

101008653-001
26.11.2018



TUULIALFA OY

Vaalan tuulivoimapuiston meluselvitys ympäristövaikutusarviointia varten

Asiakas	Tuulialfa Oy
Otsikko	Vaalan tuulivoimapuiston meluselvitys ympäristövaikutusarviointia varten
Työnumero	101008653-001
Tiedoston nimi	Tuulialfa_Vaala_meluselvitys_26-11-2018.docx
Tiedoston sijainti	
Järjestelmä	Microsoft Word 14.0
Ulkoinen jakelu	Antti Tanskanen, Tuulialfa Oy
Sisäinen jakelu	YVA projektikansio
Vastaava yksikkö	Ympäristökonsultointi
Toimipaikka	Vantaa
Revisio	Alkuperäinen, Alustava
Dokumentin pvm	26.11.2018
Laatija/asema/allekirj.	Carlo Di Napoli / Johtava asiantuntija
Tarkistuspvm	7.12.2018
Tarkistanut/asema/allekirj.	Ella Kilpeläinen / Johtava asiantuntija

Copyright © Pöyry Finland Oy

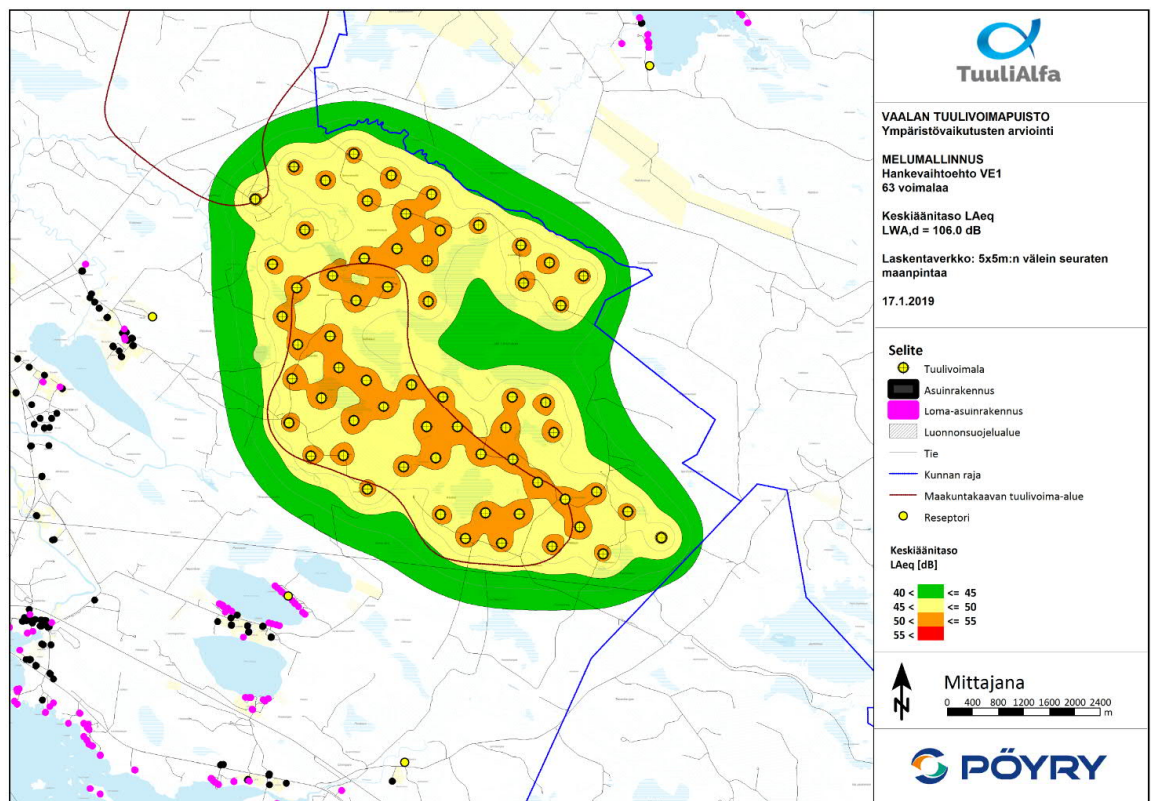
Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

Copyright © Pöyry Finland Oy

YHTEENVETO

Tuulialfa Oy suunnittelee Vaalan Turkkiselän alueelle tuulivoimapuistoa, joka käsittäisi yhteensä 49-63 yksikköteholtaan 3,45-8 MW:n tuulivoimalaitosta. Tässä raportissa tuulivoimamelun leviämisyöhykkeet mallinnettiin tietokoneavusteisesti digitaalikarttaan. Laskennan parametrisointi on tehty ympäristöministeriön tuulivoimamelun mallinnusohjeitten mukaisesti [3].

ISO 9613-2 melumallinnuksella toteutetun ylärajalaskennan mukaan VE1-VE2 hankevaihtoehtoilla lasketut ulkomelutasot eivät ylitä VNa 107/2015 säädettyjä tuulivoimamelun keskiäänitason LAeq ohjearvoja lähimpien asuin- tai lomarakennuksen piha-alueilla hankealueen ympärillä.



Pientaajuisen melun erillislaskennan perusteella sisätilan toimenpiderajat alittuvat. Suurin ilmääänieristävyyden vaatimus olisi noin 9 dB taajuusalueella 100 Hz, joka voidaan saavuttaa suhteellisen kevyellä rakennuksen vaipan rakenteella. Pientaajuisen melun laskennassa on nyt hyödynnetty uusia suomalaisten pientalojen mukaisia ilmääänieristävyyden tilastollisia arvoja vuoden 2017 mittaushankkeen tuloksista. Tuulivoimalaitosten melu voi muuttaa alueen äänimaisemaa, mutta muutokset vaihtelevat ajallisesti ja paikallisesti tuulisuuden ja sään mukaan.

Meluvaikutusten merkittävyys arvioitiin tässä työssä vähäisesti kielteiseksi, siten että hankkeen aiheuttama kielteinen muutos on havaittavissa, mutta ei juuri aiheuta muutosta ihmisten päivittäisiin toimiin tai ympäröivään luontoon.

SISÄLTÖ**YHTEENVETO**

1	JOHDANTO	5
1.1	Ympäristömelu	5
1.2	Tuulivoimamelu	5
2	LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT	7
2.1	Digitaalikartta-aineisto	7
2.2	Mallinnettu tuulivoimalamallit	7
2.3	Tuulivoimaloiden ja reseptoripisteiden sijainnit	7
2.4	Alueen lyhyt tuulisuusanalyysi	8
2.5	Melumallinnus ja laskentaparametrit	9
2.5.1	Pientaajuisten melun laskenta	11
2.6	Vertailuohjeet	12
2.7	Melutason toimenpiderajat sisätiloissa	12
3	LASKENTATULOKSET	13
3.1	Melun leviäminen	13
3.2	Mallinnustulokset, ulkomelu keskiäänitasolla LAeq	13
3.2.1	Vaihtoehto VE1, 63 voimalaa	13
3.2.2	Vaihtoehto VE2, 49 voimalaa	14
3.3	Pientaajuinen melu Leq,1h rakennusten sisätiloissa	16
4	MELUVAIKUTUKSET	17
4.1	Melun vaikutukset alueen äänimaisemaan	17
4.2	Haitallisten vaikutusten ehkäiseminen ja lieventäminen	18
4.3	Meluvaikutusten arviointi	18
4.4	Vaikutusten seuranta	19
	VIITTEET	19

Liitteet

Liite 1	Voimaloiden ja reseptoripisteiden koordinaatit
Liite 2	Melumallinnuskartta, VE1, 63 voimalaa
Liite 3	Melumallinnuskartta, VE2, 49 voimalaa
Liite 4	Pientaajuisten melulaskennan tulokset, VE1 ja VE2, reseptoripisteet LP1-LP6
Liite 5	Lähtötieto- ja tulostaulukko

Lyhenteet

L _{Aeq}	A-taajuuspainotettu ekvivalenttinen äänitaso [dB]
L _{WA}	A-taajuuspainotettu äänilähteen äänitehotaso [dB]
L _{WA,d}	A-taajuuspainotettu äänipäästön tunnusarvo [dB]
L _W	Taajuuspainottamaton äänilähteen äänitehotaso [dB]
L _{W,d}	Taajuuspainottamaton äänipäästön tunnusarvo [dB]

1 JOHDANTO

TuulialfaOy suunnittelee Vaalan kunnan alueella sijaitsevalle Turkkiselän alueelle tuulivoimapuistoa, joka käsittäisi enintään yhteensä 63 yksikköholtaan 3,45-8 MW:n tuulivoimalaitosta.

Tässä raportissa käsitellään melun laskennallista leviämistä alueen ympäristöön. Vertailuarvoina käytetään uuden tuulivoimameluasetuksen 1107/2015 ohjearvoja. Mallinnusohjeena käytetään ympäristöministeriön ohjetta YM OH 2/2014 [3]. Selvitys on tehty hankkeen ympäristövaikutusarviointia 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 ominaisuuksista riippuen. Normaali ympäristömelu sisältää useista kohteista peräisin olevaa yhtäaikaista ääntä, jossa äänen taajuudet ja aallonpituudet ovat jatkuvassa muutoksessa.

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

Ympäristömelu koostuu ihmisen toiminnan aiheuttamasta melusta, joka vaihtelee ajan ja paikan mukaan. Äänen (melun) voimakkuutta mitataan käyttäen logaritmista desibeliasteikkoa (dB), jossa äänenpaineelle (eli hyvin pienelle paineenmuutokselle ilmassa) käytetään referenssipainetta 20 μ Pa ilmalle sekä 1 μ Pa muille aineille. Tällöin 1 Pa paineenmuutos ilmassa vastaa noin 94 dB:ä. [2]

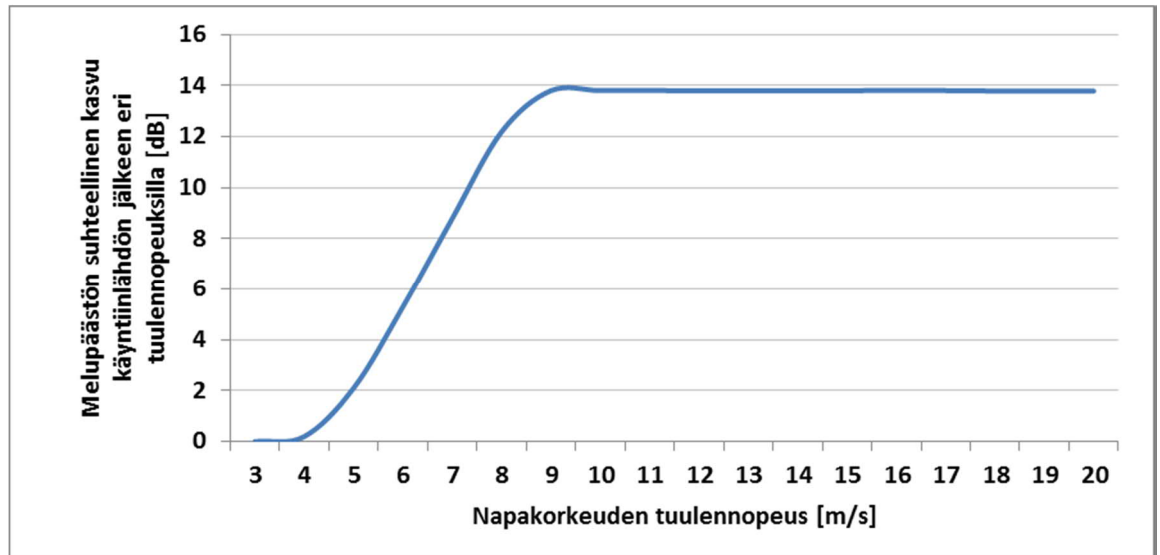
Kuuloaistin herkkyys vaihtelee eri taajuisille äänille, jolloin vaihtelevat myös melun haitallisuus, häiritsevyys sekä kiusallisuus. Nämä tekijät on otettu huomioon äänen taajuuskomponentteja painottamalla. Yleisin käytetty taajuuspainotus on A-painotus, joka perustuu kuuloaistin taajuusvasteen mallintamiseen.

Melun ekvivalenttitaso (symboli L_{eq} ja A-taajuuspainotettuna L_{Aeq}) tarkoittaa samanarvoista jatkuvaa äänitasoa kuin vastaavan äänienergian omaava vaihteleva äänitaso. Koska ääni käsitellään logaritmisena suureena, on hetkellisesti korkeammilla äänitasoilla suhteellisen suuri vaikutus ekvivalenttiseen melutasoon. Tasaisessa teollisuusmelussa hetkellisvaihtelut ovat usein varsin lähellä myös ekvivalenttista arvoa, mikäli toiminnasta ei aiheudu impulssimaisia melutapahtumia.

1.2 Tuulivoimamelu

Tuulivoimalaitosten käyntiääni koostuu pääosin laajakaistaisesta lapojen aerodynaamisesta melusta sekä hieman kapeakaistaisemmasta sähköntuotantokoneiston yksittäisten osien aiheuttamasta melusta (muun muassa vaihteisto, generaattori sekä jäähdytysjärjestelmät). Aerodynaaminen melu on hallitsevin (noin 60–70 prosenttia kokonaisäänienergiasta) lapojen suuren vaikutuspinta-alan vuoksi. Tuulivoimamelu on A-taajuusjakaumaltaan painottunut tyypillisesti 200–1000 Hz:n väliin. Pientaajuisen melun osuutta aerodynaamisessa melussa lisäävät tulovirtauksen turbulenssi-ilmiöt, siipivirtauksen irtoamistilanteet (sakkaus) sekä ilmakehän äänen leviämisiilmiöt.

Modernit kolmilapaiset tuulivoimalaitokset ovat nykyisin ylävirtalaitoksia, joissa siivistö sijaitsee tuulen etupuolella suhteessa voimalan torniin. Pyörivän siivistön äänitaso on ylä- ja alatuulen puolilla suurempi kuin sivusta käsin katsottuna samalla etäisyydellä [4]. Lisäksi voimalan lähtöäänipäästö on suoraan tuulennopeudesta riippuvainen siten, että alhaisilla tuulilla ja lähellä käyntiinlähtönopeutta lähtöäänitaso on usein noin 10–15 dB alhaisempi kuin voimalan nimellisteholla (ks. kuva 1).



Kuva 1. Esimerkkikuva äänipäästön kasvusta napakorkeuden tuulennopeuden mukaan. Äänitason nousu tasoittuu n. 10 m/s tuulisuuden jälkeen.

Äänipäästön L_{WA} huipputaso saavutetaan tyypillisesti voimalan nimellistehotasolla, joka tarkoittaa yli 10 m/s tuulennopeutta napakorkeudella voimalamallista riippuen. Tuulennopeuden edelleen kasvaessa tuulivoimalan siipikulmasäätö tasoittaa äänitehotason nousun (ks. kuva 1).

Taustamelu (liikennemelu, teollisuusmelu) sekä tuulen aiheuttama 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 voi nousta kuitenkin tuulennopeuden mukaan kokemusperäisesti jopa yli 60 dB:n tasolle.

Ilmakehän pystysuuntaisen stabiilisuuden ja ilmavirran turbulenssin vaihtelut eri vuorokauden aikoina voivat vaikuttaa tuulisuuden tasoon eri korkeuksilla.[5] Ilmakehän neutraalin stabiilisuuden vallitessa 8 m/s tuulennopeus 10 metrin korkeudella vastaa noin 12 m/s -13 m/s modernin voimalan napakorkeudella.[6]

Moderneissa tuulivoimalaitoksissa melun lähtöäänitasoa 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 sahalaudoituksen, joka vähentää melupäästöä nimellisteholla tällä hetkellä noin 2-3 dB ja tulevaisuudessa vieläkin enemmän [15].

2 LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Laskennan lähtötiedot on koottu tilaajan lähettämästä aineistosta, digitaaliaineistosta, sekä kirjallisuudesta.

2.1 Digitaalikartta-aineisto

Melumallinnus on suoritettu digitaalikartalle, jonka topografian korkeusväli on enintään 0,5 m. Kartassa on kuvattu topografian ja tuulivoimaloiden paikkatiedon lisäksi rakennusten ja teiden paikkatiedot, laajat kallioalueet sekä vesirajat.

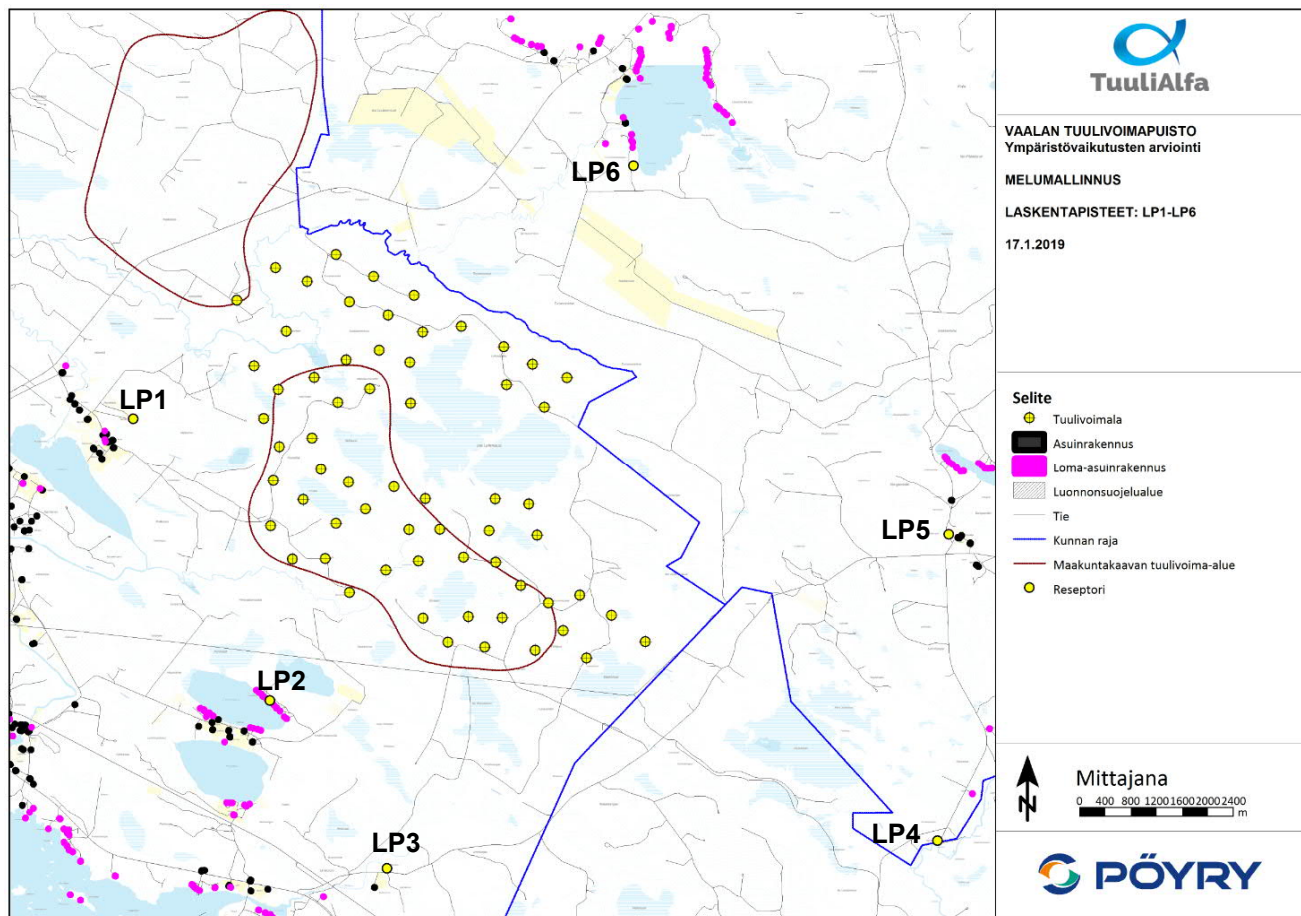
2.2 Mallinnettu tuulivoimalamallit

Mallinnus suoritettiin yhdelle voimalamallille, jonka äänipäästön tunnusarvoksi (declared value) on valittu 106 dB, napakorkeudeksi 190 m ja kokonaiskorkeudeksi 280 m. Äänipäästön taajuusjakauma vastaa voimalan Nordex N149 4,5MW:n voimalan taajuusjakaumaa, jonka tieto on syötetty laskentamallin äänipäästön lähtötiedoiksi 1/3 oktaaveittain taajuusvälillä 20 Hz – 10 000 Hz. Taajuusjakauma oktaavikaistatasolla on esitetty liitteessä 5.

Melumallinnuksessa voimaloiden kokonaislukumäärä on hankevaihtoehdossa VE1 63 kpl ja hankevaihtoehdossa VE2 49 kpl.

2.3 Tuulivoimaloiden ja reseptoripisteiden sijainnit

Alla olevassa kuvassa on esitetty mallinnettujen tuulivoimaloiden sekä lähimpien reseptoripisteiden LP1-LP6 eli asuin- tai lomarakennusten sijainnit, joiden kohdalla laskettiin erikseen reseptoripistetulokset. Liitteessä 1 on esitetty kuvan 2 reseptorisijainteja vastaavat koordinaatit ETRS-TM35FIN tasokoordinaatistossa. Loma-asuinrakennus hankealueen sisällä ei kuulu tämän selvityksen piiriin.

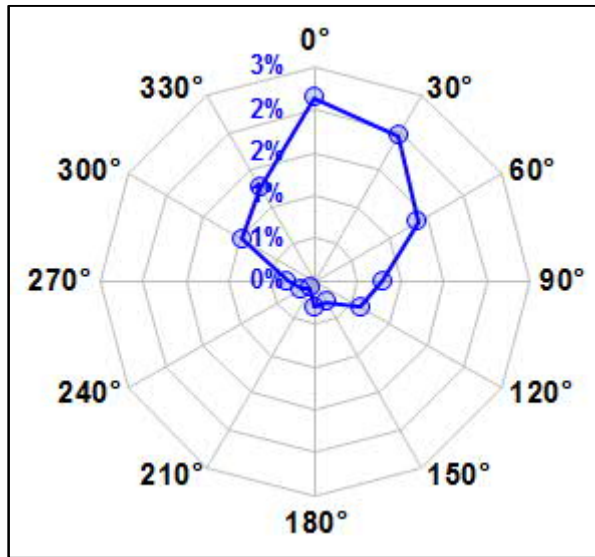


Kuva 2. Tuulivoimaloiden (VE1) ja lähimpien reseptoripisteiden LP1-LP6 sijainnit

2.4

Alueen lyhyt tuulisuusanalyysi

Alueen tuulisuutta on tarkastelu käyttäen apuna Suomen Tuuliatlaksen laskennallisia tuulisuustietoja 200m:n korkeudella alueen keskikorkeudesta mallinnetun melupäästön mukaisille tuulisuuksille eli yli 11 m/s käänteisenä tuuliruusuna.



Kuva 3. Weibull jakauman kautta lasketut myötätuulen tilanteen (% ajasta) yli 11 m/s tuulisuuksille

Kuvassa 3 on laskettu tuulisuusarvoja myötätuulen puolelle vuotuisesti (vaaleansininen käyrä). Tulosten perusteella vallitseva tuulensuunta yli 11 m/s tuulisuuksilla on selkeästi lounaasta ja etelästä. Siten myötätuulen puolen tilanteet ovat tuulivoimalan melun suuntaavuuden huomioimisen jälkeen pääsääntöisesti välillä 0°-60° eli alueen pohjoiskoillispuolelle, jonne suurin melukuormituskin kohdistuu. Vastakkaiselle puolelle (alueen etelä ja länsipuolelle) voidaan olettaa, että vastatuuleen syntyvä äänen leviämisen varjoalue vähentää melukuormitusta yli 1 km:n etäisyyksillä [14]. Kaikkiaan jäädään alle 5 %:n esiintyvyyksiin kunkin 30 asteen osasuunnan osalta tuulisimmankin kuun eli tammikuun osalta.

2.5 Melumallinnus ja laskentaparametrit

Melun leviäminen maastoon havainnollistettiin käyttäen tietokoneavusteista melulaskentaohjelmistoa SoundPlan v8.0, missä äänilähteestä lähtevä ääniaalto lasketaan digitaaliseen karttapohjaan äänenpaineeksi vastaanottopisteessä ray-tracing -menetelmällä. Mallinnusalgoritmina käytettiin ISO 9613-2, jonka parametrusointi on ohjeistettu Ympäristöministeriön melumallinnusohjeessa kappaleessa 4.1 [3].

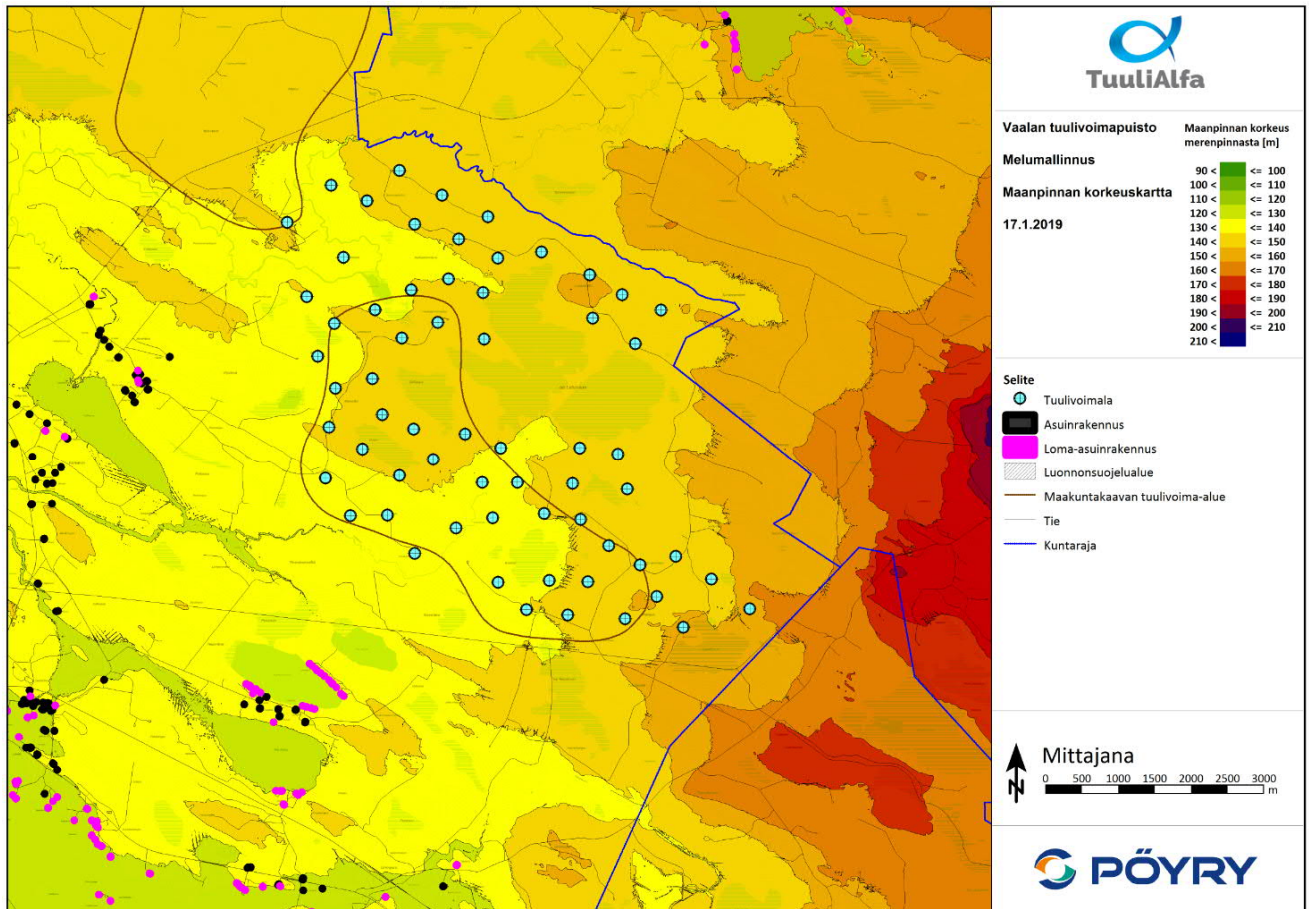
Mallissa otetaan huomioon kunkin tuulivoimalan nimellistehon äänipäästö, äänen geometrinen leviämisvaimentuminen, maaston korkeuserot sekä maanpinnan ja ilmakehän melun vaimennusvaikutukset. Rakennusten varjostavaa vaikutusta ei laskennassa huomioida (nk. vapaakenttälaskenta). Melumallinnus piirtää keskiäänitasokäyrät 5 dB:n välein vakioiduilla laskentaparametreilla, jotka on esitetty taulukossa 1 ja jotka poikkeavat esim. tieliikennemelun vastaavista.

Kaikkiaan tuulivoimamelun laskennan parametrit ovat konservatiivisempia kuin teollisuus- tai tieliikennemelussa yleisesti käytetyt melun leviämislaskennan parametrit: [3], [13]

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 $L_{WA}/L_{WA,d}$ joka vastaa voimalan tuottamaa suurinta äänipäästöä lisättynä äänipäästöarvon epävarmuudella. Tieliikennemelussa se on keskivuorokausiliikenne KVL ilman epävarmuuksia. Teollisuusmelussa voidaan hyödyntää äänipäästöissä mm. laitteiden aikakorjauksia, joita ei tuulivoimamelulaskennassa voi hyödyntää.

Ohjeen mukaan yli 60 m korkeuserot tuulivoimalan ja immissiopisteiden maanpinnan korkeuden välillä 3 km säteellä voimalasta katsotaan sellaiseksi, että sillä olisi vaikutusta laskentaparametreihin (+2 dB lisäys äänipäästöön L_{WA}). Tässä tapauksessa lisäystä ei tehdä, sillä 60 m korkeuserovaatimus ei täyty yhdenkään tuulivoimalan ja immissiopisteen välillä (ks. kuva 4).



Kuva 4. Maaston topografian korkeusvaihtelu hankealueella ja sen ympäristössä hankevaihtoehdossa VE1.

Melumallinnuksessa käytetyt laskentaparametrit on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 1. Melumallinnuksen laskentaparametrit

Lähtötieto	Parametrit
Laskentalogiikka	ISO 9613-2 ylärajatarkastelu, YM OH 2/2014 kpl 4.1 [3]
Mallinnusalgoritmit	Peruslaskennat: Teollisuusmelun laskentamalli ISO 9613-2 [3] Pientaajuisten melun etenemisvaimennus: YM OH 2/2014 kpl 4.1.9 [1] sekä suomalaisten pientalojen ilmaäänieristys [8]
Topografiakartta	Maanmittauslaitos, laserkeilausaineisto (© MML, 2018), topografian pystyresoluutiona on 0.5m. Laskentaohjelmassa muodostetaan maanpinta erillisen kolmioverkko-laskennan 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 4.2.4)
Tuulennopeus	12,3 m/s 175m:n korkeudella (napakorkeus), myötätuuli joka suuntaan
Äänilähde	Pistelähde (YM OH 2/2014 kpl 4.1.4)
Äänipäästön tunnusarvo	ks. kpl 2.2
Mallinnuksen äänipäästö	1/3 oktaaveittain 20 Hz – 10 000 Hz (YM OH 2/2014 kpl 4.1.1)
Topografiakorjaus	Ei korjausta, ks. kappale 2.4 kuva 3. (YM OH 2/2014 kpl 4.1.6)
Laskentaverkko	Laskentapiste viisi kertaa viiden metrin (5x5m) välein laskentaverkolla neljän metrin (4m) korkeudella seuraten digitaaliskartan 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)
Laskentavyöhykkeet, L_{Aeq}	40 dB, 45 dB ja 50 dB

2.5.1 Pientaajuisten melun laskenta

Tuulivoimalaitosten pientaajuinen melu lasketaan erillisenä taulukkolaskentana ohjeen mukaisilla laskentaparametreilla. Pientaajuisten melun leviämismallin laskettiin käyttäen voimalan painottamattomia äänipäästön tunnusarvon 1/3 oktaavikaistatietoja L_w taajuusvälillä 20-200Hz. [3]

Pientaajuisten melun leviämislaskennassa on lisäksi hyödynnetty uusinta suomalaista tutkimustietoa pientalojen ilmaäänieristävyyden arvoista, jotka ovat aiempaa DSO 1284 ohjetta alhaisempia [8]. Pientalojen ilmaäänieristävyyden tutkimuksen tulokset on julkaistu julkisivurakenteiden äänitasoeron vähimmäisarvon estimaatin 90 % persentiiliarvona DL_{90} . Suomessa voimassa olevien asetusten perusteella laskentaa ei voi ulottaa infraäänitaajuuksille asti vertailuarvon puuttuessa. Laskennassa ei kuitenkaan arvioida melun ekvivalenttista kokonaistasoa $L_{eq,1h}$ sisätiloissa, sillä äänieristysmittausten uusimmat DL_{90} tulokset on esitetty vain pientaajuisten melun taajuusalueella 5-200Hz [8]. YM:n ohjeen mukainen taajuusalue on 20-200Hz.[3]

Lähtökohtaisesti nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa ekvivalenttitulosten 30 dB yöaikaan tai erityistapauksissa 25 dB yöaikaan oletetaan alittuvan, mikäli

melumallinnuksen sekä pientaajuisten melun tulokset alittavat VNa 1107 [1] sekä STM:n asumisterveysasetuksen [11] toimenpiderajat. Tätä tukevat myös tehdyt tuulivoimamelun sisätilamittaukset Suomessa sekä ilmastuunieristuksen keskimääräinen profiili, joka kasvaa korkeammille taajuuksille mentäessä.

2.6 Vertailuohjeavot

Valtioneuvosto on 27.8.2015 hyväksynyt uudet ohjeavot tuulivoimaloiden melulle ulkona [1]. Asetus tuli voimaan 1.9.2015. Oheisessa taulukossa on esitetty uuden asetuksen mukaiset keskiäänitason ohjeavot LAeq tuulivoimamelulle päivällä ja yöllä.

Taulukko 2. Tuulivoimamelun uudet ohjeavot, LAeq

Tuulivoimamelun ohjeavot	LAeq päivä-ajalle (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 3 §:ssä säädettyihin arvoihin.

Tuulivoimarakentamisen ulkomelutason ohjeavot 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 ohjeavon mukaisena. Vastaavasti kunkin vuorokauden yöajan osalta 9 tunnin (klo 22–7) keskimääräisen ulkomelutason (LAeq) tulee pysyä annetun yöajan ohjeavon mukaisena. [12]

Melumallinnuksessa ei erotella päivä- tai yöajan tilanteita, vaan melun leviämislaskennan tulosvertailu tehdään vain yöajan alempaan 40 dB:n ohjeavoon nähden.

2.7 Melutason toimenpiderajat sisätiloissa

Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysasetus 545/2015 asettaa sisätilojen äänitasoille toimenpiderajat erityisesti yöajan äänitasoille nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa sekä pientaajuisten melulle taajuusvälillä 20–200 Hz. [11]

Taulukko 3. Melutason toimenpiderajat sisätiloissa (STM 545/2015). [11]

Melun A-painotettu ekvivalenttitaso (LAeq) enintään		
Huoneisto ja huonetila	Päivällä klo 07–22	Yöllä klo 22–07
<i>Asuinhuoneistot, palvelutalot, vanhainkodit, lasten päivähoitopaikat ja vastaavat tilat</i>		
asuinhuoneet ja oleskelutilat	35 dB	30 dB

Melun A-painotettu ekvivalenttitaso (LAeq) enintään		
Huoneisto ja huonetila	Päivällä klo 07–22	Yöllä klo 22–07
muut tilat ja keittiö	40 dB	40 dB
<i>Kokoontumis- ja opetushuoneistot</i>		
huonetila, jossa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänenvahvistuslaitteiden käyttöä	35 dB	-
muut kokoontumistilat	40 dB	-
<i>Työhuoneistot (asiakkaiden kannalta)</i>		
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. [11]

Taulukko 4. Pientaajuisen sisämelun tunnin keskiäänitason Leq,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
Leq,1h	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

3 LASKENTATULOKSET

3.1 Melun leviäminen

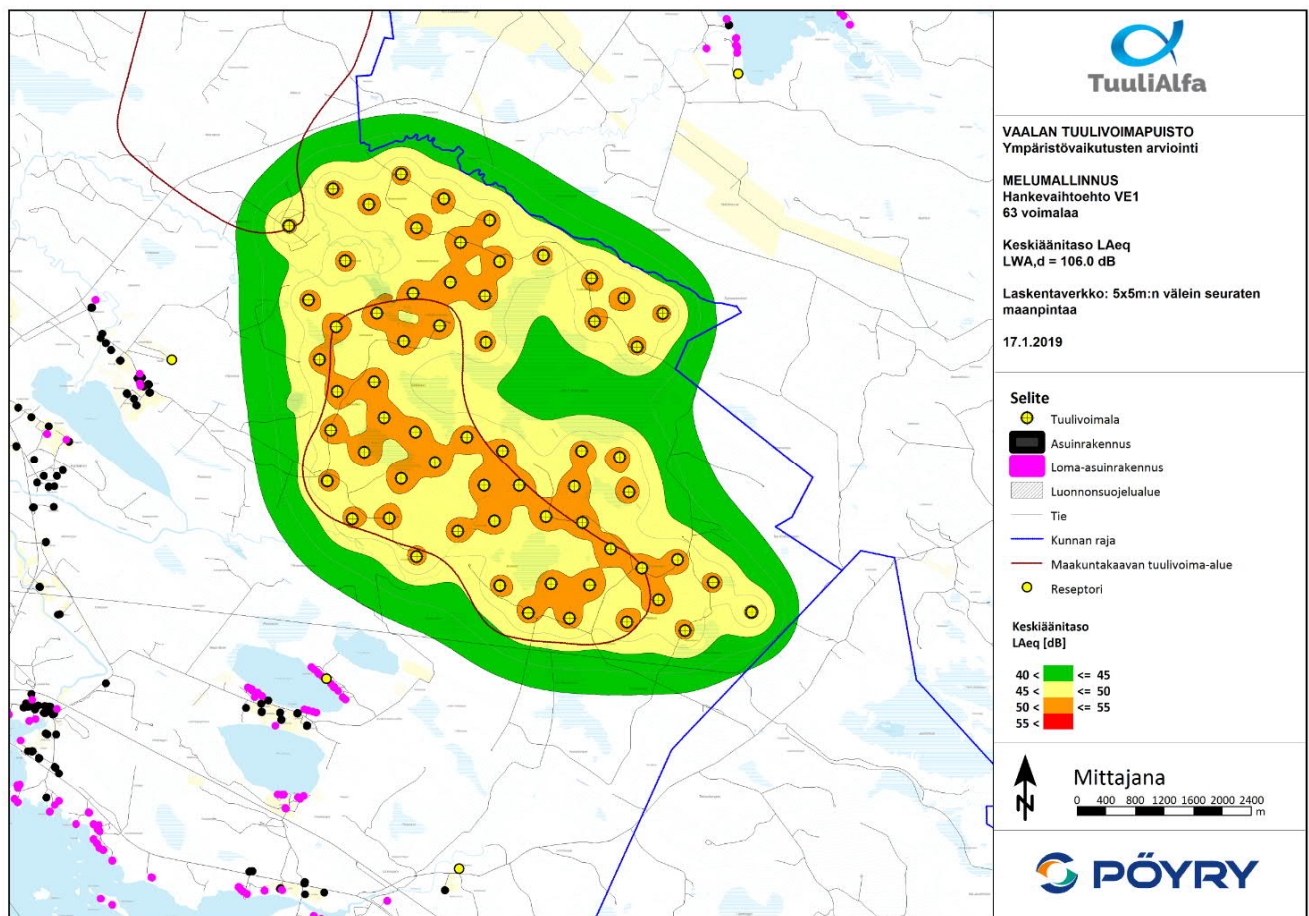
Digitaaliselle topografiakartalle laskettu melun leviäminen on esitetty alla olevissa melukartoissa sekä suurempina kuvina liitteissä 2-3. Pientaajuisen melun laskentatulokset lähimmille altistuville kohteille on esitetty kaaviokuvan avulla kappaleessa 3.3 sekä yksityiskohtaisemmin liitteessä 4.

3.2 Mallinnustulokset, ulkomelu keskiäänitasolla LAeq

Melumallinnuksen LAeq keskiäänitason tulokset on laskettu 40 dB:n vyöhykkeelle asti. Alla sekä liitteissä 2-3 on esitetty melun leviämiskartat.

3.2.1 Vaihtoehto VE1, 63 voimalaa

Alla olevassa kuvassa on esitetty melun leviämiskartta LAeq meluvyöhykkeineen hankevaihtoehdolle VE1 (63 voimalaa), jotka on esitetty 5 dB:n välein. Vihreän alueen raja vastaa LAeq 40 dB:n tasoa ja keltaisen 45 dB:n tasoa.

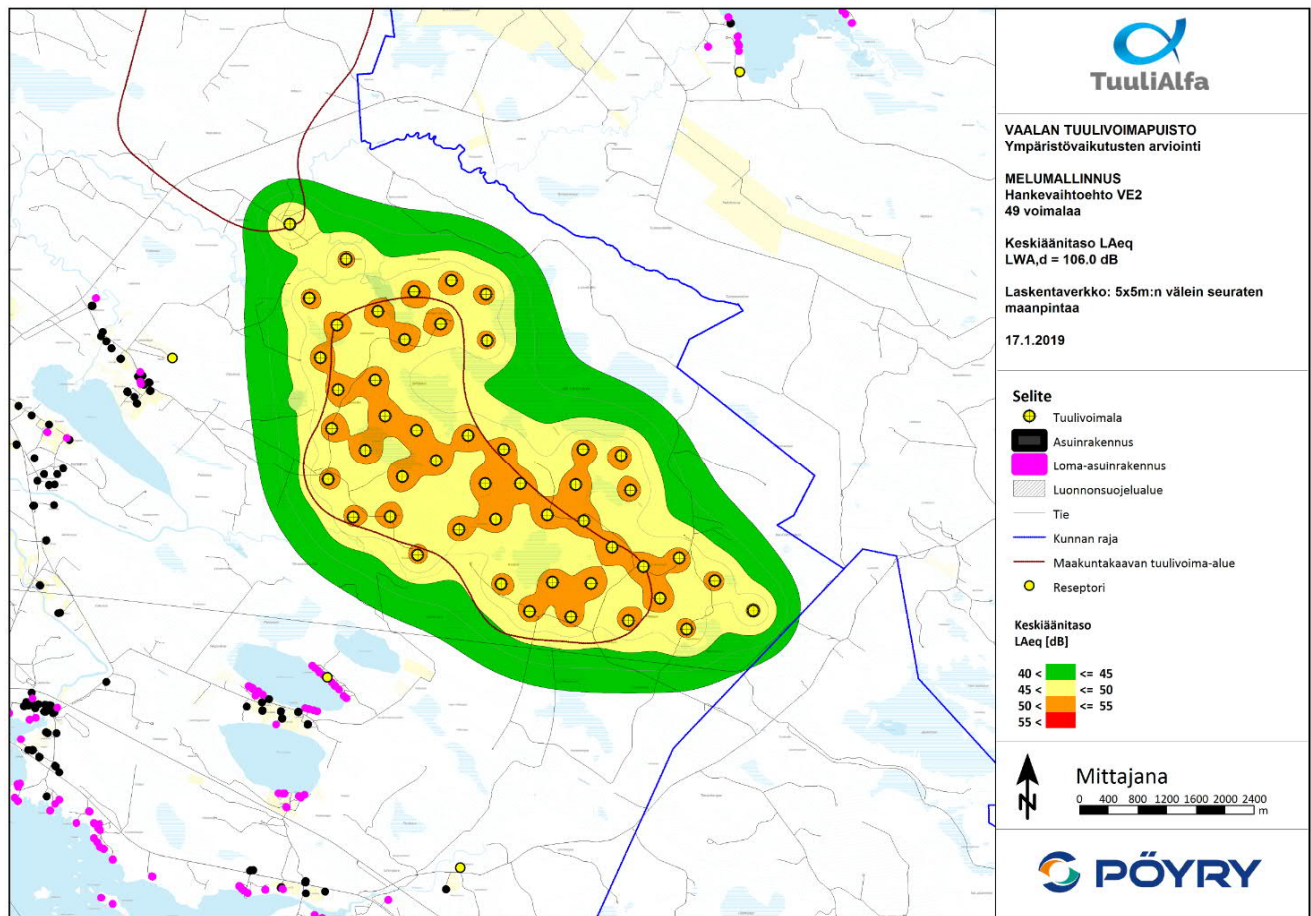


Kuva 5. Melumallinnuskartta hankevaihtoehdossa VE1

Hankevaihtoehtoon VE1 melulaskennan perusteella (ulkomelu) 40 dB:n melukäyrät jäävät selvästi etäämmälle lähimmistä asuin- ja loma-asuinrakennuksista. Reseptoripistelaskennan perusteella (ks. taulukko 5), suurin keskiäänitason LAeq tulos laskennan mukaan reseptoripisteessä LP1 on 35 dB, joka on 5 dB alle yöajan alimman ohjearvorajan 40 dB ulkona.

3.2.2 Vaihtoehto VE2, 49 voimalaa

Alla olevassa kuvassa on esitetty melun leviämiskartta LAeq meluvyöhykkeineen hankevaihtoehtolle VE2 (49 voimalaa), jotka on esitetty 5 dB:n välein. Vihreän alueen raja vastaa LAeq 40 dB:n tasoa ja keltaisen 45 dB:n tasoa.



Kuva 6. Melumallinnuskartta hankevaihtoehdossa VE2

Hankevaihtoehtoon VE2 melulaskennan perusteella (ulkomelu) 40 dB:n melukäyrät jäävät selvästi etäämmälle lähimmistä asuin- ja loma-asuinrakennuksista. Reseptoripistelaskennan perusteella (ks. taulukko 5), suurin keskiäänitason LAeq tulos laskennan mukaan reseptoripisteessä LP1 on 34 dB, joka on noin 6 dB alle yöajan alimman ohjearvorajan 40 dB ulkona.

Alla olevassa taulukossa on esitetty vielä yksittäisten reseptoripisteiden laskentatulokset ulkona.

Taulukko 5. Melumallinnuksen tulokset lähimpien altistuvien kohteiden edessä ulkona reseptoripisteissä LP1-LP6

Reseptoripiste	VE 1, LAeq tulos [dB]	VE 2, LAeq tulos [dB]
LP 1	35,0 dB	34,4 dB
LP 2	34,3 dB	34,1 dB
LP 3	28,8 dB	28,5 dB
LP 4	19,5 dB	19,3 dB
LP 5	22,7 dB	21,9 dB
LP 6	27,7 dB	23,6 dB

Laskennan perusteella tuulivoimaloiden aiheuttama ympäristömelu on korkeimmillaan laskentapistessä LP1, missä laskentatulos on 35 dB. Mallinnus osoittaa, että tuulivoimamelun leviäminen voimaloilta alittaa Tuulivoimameluasetuksen 1107/2015 ohjearvot yöaikaan valitulla äänipäästötasolla.

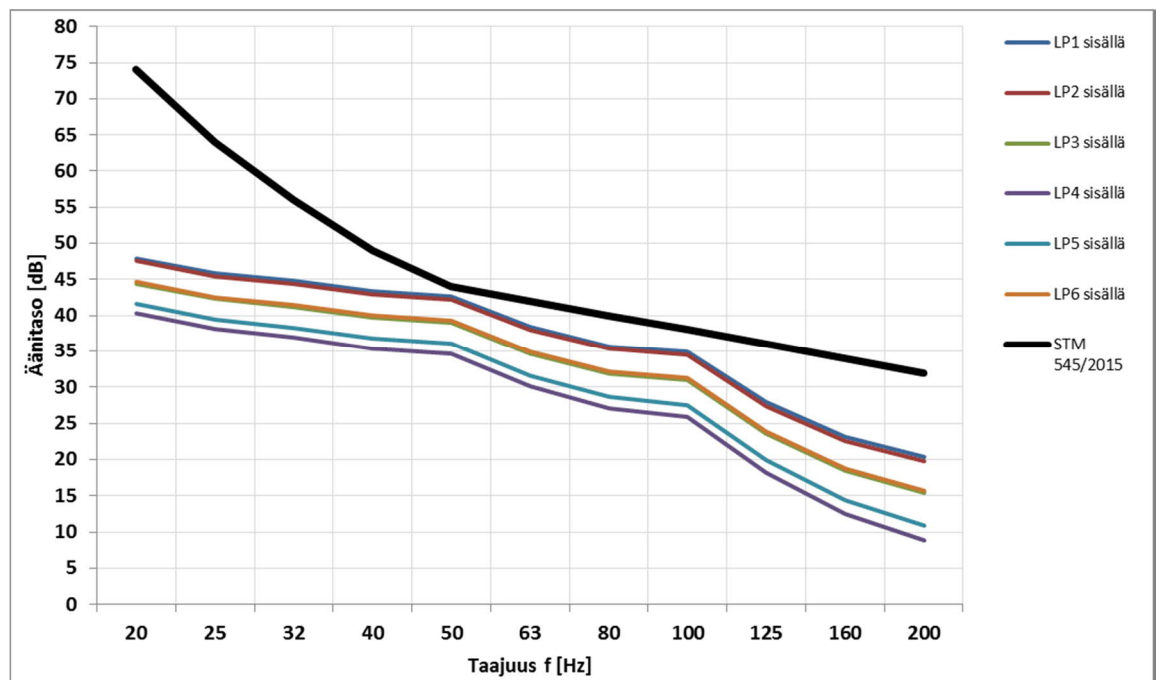
3.3 Pientaajuinen melu Leq,1h rakennusten sisätiloissa

Tuulivoimalaitosten pientaajuinen melu laskettiin käyttäen painottamattomia äänitehotason 1/3 oktaavikaistatietoja taajuuksivälillä 20-200Hz. Laskenta suoritettiin YM ohjeen laskentaohjeen (kpl 4.1.9) mukaisesti käyttäen uuden suomalaistutkimuksen antamia pientalojen julkisivurakenteiden äänitasoeron estimaattiarvoja DL_{90} , jotka ovat aiempaa DSO 1284 ohjetta alhaisempia [8]. Vertailu DSO 1284 [7] mukaisiin ilmaäänieristysten arvoihin on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 6. Laskennassa käytetty pientalojen DL_{90} :n mukainen ilmaäänieristävyys [dB]. Vertailun vuoksi on jälkimmäisissä sarakkeissa annettu DSO 1284:n ääniasetuksen mukaiset arvot (Tanska) [7] [dB].

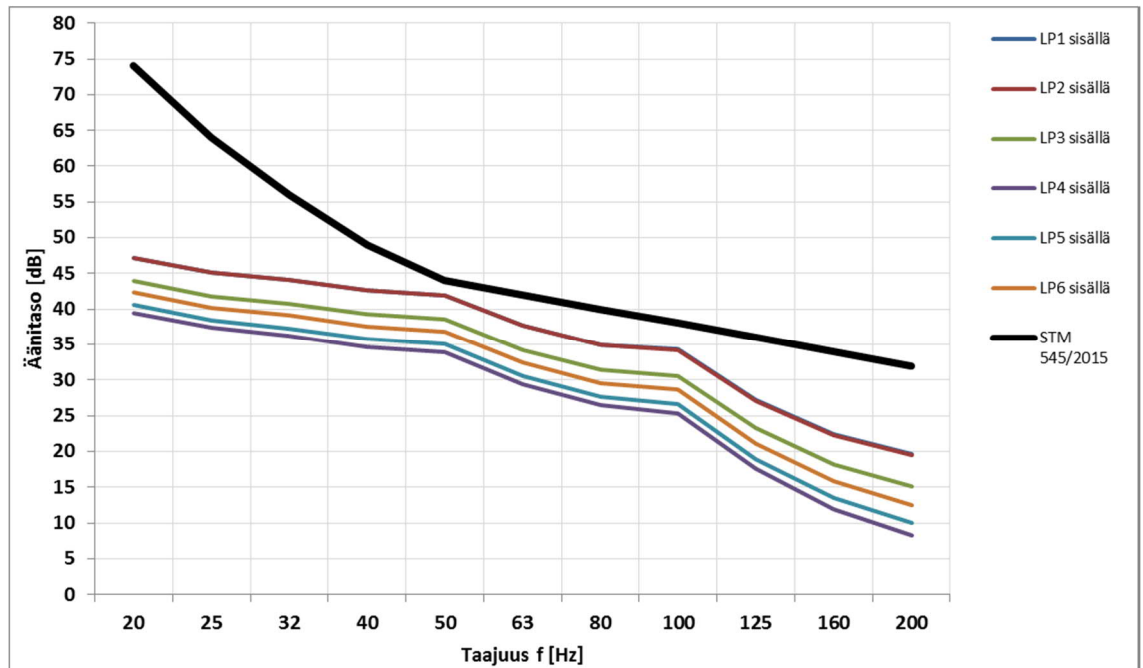
Kaista/Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
DL_{90} [dB]	6	6	7	7	8	9	10	11	12	13	14
DSO 1284	6,6	8,4	10,8	11,4	13	16,6	19,7	21,2	20,2	21,2	21,5

Pientaajuisen melun laskentatulokset kuvaajassa lähimmissä reseptoripisteissä on esitetty alla.



Kuva 7. Pientaajuisen melun laskentatulokset lähimmissä reseptoripisteissä LP1-LP6, hankevaihtoehto VE1.

Tuloskäyrät asettuvat osin lähes päällekkäin laskentatulosten samankaltaisuuksien vuoksi. Laskennan mukaan sisätilan toimenpiderajat alittuvat huolimatta laskennassa käytetystä varsin konservatiivisesta rakennuksen julkisivun äänitasoeron vähimmäisarvosta DL_{90} . Suurin rakennuksen ilmaäänieristävyyden vaatimus pisteessä LP1 olisi noin 8 dB taajuusalueella 100 Hz, joka voidaan saavuttaa suhteellisen kevyellä rakennuksen vaipan rakenteella (ks. liite 4).



Kuva 8. Pientaajuisten melun laskentatulokset lähimmissä reseptoripisteissä LP1-LP6, hankevaihtoehto VE2.

Tuloskäyrät asettuvat osin lähes päällekkäin laskentatulosten samankaltaisuuksien vuoksi. Laskennan mukaan sisätilan toimenpiderajat alittuvat huolimatta laskennassa käytetystä varsin konservatiivisesta rakennuksen julkisivun äänitasoeron vähimmäisarvosta DL_{90} . Suurin rakennuksen ilmaäänieristävyyden vaatimus laskentavaihtoehtoon VE2 pisteessä LP1 olisi noin 7 dB taajuusalueella 100 Hz, joka voidaan saavuttaa suhteellisen kevyellä rakennuksen vaipan rakenteella (ks. liite 4).

4 MELUVAIKUTUKSET

4.1 Melun vaikutukset alueen äänimaisemaan

Tuulivoimalaitosten melu voi muuttaa alueen äänimaisemaa, mutta muutokset ovat ajallisesti ja paikallisesti vaihtelevia. Ajallisesti suurin muutos voidaan havaita melulle altistuvien kohteiden luona tilastollisen myötätuulen puolella eli hankealueen pohjois- ja itäosissa.

Äänen etenemisvaimennukseen vaikuttavat ilmakehän paikallisten ominaisuuksien osalta eniten ilman absorptio, äänen kaareutuminen ja tuuliturbulenssien aiheuttama sironta. Äänen kaareutumiseen vaikuttaa vallitsevat pystysuuntaiset lämpötila- ja tuuligradientit. Melumallinnus kuvaa tilanteen, jossa kaikki tuulivoimalat emittoivat tuulivoimalan äänipäästön maksimiääntä yhtäaikaaisesti. Lisäksi mallinnusalgoritmi laskee aina keskiäänitason arvot siten, että tuuli kulkee tuulivoimaloista vastaanottopisteisiin (myötätuuliolosuhde) ja ilman lämpötilaprofiili on epäedullinen äänen vaimenemisen kannalta.

Melun erottuminen riippuu hyvin pitkälti säätilasta sekä muun taustamelun tasosta. Melun erottumista lisääviä säätekijöitä ovat stabiili ilta- ja yöajan alailmakehä, kostea säätila ja voimakas alailmakehän inversio ja vastaavasti vähentäviä tekijöitä mm. puusto- ja liikennemelukohina.[5] Melu havaitaan paremmin myötätuuliolosuhteissa ja

heikommin (tai ei lainkaan) vastatuuliolosuhteissa. Mitä kauempana laitoksista ollaan, sitä enemmän ilmakehän absorptio vaimentaa korkeita taajuuksia jättäen jäljelle vain matalimpia tuulivoimamelun taajuuksia, joiden voimakkuus on kuitenkin heikko, sillä myös pientaajuinen melu vaimenee nk. äänen geometriavaimentumisen vuoksi. Nykyaikaisilla tuulivoimaloilla on pitkät lavat, jolloin ne pyörivät hitaasti ja äänen mahdollinen sykintä voi erottua vain kovimmilla tuulennopeuksilla.

Laskennan ylärajamallinnusta korostavista seikoista huolimatta mallinnetulla hankevaihtoehdolla melun ohjearvot eivät ylity.

4.2 Haitallisten vaikutusten ehkäiseminen ja lieventäminen

Meluvaikutuksien laajuuteen voidaan vaikuttaa tuulivoimalamallin sekä siipityypin valinnalla. Uusimmat ja tulevaisuuden tuulivoimaloiden siipimallit sisältävät mm. jättöreunan sahalaidoituksen, jolla voidaan vähentää nimellistehon taattua melupäästöä n. 3-5 dB voimalan tuottamaa sähkötehoa vähentämättä. Tämän selvityksen kaikissa voimaloissa on lähtökohtaisesti siiven jättöreunan sahalaidoitus.

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. Säätöparametreiksi voidaan tyypillisesti valita tuulennopeus, -suunta ja kellonaika. Meluoptimoitu ajo rajoittaa tehontuoton lisäksi myös voimalan äänipäästöä. Muuta merkittävää meluntorjuntaa ei voida suorittaa, ellei voimalaa pysäytetä kokonaan. Melumallinnuksen perusteella tarvetta meluoptimointiajomoodin käytölle tässä hankkeessa ei kuitenkaan ole.

4.3 Meluvaikutusten arviointi

Vaihtoehtoja on vertailtu sekä erittelevää että yhdistelevää menetelmää hyödyntäen. Vaihtoehtojen vaikutuksia on verrattu kvalitatiivisen vertailutaulukon avulla. Alla olevaan taulukkoon on kirjattu havainnollisella ja yhdenmukaisella tavalla vaihtoehtojen keskeiset, niin myönteiset, kielteiset kuin neutraalitkin ympäristövaikutukset. Samassa yhteydessä on arvioitu vaihtoehtojen ympäristöllinen toteutettavuus ympäristövaikutusten arvioinnin tulosten perusteella. Vaikutusten merkittävyyden arvioinnissa on käytetty ympäristövaikutusarvioinnin yhtenäisiä kriteerejä.

Taulukko 7. Meluvaikutusten arviointitaulukko

	Vaihtoehto 1 (VE1)	Vaihtoehto 2 (VE2)
Vaikutusten merkittävyys	Suuri +++	Suuri +++
	Kohtalainen ++	Kohtalainen ++
	Vähäinen +	Vähäinen +
	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta
	Vähäinen -	Vähäinen -
	Kohtalainen --	Kohtalainen --
	Suuri ---	Suuri ---

Meluvaikutusten merkittävyys arvioitiin tässä työssä vähäisesti kielteiseksi, siten että hankkeen aiheuttama kielteinen muutos on havaittavissa, mutta ei juuri aiheuta muutosta ihmisten päivittäisiin toimiin tai ympäröivään luontoon. Vaihtoehdossa VE2 ovat meluvaikutukset vain hieman hankevaihtoehtoa VE1 vähäisempiä, mutta ero ei ole

helposti havaittavissa tulosten samankaltaisuuksien vuoksi niissä altistuvissa kohteissa, jotka ovat lähimpänä hankealuetta.

4.4 Vaikutusten seuranta

Rakentamisen jälkeen meluvaikutuksia voidaan seurata mittauksin, joista ohjeistetaan myös ympäristöministeriön oppaassa YM OH 3-4/2014.[9],[10] Mittauksin voidaan varsin luotettavasti todeta melun tasot ja luonne sekä tehdä vertailuja mallinnettuihin tasoihin ja suunnittelun ohjearvoihin.

VIITTEET

- [1] Valtioneuvoston asetus 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista
- [2] ISO 226:2003. Acoustics -- Normal equal-loudness-level contours. International Organization for Standardization, Geneva, 2003.
- [3] Ympäristöhallinnon ohjeita OH 2/2014. Ympäristöministeriö, Helsinki 2014.
- [4] Oerlemans, S. Schepers, J.G. "Prediction of wind turbine noise directivity and swish", *Proc. 3rd Int. conference on wind turbine noise*, Aalborg, Denmark, (2009)
- [5] Bolin, K. The Influence of Background Sounds on Loudness and Annoyance of Wind Turbine Noise. *Acta Acustica united with Acustica*, Vol 98 (2012) pages 741-748.
- [6] 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.
- [7] Statutory order of noise from wind turbines. Danish ministry of environment. Denmark, 2012.
- [8] Keränen, Hakala, Hongisto. Pientalojen äänieristävyys ympäristömelua vastaan taajuuksilla 5 – 5000 Hz – infraäänitutkimus. Turun ammattikorkeakoulu, sisäympäristön tutkimusryhmä, Turku 2017. Akustiikkapäivät 2017, materiaali
- [9] Ympäristöhallinnon ohjeita OH 3/2014. Ympäristöministeriö, Helsinki 2014.
- [10] Ympäristöhallinnon ohjeita OH 4/2014. Ympäristöministeriö, Helsinki 2014.
- [11] STM asetus 545/2015, Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Helsinki, 2015.
- [12] Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Ympäristöministeriö, Helsinki 2016
- [13] Melutta -hankkeen loppuraportti. Ympäristöministeriön raportteja 20/2007. Ympäristöministeriö, Helsinki, 2007.
- [14] E.Barlas, W.J. Zhu, W.Z.Shen, O. Kaya, P. Moriarty. Consistent modelling of wind turbine noise propagation from source to receiver. *Acoustical Society of America. Journal*, 142, 3297 (2017).
- [15] Arce León, C. Trailing Edge Serrations, Effect of Their Flap Angle on Flow and Acoustics. 777th International Conference on Wind Turbine Noise, Rotterdam, 2nd to 5th May 2017.

Liite 1. Voimaloiden ja reseptoripisteiden LP1-LP6 koordinaatit

Tuulivoimaloiden koordinaatit ETRS-TM35FIN. Z-koordinaatti kuvaa maanpinnan korkeutta. Hankevaihtoehto VE1

Tuulivoimala nro	x	y	z	Napakorkeus
1	514712,99	7160220,95	138,04	190m
2	514321,50	7160593,66	136,31	190m
3	515280,00	7160145,00	143,69	190m
4	516065,00	7160095,00	149,04	190m
5	516500,00	7160400,00	148,87	190m
6	516865,00	7159975,00	151,19	190m
7	515555,00	7160600,00	143,45	190m
8	515026,83	7160619,57	139,22	190m
9	516271,52	7160832,85	148,49	190m
10	516761,75	7160950,16	146,86	190m
11	517250,38	7160639,43	146,03	190m
12	515843,11	7161100,33	143,58	190m
13	515455,00	7161460,00	140,91	190m
14	514954,00	7161538,08	140,88	190m
15	514250,61	7161481,72	139,04	190m
16	514586,63	7161972,53	139,65	190m
17	515347,73	7161954,43	140,79	190m
18	517776,69	7160229,50	153,87	190m
19	516095,00	7161880,00	141,14	190m
20	515967,62	7162364,71	143,61	190m
21	515444,80	7162447,25	140,94	190m
22	516208,93	7163881,10	147,68	190m
23	515620,00	7164230,00	145,13	190m
24	515580,00	7164820,00	149,89	190m
25	516025,00	7164550,00	148,25	190m
26	516560,00	7164340,00	148,35	190m
27	514920,00	7165135,00	143,78	190m
28	514320,00	7165050,00	142,01	190m
29	513780,00	7165310,00	143,84	190m
30	513180,00	7165515,00	144,15	190m
31	512524,70	7165835,25	140,81	190m
32	512030,32	7166046,46	139,31	190m
33	512970,00	7166250,00	145,16	190m

Tuulivoimala nro	x	y	z	Napakorkeus
34	513555,00	7165910,00	143,17	190m
35	514183,31	7165616,56	145,52	190m
36	511955,00	7162030,00	133,93	190m
37	512295,00	7161510,00	133,71	190m
38	512802,43	7161517,14	136,18	190m
39	513179,71	7160993,63	131,43	190m
40	513745,97	7161340,37	135,34	190m
41	512000,00	7162735,00	140,18	190m
42	512460,00	7162435,00	142,66	190m
43	512970,00	7162065,00	141,57	190m
44	513431,65	7162289,96	140,79	190m
45	513870,19	7162639,21	142,97	190m
46	514360,20	7162448,70	139,87	190m
47	514105,98	7161969,30	138,94	190m
48	512090,69	7163268,52	139,59	190m
49	511846,71	7163707,89	136,4	190m
50	512735,00	7162910,00	145,81	190m
51	513165,00	7162710,00	144,24	190m
52	512597,78	7163400,29	144,03	190m
53	512634,83	7164343,39	139,05	190m
54	512074,86	7164155,86	137,98	190m
55	511697,13	7164525,09	138,47	190m
56	513001,74	7163956,39	145,19	190m
57	513495,00	7164170,00	144,08	190m
58	513129,63	7164617,85	139,30	190m
59	514132,18	7163942,77	145,82	190m
60	513643,54	7164765,02	139,92	190m
61	514116,00	7164579,78	140,43	190m
62	511429,87	7165540,64	140,26	190m
63	512200,94	7165062,26	138,33	190m

*Tuulivoimaloiden koordinaatit ETRS-TM35FIN. Z-koordinaatti kuvaa maanpinnan korkeutta.
Hankevaihtoehto VE2*

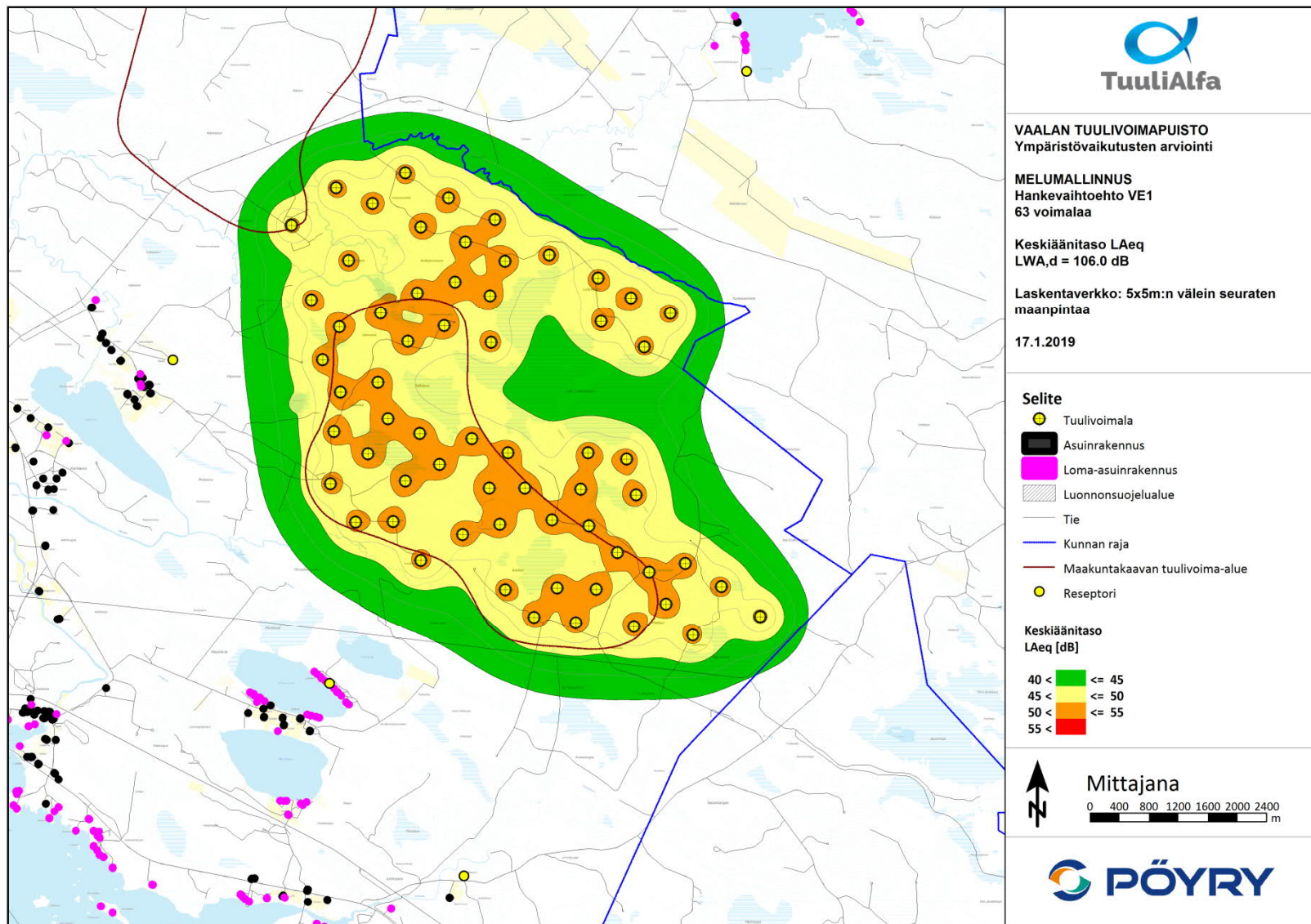
Tuulivoimala nro	x	y	z	Napakorkeus
1	514712,99	7160220,95	138,04	190m
2	514321,50	7160593,66	136,31	190m
3	515280,00	7160145,00	143,69	190m
4	516065,00	7160095,00	149,04	190m
5	516500,00	7160400,00	148,87	190m
6	516865,00	7159975,00	151,19	190m
7	515555,00	7160600,00	143,45	190m
8	515026,83	7160619,57	139,22	190m
9	516271,52	7160832,85	148,49	190m
10	516761,75	7160950,16	146,86	190m
11	517250,38	7160639,43	146,03	190m
12	515843,11	7161100,33	143,58	190m
13	515455,00	7161460,00	140,91	190m
14	514954,00	7161538,08	140,88	190m
15	514250,61	7161481,72	139,04	190m
16	514586,63	7161972,53	139,65	190m
17	515347,73	7161954,43	140,79	190m
18	517776,69	7160229,50	153,87	190m
19	516095,00	7161880,00	141,14	190m
20	515967,62	7162364,71	143,61	190m
21	515444,80	7162447,25	140,94	190m
22	511955,00	7162030,00	133,93	190m
23	512295,00	7161510,00	133,71	190m
24	512802,43	7161517,14	136,18	190m
25	513179,71	7160993,63	131,43	190m
26	513745,97	7161340,37	135,34	190m
27	512000,00	7162735,00	140,18	190m
28	512460,00	7162435,00	142,66	190m
29	512970,00	7162065,00	141,57	190m
30	513431,65	7162289,96	140,79	190m
31	513870,19	7162639,21	142,97	190m
32	514360,20	7162448,70	139,87	190m
33	514105,98	7161969,30	138,94	190m
34	512090,69	7163268,52	139,59	190m

Tuulivoimala nro	x	y	z	Napakorkeus
35	511846,71	7163707,89	136,40	190m
36	512735,00	7162910,00	145,81	190m
37	513165,00	7162710,00	144,24	190m
38	512597,78	7163400,29	144,03	190m
39	512634,83	7164343,39	139,05	190m
40	512074,86	7164155,86	137,98	190m
41	511697,13	7164525,09	138,47	190m
42	513001,74	7163956,39	145,19	190m
43	513495,00	7164170,00	144,08	190m
44	513129,63	7164617,85	139,3	190m
45	514132,18	7163942,77	145,82	190m
46	513643,54	7164765,02	139,92	190m
47	514116,00	7164579,78	140,43	190m
48	511429,87	7165540,64	140,26	190m
49	512200,94	7165062,26	138,33	190m

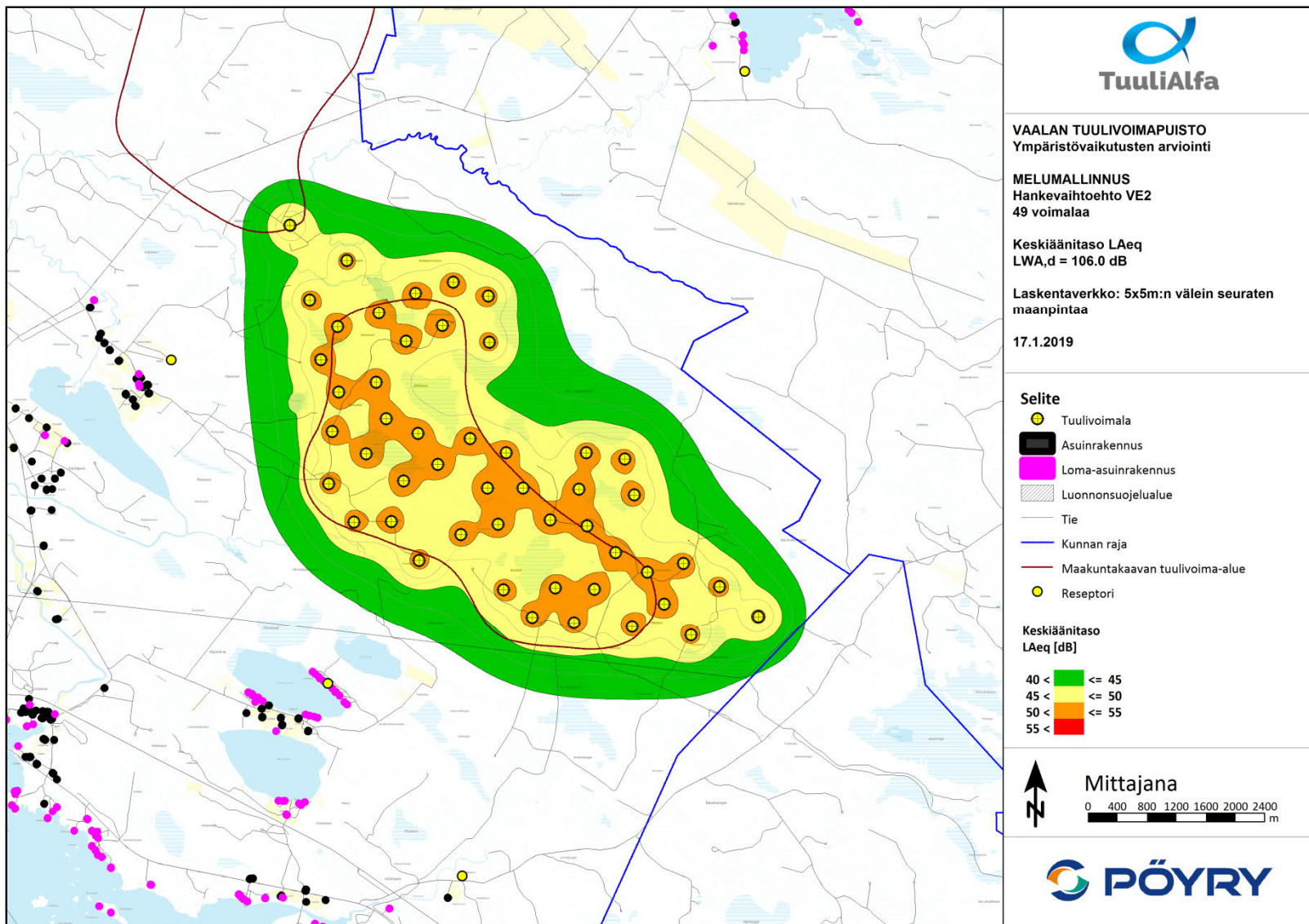
Reseptoripisteiden koordinaatit ETRS-TM35FIN. Z-koordinaatti kuvaa maanpinnan korkeutta.

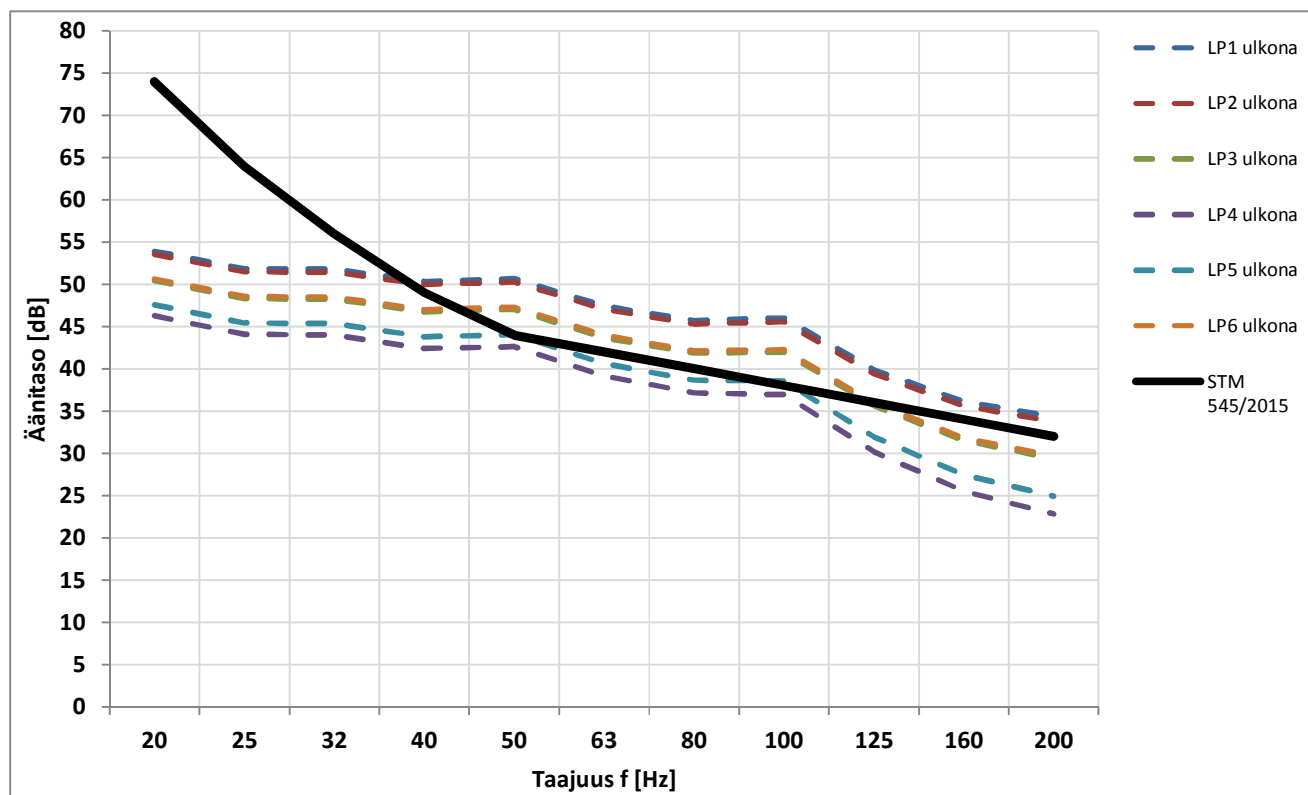
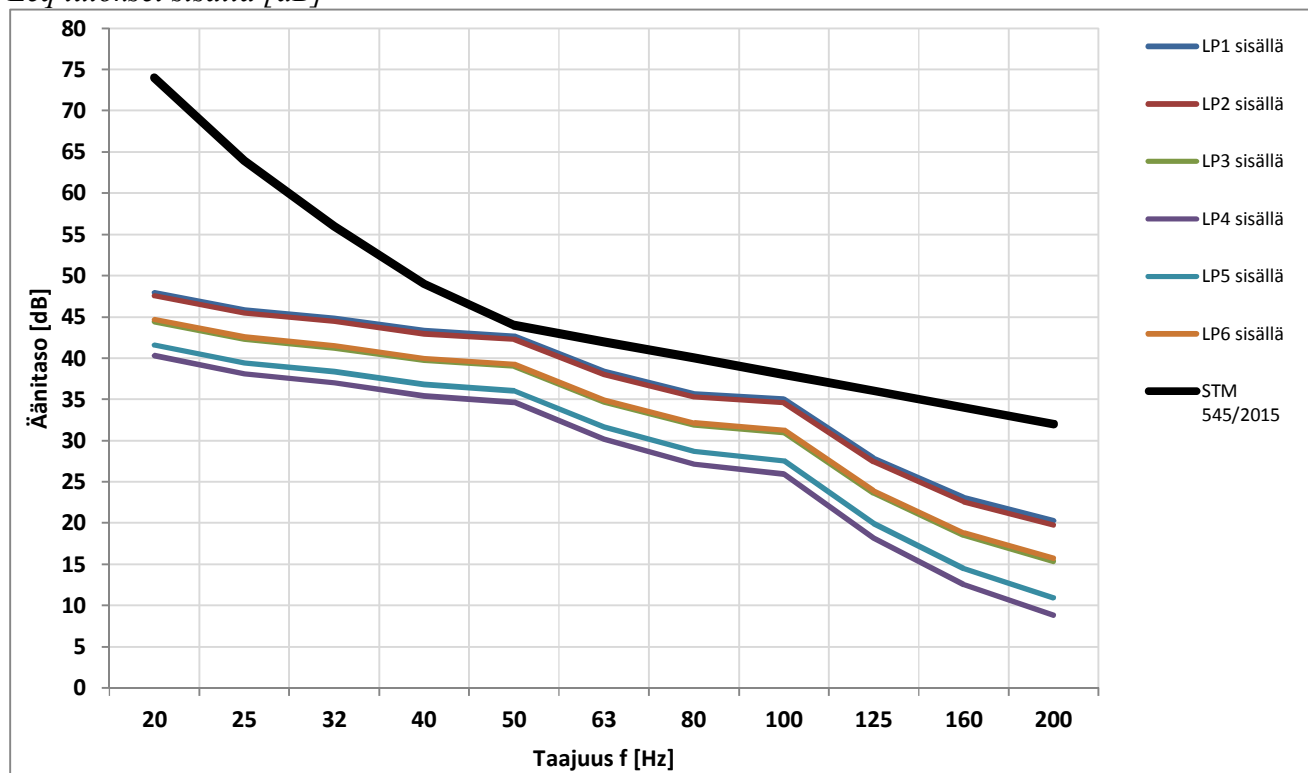
Reseptoripisteen nro	x	y	z	Laskentakorkeus maanpinnalta
LP1	509819,64	7163702,07	134,54	4m
LP2	511943,09	7159315,88	136,57	4m
LP3	513763,63	7156713,11	134,33	4m
LP4	522317,97	7157143,68	167,64	4m
LP5	522491,82	7161895,24	213,19	4m
LP6	517594,89	7167626,35	157,80	4m

Liite 2. Melumallinnuskartta, VE1, 63 voimalaa



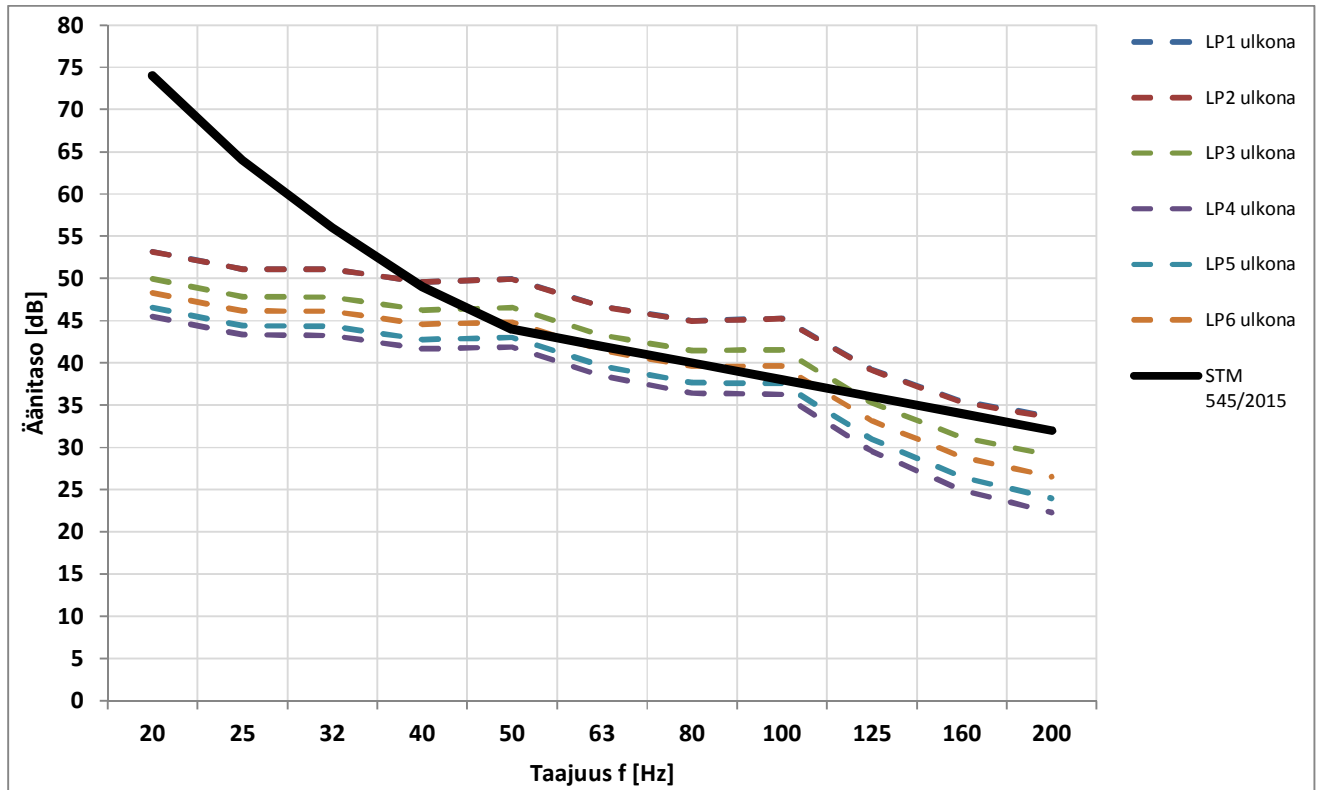
Liite 3. Melumallinnuskartta, VE2, 49 voimalaa



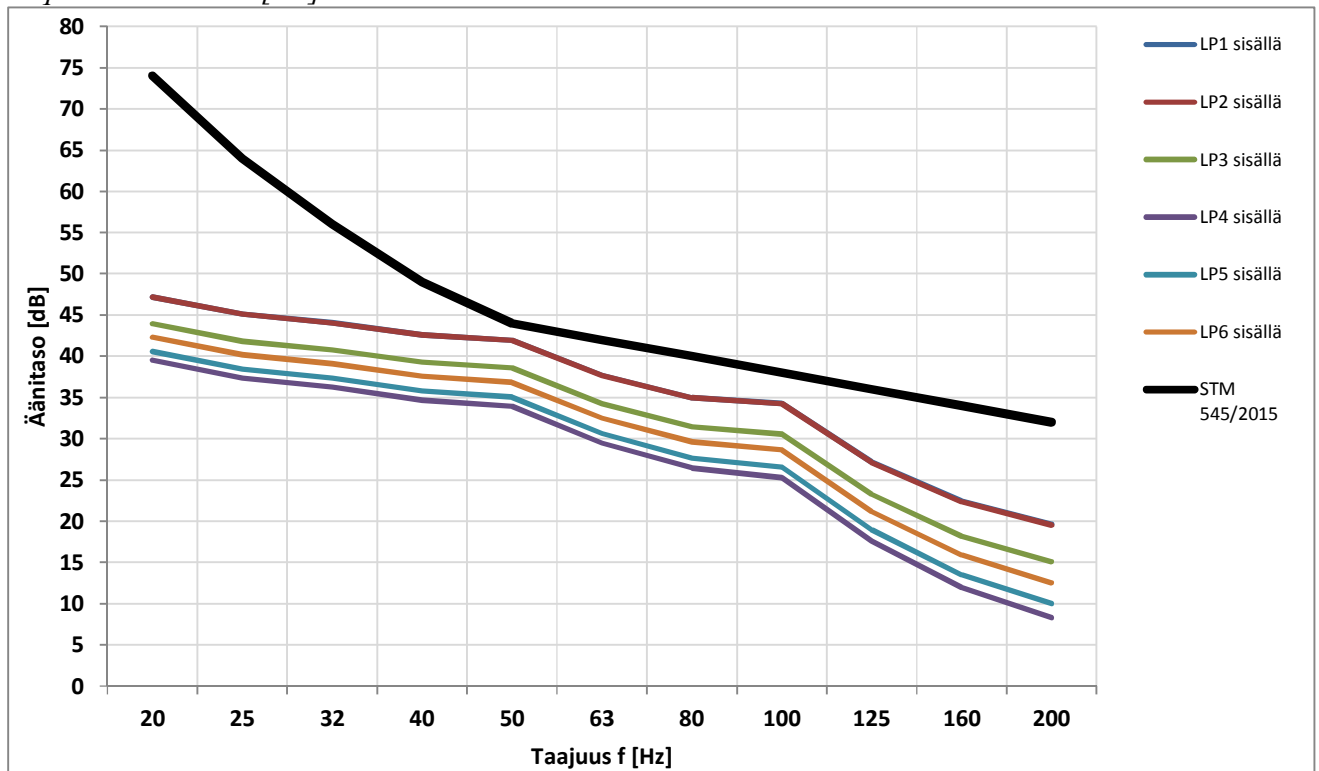
Liite 4. Pientaajuaisen melun laskentatulokset reseptoripisteissä LP1-LP6
VE1
Leq tulokset ulkona [dB]

Leq tulokset sisällä [dB]


VE2

Leq tulokset ulkona [dB]



Leq tulokset sisällä [dB]



Liite 5. Laskennan parametrit ja laskentatulokset

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT									
Mallinnusraportin numero/tunniste:					Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 7.12.2018				
Laatija: DI Carlo Di Napoli, Pöyry Finland Oy					Hyväksyjä: Ella Kilpeläinen, Pöyry Finland Oy				
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT									
Mallinnusohjelma ja versio: SoundPlan v.8.0					Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2				
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT) Vaihtoehto 1 / Vaihtoehto 2									
Tuulivoimalan valmistaja: Nordex N149 taajuudet					Nimellisteho: 4,5 MW (taajuudet)				
Roottorin halkaisija: 180m					Napakorkeus: 190m				
Lukumäärä: VE1 63 kpl / VE2 49 kpl					Tornityyppi: Ei tiedossa, mahdollisesti haruksilla				
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön (alentavasti) käytön aikana: Kyllä, noin 0 dB...-8 dB									
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT									
Melupäästötiedot (tunnusarvo LWA,d):									
Luottamuksellisia: Kyllä, vain viranomaiskäyttöön. Viranomaiselle voidaan pyydettyäessä toimittaa myös 1/3 oktaavikaistatiedot									
Oktaaveittain [Hz]									
LWA [dB]	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
106 dB	78 dB	88 dB	94 dB	98 dB	100 dB	101 dB	98 dB	91 dB	83 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, 2018			Maanpinnan pystyresoluutio: 0.5 m / laserkeilausaineisto						
Maan- ja vedenpinnan absorption ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet									
Vesialueet:			Maa-alueet:			Muut alueet (mitkä?)			
0			0.4			Laajat kallioalueet: 0			
Pientaajuisten melulaskennan julkisivurakenteen tuottaman äänitasoeron vähimmäisarvon estimaatti DL ₉₀ asuin- ja loma-asuinrakennuksille [8]:									

1/3 Oktaaveittain [Hz], 20-200Hz dB										
20 Hz	25 Hz	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
6 dB	6 dB	7 dB	7 dB	8 dB	9 dB	10 dB	11 dB	12 dB	13 dB	14 dB
LASKENTATULOKSET										
Laskentavaihtoehdot: 2 kpl										
Laskentakartat: 2 kpl					Laskentavyöhykkeet [dB]: 3 kpl: 40 dB, 45 dB, 50 dB					
Pientaajuisen melun laskentataulukot: 2 kpl					Reseptoripisteet: 6 kpl, LS1-LS6					
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										