ja DL90%, jotka ovat aiempaa DSO 1284 ohjetta alhaisempia (Keränen et al. 2017, 2019).



Kuva 3-2. Osayleiskaavasuunnitelman mukaisen pientaajuisen melulaskennan tulokuvaaja

Laskennan mukaan sisätilan toimenpiderajat alittuvat (ks. **Error! Reference source not found.**). Suurimmat arvot ulkona saavutetaan reseptoripisteessä R6 sekä R17 taajuudella 50 Hz, joista pisteessä R6 pientaajuisen sisämelun laskennassa käytetään myös alempaa julkisivun äänitasoeron vähimmäisarvoa DL90% rakennuksen käyttötarkoituksen perusteella (loma-asuinrakennus).

Taulukko 3-2. Pientaajuisen melulaskennan tulosten ero suhteessa STM:n toimenpiderajaan

Reseptori	Taajuus [Hz]										
	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	-30	-22	-17	-12	-10	-12	-13	-14	-18	-22	-24

	Taajuus [Hz]										
Resep- tori	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R2	-29	-22	-16	-12	-10	-11	-13	-13	-17	-21	-23
R3	-29	-22	-16	-11	-9	-11	-12	-13	-17	-20	-23
R4	-30	-23	-17	-12	-11	-12	-13	-14	-18	-22	-24
R5	-28	-20	-15	-9	-7	-8	-9	-8	-11	-14	-16
R6	-27	-19	-14	-8	-6	-7	-8	-7	-10	-13	-14
R7	-30	-22	-17	-12	-10	-12	-13	-14	-18	-22	-24
R8	-31	-24	-18	-13	-12	-13	-14	-15	-19	-23	-25
R9	-30	-23	-17	-12	-11	-12	-13	-14	-18	-22	-24
R10	-30	-22	-17	-12	-10	-12	-13	-14	-18	-21	-24
R11	-30	-22	-17	-12	-10	-11	-13	-13	-18	-21	-24
R12	-29	-22	-16	-11	-10	-11	-12	-13	-17	-21	-23
R13	-29	-22	-16	-11	-9	-11	-12	-13	-17	-20	-23
R14	-28	-20	-15	-9	-7	-8	-8	-8	-11	-14	-15
R15	-29	-22	-16	-12	-10	-11	-13	-13	-17	-21	-24
R16	-27	-19	-14	-9	-7	-9	-10	-10	-14	-18	-20
R17	-25	-18	-13	-8	-6	-7	-9	-9	-13	-17	-19
R18	-27	-20	-14	-10	-8	-9	-11	-11	-15	-19	-21
R19	-29	-22	-16	-11	-10	-11	-12	-13	-17	-21	-23
R20	-30	-23	-17	-13	-11	-12	-14	-14	-18	-22	-25
R21	-30	-23	-17	-12	-11	-12	-13	-14	-18	-22	-24
R22	-30	-23	-17	-12	-11	-12	-13	-14	-18	-22	-24

3.3 Sähkönsiirto

Tuotettu sähkö siirretään hankealueella maakaapeilla sähköasemalle, joka sijoittuu energiahuollon alueelle, missä maakaapelit sijoittuvat tiestön yhteyteen. Tuulipuisto liitetään sähköverkkoon jakeluverkkoyhtiö Caruna Oy:n suurjänniteverkkoon uudella, noin 14–15 km pituisella 110 kV -voimajohtolla, joka toteutetaan ilmajohtona tai maakaapelina. Sähkönsiirron A-vaihtoehtona tutkitaan koilliseen suuntautuvaa vaihtoehtoa.

Voimajohtoon rakentamisen aikana melua syntyy ennen varsinaisten pylväiden ja johdon rakentamista johtokäytävän metsänraivauksesta, jonka ääni on luonteeltaan normaalia metsänraivauksen ääntä. Lisäksi maahan kaivetun johtokäytävän osalta syntyy melua maankaivuutöistä, kuljetuksista ja johtojen asentamisesta.

Pylväiden ja johtojen tai maahan kaivettujen johtokäytävien rakentaminen on luonteeltaan etenevää rakentamista, missä pää-äänilähteitä ovat kaivinkoneet, kuorma-autot, nosturit sekä muu tyypillinen rakentamismelu. Kallioisilla alueilla perustusten tekemiseen voidaan tapauskohtaisesti tarvita louhimista ja tällöin kalliota saatetaan joutua räjäyttämään.

Lisäksi johtimien räjähdeliitosten tekeminen aiheuttaa hetkellisesti melua. Meluvaikutukset ovat tyypillisesti verrattain lyhytaikaisia ja jaksottaisia, sillä voimajohtotyömaa siirtyy jatkuvasti johtoreittiä eteenpäin. Vaikutusetaisyydeltään rakentamisen aikainen melu on paikallista vaikuttaen arviolta enimmillään noin 300–500 metrin etäisyydelle rakentamispai-
kasta.

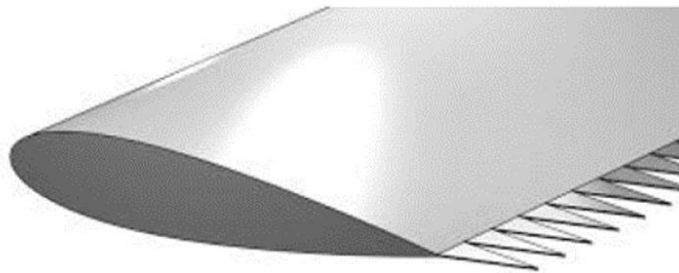
Fingrid on teettänyt vuonna 2005 äänitasotasonmittauksia 400 kilovoltin voimajohdoilla Tampereen teknillisen yliopiston kanssa tutkimustyönä. Äänitasot johtoalueella 20 metriä sivussa johdon keskilinjasta olivat 25–45 dB. Tulokset noudattelevat esimerkiksi kansainvälisen voimajohtoalan järjestö Cigren (International Council on Large Electric Systems) tekemien voimajohtojen koronakartoitusten tuloksia, joissa melutaso on alle 46 dB lähellä johtoa. (Fingrid 2021) Koronamelun aiheuttama ääni ei näin ollen ylitä melun ohjearvoja yöaikana asuinrakennusten kohdalla, mutta ääni voidaan kokea voimajohdon välittömässä läheisyydessä häiritsevänä.

Ilmiö on ajoittainen ja sääolosuhteisiin sidonnainen, ja äänihäiriöt myös vaimenevat huomattavan nopeasti etäännyttäessä voimajohdosta. Lähimmissä altistuvissa kohteissa, asuin- ja lomarakennuksissa, koronamelu on todennäköisesti kuultavissa vaimeasti ulkona tietyissä sääolosuhteissa, mutta esimerkiksi tuulisissa olosuhteissa koronamelun arvioidaan peittyvän osittain tai kokonaan taustamelun alle.

Voimajohdon läheisyydessä melua voi syntyä myös tuulesta, joka ravistelee johdon erti-
osia, kuten teräspylväitä, johtimia, orsia tai eristimiä.

4 VAIKUTUSTEN EHKÄISEMINEN JA LIEVENTÄMINEN

Meluvaikutuksien laajuuteen voidaan vaikuttaa tuulivoimalamallin sekä siipityypin valin-
nalla. Nykyiset tuulivoimaloiden siipimallit sisältävät mm. jättöreunan sahalaudoituksen,
jolla voidaan vähentää nimellistehon taattua melupäästöä n. 2-4 dB voimalan tuottamaa
sähkötehoa vähentämättä (Arce León, 2017).



Kuva 4-1. Havainnollistus tuulivoimalan siiven jättöreunan sahalaudoituksesta (Martinez et al., 2019)

Tuulivoimalaitoksia on lisäksi mahdollista ajaa meluoptimoidulla ajolla, jolloin esimerkiksi roottorin pyörimisnopeutta rajoitetaan kovemmilla tuulennopeuksilla siiven lapakulmaa säätämällä. Näitä meluoptimointiajomoodeja on yleensä eritasoisia riippuen tarvittavasta vaimennustarpeesta. Säästöparametreiksi voidaan tyypillisesti valita tuulennopeus, -suunta ja kellonaika. Meluoptimoitu ajo rajoittaa tehontuoton lisäksi myös voimalan äänipäästöä. Melumallinnuksen perusteella tarvetta meluoptimointiajomoodin käytölle tässä hankkeessa ei kuitenkaan ole.

5 LÄHDELUETTELO

Arce León, C. 2017. 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.

Bolin, K. 2012. The Influence of Background Sounds on Loudness and Annoyance of Wind Turbine Noise, Acta Acustica united with Acustica 98, 741-748, 2012.

Fingrid 2025. Ohjeita kaavoittajalle. [<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/maankaytto-ja-ymparisto/voimajohtoalueiden-hyodyntaminen/ohjeita-kaavoittajalle/>]

Gupta, M. Madsen, K. 2019. Advancements in continuous learning for tonality free turbine design. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.

Halstead, D., Tam, N. 2019. 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.

ISO 9613-2:2024-01. Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors — Part 2: Engineering method for the prediction of sound pressure levels outdoors. International Organization for Standardization, Switzerland, 2024.

Jakobsen, J. 2012. Danish regulation for low frequency noise from wind turbines, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control 31(4), 2012.

Keränen et al. 2019a. The sound insulation of façades at frequencies 5–5000Hz, Building and Environment 156, 2019.

Keränen et al. 2019b. Anojanssi -projektin tulokset: Ympäristömelun häiritsevyys. Turun ammattikorkeakoulu, sisäympäristön tutkimusryhmä, Akustiikkapäivät 2019, s. 276-279.

R. M. Martínez, R. et al. Assessment of the sound quality of wind turbine noise reduction measures. Environmental Science, Engineering, 2019.

Oerlemans, S. Schepers, J.G. 2009. Prediction of wind turbine noise directivity and swish. Proc. 3rd Int. conference on wind turbine noise, Aalborg, Denmark, 2009.

STMa 545/2015. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö 2015.

VNa 1107/2015. Valtioneuvoston asetus 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjeista. Astui voimaan 1.9.2015.

van den Berg, G. P. 2006. The sound of high winds: the effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise. Doctoral Thesis, University of Groningen, Holland, 2006.

YM9/5511/2016. Yhteenvedo tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. Ympäristöministeriö, YM9/5511/2016.

Ympäristöministeriö 1995. Ympäristömelun mittaaminen. Ohje I 1995.

Ympäristöministeriö 2007. Melutta -hankkeen loppuraportti. Ympäristöministeriön raportteja 20/2007. Ympäristöministeriö, Helsinki, 2007.

Ympäristöministeriö 2/2014. Tuulivoimaloiden melun mallintaminen, Ympäristöhallinnon ohjeita 2|2014.

Ympäristöministeriö 2016. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5|2016. Ympäristöministeriö, 2016.

Liite 1. Tuulivoimaloiden ja reseptoripisteiden koordinaatit melumallinnuksen ETRS-TM35FIN tasokoordinaatistossa

Tuulivoimaloiden koordinaatit

No	x-koordinaatti	y-koordinaatti	z-koordinaatti	Napakorkeus
TV 1	282105	6849297	127	200 m
TV 2	283649	6846257	125	200 m
TV 3	285456	6846745	132	200 m
TV 4	285005	6847273	139	200 m
TV 5	284092	6845898	130	200 m
TV 6	283928	6847448	129	200 m
TV 7	284512	6848261	129	200 m
TV 8	283661	6848547	130	200 m
TV 9	283071	6849279	125	200 m
TV 10	281460	6847703	118	200 m
TV 11	284786	6845741	131	200 m
TV 12	285432	6845876	136	200 m
TV 13	282802	6847195	123	200 m
TV 14	282179	6847586	111	200 m
TV 15	282347	6848617	126	200 m

Reseptoripisteiden koordinaatit

No	x-koordinaatti	y-koordinaatti	z-koordinaatti	Laskentakorkeus
R1	281241	6850841	123	4 m
R2	281779	6850943	128	4 m
R3	282191	6850905	128	4 m
R4	284809	6850778	123	4 m
R5	284940	6850745	116	4 m
R6	285100	6850260	183	4 m
R7	285353	6850377	143	4 m
R8	287484	6845005	130	4 m
R9	286879	6844707	121	4 m
R10	286799	6844669	118	4 m
R11	286709	6844664	117	4 m
R12	285855	6844234	113	4 m
R13	285465	6844101	117	4 m

No	x-koordinaatti	y-koordinaatti	z-koordinaatti	Laskentakor- keus
R14	283077	6843943	115	4 m
R15	282346	6844529	106	4 m
R16	282151	6845734	110	4 m
R17	281752	6846469	108	4 m
R18	281401	6846134	108	4 m
R19	280749	6846056	111	4 m
R20	279640	6847236	115	4 m
R21	279679	6848329	112	4 m
R22	279833	6848963	119	4 m

ILMATAR IKAALINEN-HÄMEENKYRÖ OY
Konikallion tuulivoimapaisto



ILMATAR

MELUMALLINNUSKARTTA

Laskenta: 18 x 6,6MW

Voimalat: SG170 6,6MW

Napakorkeus: 200m

Äänipäästö LWA+K : 106,0 dB + 2 dB

Päivämäärä: 22.8.2025

Mallinnusohjelmisto: SoundPLAN 9.1

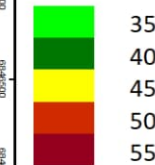
Laskenta-algoritmi: ISO 9613-2:2024-01 (Ed.2)

Laskentakorkeus: 4m

Laskentaverkon tiheys: 5 x 5m:n välein

Laskentaverkon pinta-ala: 134 km²

Keskiäänitaso
L_{Aeq} [dB]

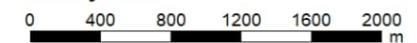


Merkkien selite

- Asuinrakennus
- Loma-asuinrakennus
- Reseptoripiste
- Tuulivoimala
- Hankealue
- Natura 2000 suojelualue
- Kuntaraja



Mittajana:



Liite 3. Pienitaajuisen melun numeeriset laskentatulokset

Tulokset ulkona											
	Taajuus [Hz]										
Reseptori	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	52	50	48	47	45	43	42	41	37	33	31
R2	52	50	49	47	46	44	42	42	38	34	31
R3	53	51	49	48	46	44	43	42	38	35	32
R4	52	50	48	47	45	43	42	41	37	33	31
R5	52	50	48	47	45	43	41	41	37	33	30
R6	53	51	49	48	46	44	42	42	38	34	32
R7	52	50	48	47	45	43	42	41	37	33	31
R8	51	49	47	46	44	42	40	40	36	32	29
R9	52	50	48	47	45	43	42	41	37	33	31
R10	52	50	48	47	45	43	42	41	37	34	31
R11	52	50	49	47	45	44	42	41	37	34	31
R12	53	51	49	48	46	44	43	42	38	34	32
R13	53	51	49	48	46	44	43	42	38	35	32
R14	52	50	48	47	45	43	42	41	37	33	31
R15	52	50	49	48	46	44	42	42	38	34	31
R16	55	53	51	50	48	46	45	44	40	37	34
R17	56	54	53	51	49	48	46	46	42	38	36
R18	54	52	51	50	48	46	44	44	40	36	34
R19	53	51	49	48	46	44	43	42	38	34	32
R20	52	49	48	47	45	43	41	41	37	33	30
R21	52	50	48	47	45	43	41	41	37	33	31
R22	52	50	48	47	45	43	42	41	37	33	31

Tulokset sisällä											
	Taajuus [Hz]										
Reseptori	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	44	42	39	37	34	30	27	24	18	12	8
R2	45	42	40	37	34	31	27	25	19	13	9
R3	45	42	40	38	35	31	28	25	19	14	9
R4	44	41	39	37	33	30	27	24	18	12	8
R5	46	44	41	40	37	34	31	30	25	20	16
R6	47	45	42	41	38	35	32	31	26	21	18
R7	44	42	39	37	34	30	27	24	18	12	8
R8	43	40	38	36	32	29	26	23	17	11	7
R9	44	41	39	37	33	30	27	24	18	12	8
R10	44	42	39	37	34	30	27	24	18	13	8
R11	44	42	39	37	34	31	27	25	18	13	8
R12	45	42	40	38	34	31	28	25	19	13	9
R13	45	42	40	38	35	31	28	25	19	14	9
R14	46	44	41	40	37	34	32	30	25	20	17
R15	45	42	40	37	34	31	27	25	19	13	8
R16	47	45	42	40	37	33	30	28	22	16	12
R17	49	46	43	41	38	35	31	29	23	17	13
R18	47	44	42	39	36	33	29	27	21	15	11
R19	45	42	40	38	34	31	28	25	19	13	9
R20	44	41	39	36	33	30	26	24	18	12	7
R21	44	41	39	37	33	30	27	24	18	12	8
R22	44	41	39	37	33	30	27	24	18	12	8

Liite 4. Melumallinnuksen perustiedot

RAPORTIN TIEDOT										
Mallinnusraportin numero/tunniste: 101016612-004										
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT										
Mallinnusohjelma: SoundPlan v. 9.1					Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2					
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)										
Tuulivoimalan valmistaja: Siemen-Gamesa					Nimellisteho: 6,6 MW					
Roottorin halkaisija: Mallinnuksessa vain napakorkeus					Napakorkeus: 200 m					
Lukumäärä: 15 kpl					Siipityyppi: Serraatio					
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön (alentavasti) käytön aikana: Kyllä, noin -1 dB...-8 dB										
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT										
Melupäästötiedot (LWA+K): 106,0					Varmuusarvo K: +2,0 dB					
Melun erityispiirteet										
Kapeakaistaisuus: Ei			Impulssimaisuus: Ei			Korkeuserokorjaus: Ei				
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT										
Laskentakorkeus: 4 m			Suhteellinen kosteus: 70%			Lämpötila: 15 °C				
Tuulensuunta: Myötätuuli joka suuntaan										
Maastomallin lähde: MML, 04/2025					Maanpinnan pystyresoluutio: 0,3 m / laserkeilausaineisto					
Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet										
Vesialueet:			Maa-alueet:			Muut alueet (mitkä?)				
0			0,4			Laajat kallioalueet: 0				
PIENTAAJUISEN MELULASKENNAN ÄÄNITASOEROT										
Julkisivurakenteen tuottaman äänitasoeron vähimmäisarvon estimaatti loma-asuinrakennuksille DL90% (ylempi taulukko) ja DL84% asuinrakennuksille (alempi taulukko) 1/3 Oktaaveittain [Hz], 20-200Hz [dB]										
Taajuus [Hz]										
20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
6,0	6,0	7,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,0	22,8
LASKENTATULOKSET										
Laskentavaihtoehdot 2+2 kpl										

Laskentakartat: 1 kpl	Laskentavyöhykkeet [dB]: 5 kpl: 35 dB, 40dB, 45dB, 50dB ja 55dB
Pientaajuisen melun laskentataulukot: 1 kpl	Reseptoripisteet: 22 kpl, R1-R22
Melulle altistuvat asuin- tai loma-asuinkohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)	
Yli 40 dB(A):n vyöhykkeellä: 0 kpl	Yli 45 dB(A):n vyöhykkeellä: 0 kpl
Pientaajuisen melun tulokset: Kaikki tulokset alle asumisterveysasetuksen	