



MELUSELVITYS

Iso-Petäjämäen Tuulivoimapuisto

18.02.2025

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	3
2	TAUSTA	4
3	MELU.....	5
3.1	YLEISTÄ.....	5
3.2	MELUN MUODOSTUMINEN	5
4	MELUN OHJEARVOT	7
4.1	VALTIONEUVOSTON ASETUS TUULIVOIMALOIDEN ULKOMELUTASON OHJEARVOISTA.....	7
4.2	ASUMISTERVEYSASETUksen TOIMENPIDERAJAT	7
5	LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT	8
5.1	LÄHTÖTIEDOT	8
5.2	MENETELMÄT	9
6	ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET	12
6.1	NYKYTILANNE.....	12
6.2	RAKENTAMISEN AIKAiset VAIKUTUKSET	12
6.3	TOIMINNAN AIKAiset VAIKUTUKSET	12
6.4	YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS	14
6.5	PIENITAAJUINEN MELU.....	15
6.6	KÄYTÖN LOPETTAMISEN AIKAiset VAIKUTUKSET	15
6.7	VAIKUTUSTEN ARVIOINNIN EPÄVARMUUSTEKIJÄT	16
7	HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA.....	16
8	LÄHTEET	17
9	MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, ISO-PETÄJÄMÄKI	18
	LIITE 1: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET	20
	LIITE 2: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA	21

LIITE 3: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, YHTEISVAIKUTUKSET	23
LIITE 4: SIIJOITUSSUUNNITELMAT	26
LIITE 5: SUUNNITELMAN MUUTOKSEN VAIKUTUS	27

VERSIONHISTORIA

Versio	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Arina Makarova, 2023-11-20	Alexander Ehre 2023-11-21	Alexander Ehre 2023-11-21	Iso-Petäjämäen tuulivoimapuiston meluselvitys, naapuripuistot huomioiden.
Ver 2	Elina Sippola, 2024-06-09	Christian Granlund 2024-06-10	Christian Granlund 2024-06-10	Meluselvityksen päivitys: Vaihtoehdon VE1 sijoitussuunnitelmasta poistettu pohjoisin voimala ja voimaloiden kokonaiskorkeutta laskettu 280 metriin.
Ver 3	Arina Makarova, 2025-02-18	Ilmari Katajamäki, 2025-02-21	Ilmari Katajamäki, 2025-02-21	Iso-Petäjämäen tuulivoimapuiston meluselvitys (Kaavaehdotus, 10 voimalaa).

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Meluselvitys Iso-Petäjämaan tuulivoimapuiston vaikutusalueella. Selvityksessä on otettu huomioon myös viereinen suunnitteilla oleva tuulivoimapuisto Tielampi.

Työmenetelmät:

Meluselvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver4.1 ohjelmiston DECIBEL-moduulia sekä ISO 9613-2 standardin mukaisia oletuksia ja lähtöarvoja. Mallinnus ja raportointi on tehty noudattaen ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita (Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014). Vaikutusten arvioinnissa käytetyt laskentaparametrit on taulukoitu tässä raportissa. Tuloksia on vertailtu valtioneuvoston asetuksen ohjearvoihin (Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista 1107/2015).

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen. Rakennusten äänieristys on laskettu DSO 1284 menetelmän mukaisesti, käyttäen windPRO-ohjelmistoa laskentatyökaluna, ja tuloksia on vertailtu asumisterveysasetuksessa oleviin sisämelun ohjearvoihin. Lisäksi pienitaajuisen melun laskennassa on käytetty Turun Ammattikorkeakoulun tutkimuksessa (ANOJANSSI-projekti, 2020) ehdotettuja vaihtoehtoisia eristyskertoimia.

Tulokset:

Melumallinnusten perusteella valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja asunnoille ja vapaa-ajan asunnoille ei ylitetä, kun pelkästään Iso-Petäjämaan hanke huomioidaan. Myöskään STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä. Kun Iso-Petäjämaan ja naapuripuisto Tielammen yhteisvaikutukset huomioidaan, 40 dB(A):n melurajoitukset ylittyvät useissa läheisissä asunnoissa ja loma-asunnoissa (40,1-41,4 dB(A)).

2 TAUSTA

Meluselvitys on tehty Iso-Petäjämäen tuulivoimapuistolle Lapinlahden kunnan alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 10 tuulivoimalasta. Melumallinnuksessa on käytetty V172 7,2 MW-voimalan lähtötietoja. Mallinnuksessa voimaloiden napakorkeus oli 184 metriä ja äänitehotaso 107,8 dB(A) +2,0 dB(A) epävarmuusmarginaali. Mallinnuksessa käytettiin Vestaksen marraskuussa 2024 päivittämiä äänitietoja.

Tässä selvityksessä on huomioitu Iso-Petäjämäen lisäksi viereinen naapuripuisto, Tielampi, ja molempien puistojen yhteisvaikutukset. Tielammen sijoitus suunnitelmassa on käytetty yhtä sijoitus suunnitelmaa (17 voimalaa). Tielammen voimalatyyppi on SG 6.6-155 ja äänitehotaso 105,0 dB(A) + 2 dB(A) epävarmuusmarginaali. Tuulivoimapuiston kokonaiskorkeus on 250 m.

Meluselvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) windPRO Ver4.1 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen windPRO-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen.

3 MELU

3.1 YLEISTÄ

Ääni on aaltoliikettä, joka kulkee väliainetta, esimerkiksi ilmaa, pitkin äänilähteestä äänen havainnointipisteeseen. Äänelle on ominaista voimakkuuden, taajuuden ja jaksollisuuden vaihtelut. On syytä huomioda, että tässä yhteydessä paljon käytetty A-painotettu äänenvoimakkuuden arvo (dBA) on eri, kun absoluuttinen äänenvoimakkuus (dB). Absoluuttinen äänen voimakkuus sisältää kaikkien taajuuksien äänenvoimakkuuden summan, kun A-painotetussa arvossa painotetaan ihmiskorvalle herkkiä taajuuksia.

Ääni luokitellaan meluksi, jos ihminen kokee sen epämiellyttävänä tai häiritsevä. Ihmiset kokevat meluvaikutukset, kuten muutkin vaikutukset, hyvin eri tavoin. Sama ääni voidaan kokea paikasta ja henkilöstä riippuen eri tilanteissa epämiellyttäväksi meluksi, neutraaliksi ääneksi tai nautinnolliseksi ääneksi. Äänen kokemiseen vaikuttaa myös sen voimakkuus, jaksollisuus sekä taajuus.

Oleellinen vaikutus äänilähteen, kuten tuulivoimalan, meluun on taustamelulla. Taustamelu voi mm. peittää äänilähteelle tyypillisiä ominaisuuksia, kuten äänen jaksollisuutta. Yleisimpiä taustamelun aiheuttajia ovat tuulen aiheuttama suhina sekä liikenteen kohina. Tuulen nopeuden kasvaessa riittävästi, peittää sen tuottama taustamelu tuulivoimalan melun alleen.

Voimakas tai häiritsevä melu voi aiheuttaa terveyshaittoja ja vaikuttaa luonnonympäristön toimintaan. Mitä lähemmäs tuulivoimaloita mennään, sitä häiritsevämpänä melu saatetaan kokea. Siksi on tärkeää tarkastella aluetta maankäytöllisestä näkökulmasta.

3.2 MELUN MUODOSTUMINEN

Tuulivoimaloiden synnyttämä ääni muodostuu lapojen liikkeestä, sekä koneiston aiheuttamasta mekaanisesta äänestä, joista ensimmäinen on yleensä vaikutusten kannalta merkittävämpi. Äänen ominaisuudet vaihtelevat vallitsevien olosuhteiden sekä suunniteltavien voimaloiden teknisten ominaisuuksien mukaisesti. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016)

Lapojen aiheuttama aerodynaaminen melu johtuu pyörimisestä aiheutuvasta jatkuvasta huminasta sekä jaksollisesta huminasta. Kovalla tuulella äänet ovat voimakkaimmillaan etenkin, kun tuuli

puhaltaa voimalan suunnasta. Lämpötila ja ilmankosteus vaikuttavat melun voimakkuuteen. Oleelliset tekijät äänen voimakkuuden kannalta ovat kuitenkin etäisyys tuulivoimalasta ja lähistöllä olevien voimaloiden lukumäärä. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016)

Äänelle on ominaista sen vaimeneminen paikallisten olosuhteiden mukaisesti. Äänenvoimakkuus vaimenee äänilähteestä kauemmas mentäessä, sillä sen sisältämä energia vähenee. Etenemiseen vaikuttavat myös ilman ominaisuudet, kuten lämpötila sekä suhteellinen kosteus. Maaston muodoilla, kasvillisuudella ja tuulensuunnalla on oleellinen merkitys äänen vaimenemisessa. Selvittämällä vaimenemiseen vaikuttavat tekijät, pystytään äänen kulkua arvioimaan teoreettisesti.

Tuulivoimaloiden rakentamisen aikana melu johtuu mm. teiden, tuulivoimaloiden, sähköverkon sekä muun infrastruktuurin rakentamisesta sekä alueen liikenteestä. Nämä vaikutukset ovat vain lyhytaikaisia ja tilapäisiä.

Seuraavassa taulukossa on vertailuarvoja äänenvoimakkuusarvojen suhteesta.

Taulukko 1. Vertailutaulukko absoluuttisista äänenvoimakkuuksista.

Äänenvoimakkuus	Esimerkki	Kommentti
130 dB	Kipukynnys	
100-120 dB	Rock-konsertti	
90 dB	Rekan ohiajo	
80 dB	Vilkasliikenteinen katu	
70 dB	Ajoneuvon sisämelu	
60 dB	Toimisto, jossa ilmastointi	Tyypillinen äänitaso suoraan tuulivoimalan alla
50 dB	Vaimea keskustelu	
40 dB	Taustamelu kotona	
30 dB	Kuiskaus (1m)	

4 MELUN OHJEARVOT

4.1 VALTIONEUVOSTON ASETUS TUULIVOIMALOIDEN ULKOMELUTASON OHJEARVOISTA

Asetuksessa säädetään toimivien tuulivoimaloiden aiheuttaman laskennallisen tai mitatun melutason ohjearvot. Melulle altistuvalla alueella melutaso ei saa ulkona ylittää seuraavassa taulukossa lueteltuja A-taajuuspainotetun keskiäänitason ohjearvoja. Asetus on tullut voimaan 1.9.2015.

Taulukko 2. Ohjearvot valtioneuvoston asetuksessa.

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

4.2 ASUMISTERVEYSASETUksen TOIMENPIDERAJAT

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus vuodelta 2015 sisältää toimenpideraja-arvot yöaikaiselle matalataajuiselle sisämelulle. Raja-arvot on esitetty alla olevassa taulukossa, joka on annettu yhden tunnin matalataajuisen melun tasolle (raja-arvot eivät ole A-painotettuja).

Taulukko 3. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat yöaikaiselle pienitaajuiselle sisämelulle.

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

Asuinhuoneistojen oleskeluun ja lepoon käytettävien huoneiden toimenpiderajoiksi on annettu päiväajan (klo 07–22) keskiäänitasolle L_{Aeq} 35 dB ja yöajan (klo 22–07) keskiäänitasolle L_{Aeq} 30 dB. Taustamelusta selvästi erottuvalle melulle, joka voi aiheuttaa esimerkiksi unihäiriötä, on toimenpiderajana nukkumiseen käytettävissä tiloissa yöaikaan (klo 22–07) yhden tunnin keskiäänitaso $L_{Aeq, 1h}$ 25 dB. Lisäksi on huomioitava melun erityisominaisuudet eli mahdolliset

kapeakaistaisuus- ja impulssimaisuuskorjaukset. Asetus sisältää toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle, jotka on annettu taajuuspainottamattomina tunnin keskiäänitasoina $L_{eq,1h}$.

Sisämelun kokonaisäänitason mallintamiseksi ei ole annettu ohjeita eikä alalla ole yleisesti käytössä olevaa laskentamenetelmää. Asetuksen mukaisilla ulkomelun ohjearvoilla (40 dB(A)) pyritään kuitenkin varmistamaan myös sisämelun toimenpiderajojen alittuminen. Alalla sovelletun DSO 1284 -laskentamenetelmän mukaan rakennusten äänieristys taajuuksilla 80–200 Hz on noin 20 dB. Äänieristys vaimentaa korkeampia taajuuksia tyypillisesti tehokkaammin, jolloin taajuuksilla 200–500 Hz äänieristyksen voidaan odottaa olevan enemmän kuin 20 dB. Tuulivoimamelu 1–3 kilometrin etäisyydellä äänilähteestä koostuu lähinnä 200–500 Hz:n taajuuksista. Näin ollen on hyvin todennäköistä, että tuulivoimamelun ollessa ulkona 40 dB(A), rakennuksen sisämelu on noin 20 dB(A) tai alle.

Lisäksi ympäristöministeriön ohjeessa uudisrakennusten ääniympäristöstä (Ympäristöministeriö, 2018) on mainittu, että asuinhuoneen ulkovaipan äänieristys tulee olla aina vähintään 30 dB. Tämä tarkoittaa, että jos melutaso ulkona on 40 dB(A), niin sisämelutaso pysyy selvästi toimenpiderajan alapuolella.

5 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

5.1 LÄHTÖTIEDOT

Tuulivoimaloiden aiheuttamat meluvaikutukset on mallinnettu soveltaen ISO 9613-2 standardia.

Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimalavalmistajan ilmoittamia melupäästön takuuarvoja. Äänitehotasot on ilmoitettu 1/3 oktaavikaistoittain. Siemens-Gamesan ja Vestaksen käyttämät melupäästöarvot eivät ole suoraan verrattavissa IEC TS 61400-14-standardiin, ja epävarmuutta ei ole erikseen ilmoitettu. Tämän takia lähtömelutasoon on mallinnuksessa lisätty 2,0 dB:n epävarmuusmarginaali ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti (Ympäristöministeriö, 2016).

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppi on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeen voimalatiedot.

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (Lwa)	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Iso-Petäjämäki	V172 7,2 MW	184	107,8+2,0	Käytössä
Tielampi	SG 6,6-155	173	105,0+2,0	Käytössä

Taulukko 5. Melumallinnuksessa käytettyjä arvoja (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014).

Lähtötiedot	
Maaston vaikutus melun etenemiseen, kerroin	0,4
Vesistöjen vaikutus melun etenemiseen, kerroin	0,0
Tarkastelupisteen korkeus (metriä maanpinnan yläpuolella)	4 m
Ilman lämpötila	15 °C
Ilman suhteellinen kosteus	70 %

Alueen korkeustietona on käytetty Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja alueen maanpeitteisyys on Suomen ympäristökeskuksen OIVA-tietokannasta. Maaston vaimentava vaikutus on huomioitu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisella kertoimella 0,4. Rakennustiedot perustuvat Maanmittauslaitoksen maastotietokantaan.

Laskennassa on otettu lähtökohdaksi voimalan tuottama äänenvoimakkuus ja tämän pohjalta on mallinnettu äänen vaimeneminen (geometrinen vaimeneminen sekä ilmakehän vaimentava vaikutus) koko tuulivoimapuiston alueella. Mallinnuksessa on oletettu, että kaikki asunnot ovat tuulen alapuolella kaikkiin voimaloihin nähden ja tuulennopeus 10 metrin korkeudella maan pinnasta on 8 m/s. Useiden voimaloiden yhteismeluvaikutukset on otettu huomioon. Alueelta valittiin 13 havainnointipistettä, joiden kohdalta voimaloiden aiheuttamat äänenvoimakkuudet ilmoitetaan.

5.2 MENETELMÄT

Melumallinnus on suoritettu windPRO ohjelmiston DECIBEL-moduulia käyttäen. WindPRO on tanskalaisen EMD International A/S:n kehittämä tuulivoiman mallinnusohjelmisto. Ohjelmistolla mallinnetaan ja visualisoidaan äänen eteneminen ja vaimeneminen, mutta sitä käytetään myös muiden vaikutusten mallintamiseen sekä tuuliresurssien laskemiseen.

Mallinnusta tehtäessä ohjelmistoon syötetään ympäristöministeriön (2/2014) ohjeistamat parametrit sekä ISO 9613-2 standardin mukaiset lähtötiedot. Mallinnuksessa lasketaan melun leviäminen vaikutusalueella sekä hankkeesta aiheutuvat melutasot tarkastelluissa pisteissä.

Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti melupäästöarvoon lisätään 2 dB, jos asunnon ja voimalan perustusten välinen korkeusero ylittää 60 metriä. Korjaus tehdään, kun etäisyys voimalan ja asunnon välillä on enintään kolme kilometriä. Tässä melumallinnuksessa korkeuserot eivät ylity valituissa havainnointipisteissä eikä korjauksia ole tehty.

Jos ääni on erityisen häiritsevää eli kapeakaistaista tai impulssimaista, lisätään laskenta- tai mittaustuloksiin 5 dB ennen asetuksen ohjearvoon vertaamista. Tässä mallinnuksessa laskentatuloksiin ei ole tarvetta lisätä sanktiota, koska lähtötiedoissa ei äänen erityispiirteitä havaittu.

Ympäristöministeriön ohjeessa (2/2014) mainitaan äänivaikutuksiin liittyvä ilmö, Amplitudimodulaatio (EAM, excessive amplitude modulation). Esiintyessään ilmiö aiheuttaa sen, että äänenvoimakkuuden merkittävät jaksottaiset vaihtelut lisäävät melun häiritsevyyttä. Amplitudimodulaatio on paikallisista olosuhteista ja voimalatyyppistä riippuva ilmiö. Ilmiötä ei pysty mallintamaan etukäteen, vaan se pystytään varmistamaan ainoastaan käytönaikaisilla melumittauksilla. Amplitudimodulaatiota ei mainita valtioneuvoston asetuksessa tuulivoimaloiden ulkomelutasoa koskien, eikä ilmiön todentamiseksi ole olemassa vakioitua menetelmää. Aiheesta on tehty kansainvälisiä tutkimuksia (esim. Bertagnolio, 2014), joiden mukaan havaittu amplitudimodulaatio on mahdollista hallita teknisesti.

Pienitaajuinen melulaskenta on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti, asuntojen ja vapaa-ajan asuntojen ulkopuolelta käyttäen annettua laskentakaavaa.

$$L_p = L_w - 20dB \cdot \log_{10}(d_1/1m) - 11dB + A_{gr} - A_{atm} \cdot d_2$$

missä

L_p on äänen 1/3-oktaavitaso altistuvassa kohteessa [dB]

L_w on tuulivoimalan 1/3-oktaavikaistan äänitehotaso [dB]

d_1 on tuulivoimalan navan etäisyys altistuvasta kohteesta [m]

A_{gr} on heijastavan pinnan tuottama korjaus [dB]

A_{atm} on ilmakehän tuottama vaimennus lämpötilassa 15 C° ja 70 % suhteellisessa kosteudessa [dB/km]

d_2 on tuulivoimalan navan etäisyys altistuvasta kohteesta [km]

(Ympäristöministeriö 2014).

Sisätilojen melutasot on laskettu niin ikään ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti. Rakennusten äänieristys on laskettu DSO 1284 menetelmän mukaisesti, ja tuloksia on vertailtu asumisterveysasetuksessa oleviin sisämelun toimenpiderajoihin. Lisäksi pienitaajuuden melun laskennassa on käytetty Turun Ammattikorkeakoulun tutkimuksessa (ANOJANSSI-projekti, 2020) ehdotettuja vaihtoehtoisia eristyskertoimia.

Äänieristys, DL_{σ} , on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Äänieristyskertoimet.

f/ Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
DL_{σ} (DSO 1284)	6.6	8.4	10.8	11.4	13	16.6	19.7	21.2	20.2	21.2	25.0
DL_{σ} (Anojanssi- projekti)	7.6	8.3	9.2	10.3	11.5	13	14.8	16.8	18.8	21.1	22.8

6 ARVIOIDUT MELUVAIKUTUKSET

6.1 NYKYTILANNE

Iso-Petäjämaan tuulivoimapuiston alue on pääasiassa metsätalousaluetta ja sen äänimaisema on tällaiselle alueelle tyypillistä.

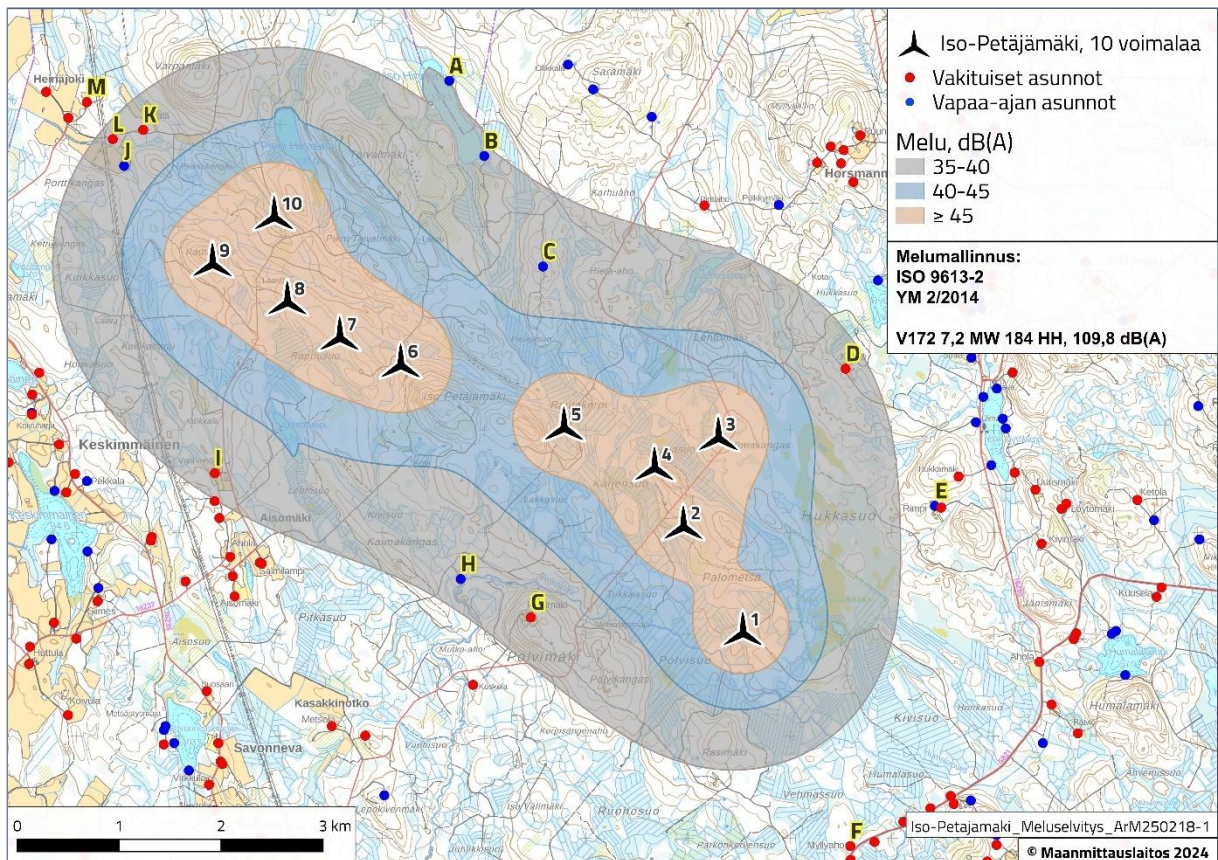
6.2 RAKENTAMISEN AIKAiset VAIKUTUKSET

Tuulivoimapuiston rakentamisen aikana melua aiheutuu mm. maansiirtokoneista, nostureista, ajoneuvoliikenteestä sekä rakentamisesta. Rakennustyömaan melu on hyvin impulssimaista ja paikallista ja ajoittuu pääasiallisesti päiväaikaan. Tämän vuoksi meluvaikutukset eivät kasva merkittäviksi. Tiestön ja perustusten rakentaminen tuottaa eniten melua ja lisääntyvä liikenne saattaa nostaa valtatie melutasoa hieman.

Rakentaminen kestää vain lyhyen ajan suhteessa tuulivoimaloiden elinkaareen, joten meluvaikutuksetkin voidaan katsoa lyhytkestoisiksi.

6.3 TOIMINNAN AIKAiset VAIKUTUKSET

Melumallinnuksessa on käytetty Vestaksen V172 7,2 MW voimalaa, jonka kokonaisäänitaso on 107,8 + 2 dB(A) ja napakorkeus 184 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 10 voimalan sijoitus suunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 5.



Kuva 1. Iso-Petäjämäen tuulivoimapuiston melumallinnus, V172 7,2 MW 184 HH, 107,8 +2 dB(A). 13 havainnointipistettä on merkitty kuvaan kirjaimilla.

Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dB(A). Alueen läheisyydestä on valittu 13 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

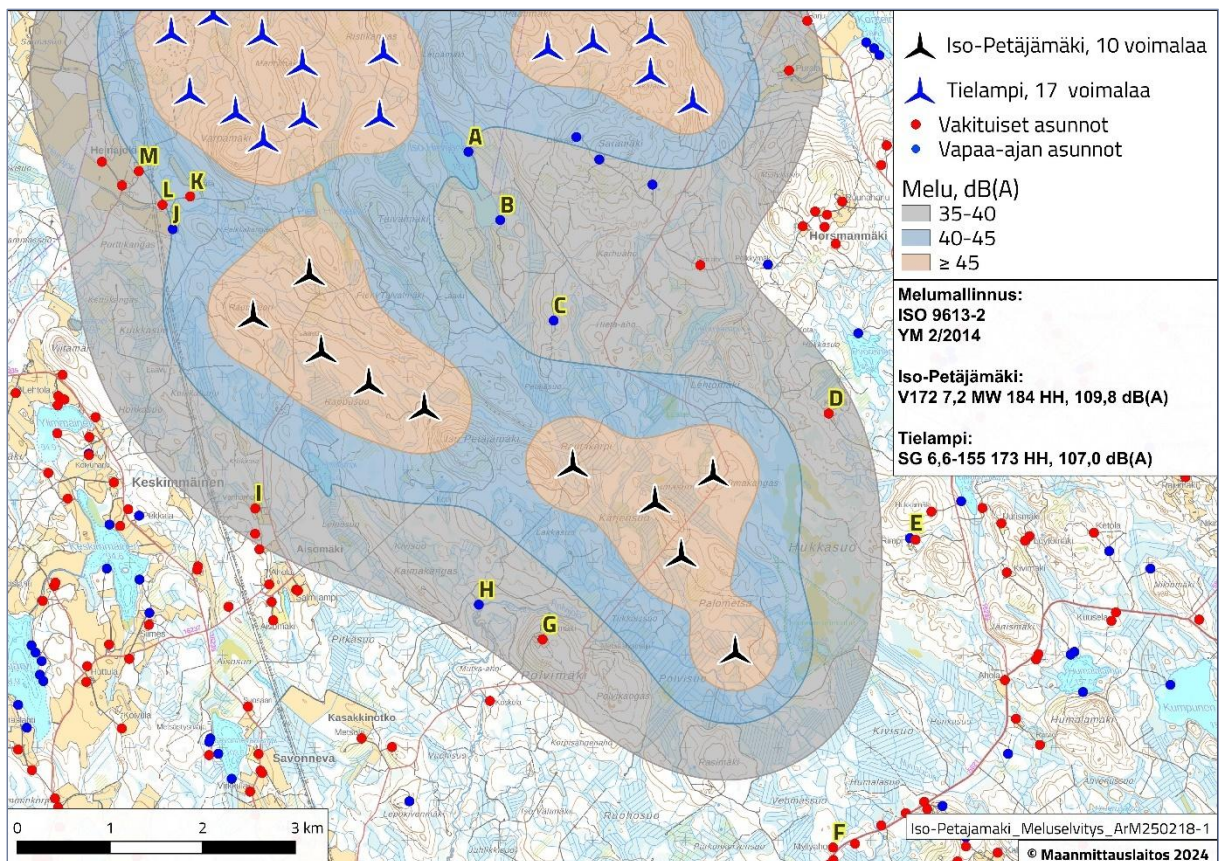
Äänitaso lähimpien asuinrakennusten ja loma-asuntojen alueella on alle 40 dB(A), eli alle valtioneuvoston asetuksen mukaisen ohjearvon. Korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan havainnointipisteen kohdalla on 37,7 dB(A) (vapaa-ajan asunto C). Tulosten perusteella voidaan todeta, että Iso-Petäjämäen tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat maltilliset.

Tuulivoimapuiston alueella, voimaloiden välittömässä läheisyydessä, äänitaso on yli 45 dB(A), joten melulla saattaa olla vaikutuksia esimerkiksi alueen virkistyskäyttöön.

6.4 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUKSEEN

Alla esitellään meluvaikutukset, kun naapuripuiston tuulivoimalat on myös otettu huomioon. Iso-Petäjämäen melumallinnuksissa on käytetty 10 voimalan sijoitussuunnitelmaa ja voimalamallia V172 7,2 MW, jonka kokonaisäänitaso on 107,8+2 dB(A) ja napakorkeus 184 metriä.

Tielammen melumallinnuksessa on käytetty 17 voimalapaikkaa ja voimalamallia SG 6.6-155, jonka kokonaisäänitaso on 105,0 +2,0 dB(A) ja napakorkeus 173 metriä (Tielammen tuulivoimapuiston meluselvitys (VE1); AFRY, 2024). Naapurihankkeen koordinaatit löytyvät liitteestä 4.



Kuva 2. Iso-Petäjämäen (10 voimalaa) ja naapuripuiston yhteisvaikutusten melumallinnus.

Kun Iso-Petäjämäen ja naapuripuisto Tielammen yhteisvaikutukset huomioidaan, meluvaikutukset Iso-Petäjämäen ympärillä kasvavat. Suurimmat meluarvot ovat 40,1–41,4 dB(A):n välillä havainnointipisteiden A, J ja K kohdalla, joka tarkoittaa että 40 dB(A):n melurajoitus ylitetään 0,1 – 1,4 dB(A):n verran. Kun pelkästään Iso-Petäjämäen meluvaikutukset huomioidaan, melurajat eivät ylity yhdessäkään havainnointipisteessä.

Kun meluvaikutukset huomioidaan pelkästään naapuripuisto Tielammen osalta, korkein äänitaso lähialueella sijaitsevan havainnointipisteen kohdalla on 40,0 dB(A) (vapaa-ajan asunto havaintopisteen A kohdalla).

Alueen läheisyydestä on valittu 13 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

6.5 PIENITAAJUINEN MELU

Pienitaajuinen melu on laskettu ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti.

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat selvästi lähimmissä asunnoissa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla sisätilojen toimenpiderajat alittuvat. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoilla toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Laskennan tulokset löytyvät liitteistä 3 ja 4.

Rakennusten äänieristys on laskettu DSO 1284 menetelmän mukaisesti, käyttäen windPRO-ohjelmistoa laskentatyökaluna, ja tuloksia on vertailtu asumisterveysasetuksessa oleviin sisämelun ohjearvoihin. Lisäksi pienitaajuisen melun laskennassa on käytetty Turun Ammattikorkeakoulun tutkimuksessa (ANOJANSSI-projekti, 2020) ehdotettuja vaihtoehtoisia eristyskertoimia.

Laskennassa on käytetty laskentastandardissa todettuja äänieristysominaisuuksia, joten todellinen pienitaajuinen melu voi poiketa lasketusta arvosta (laskentamenetelmässä käytetään ainoastaan talojen keskimääräistä äänieristystä). Lasketut arvot eivät kuitenkaan ole lähellä asumisterveysasetuksen toimenpideraja-arvoja, joten arvion mukaan marginaalit ovat riittävät, eivätkä raja-arvot ylity.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että tuulivoimapuiston pienitaajuisen melun vaikutukset ovat vähäiset.

6.6 KÄYTÖN LOPETTAMISEN AIKAISET VAIKUTUKSET

Käytön lopettamisen aikaiset meluvaikutukset ovat samankaltaiset rakennusvaiheen vaikutusten kanssa. Ajallisesti meluvaikutukset ovat tuolloin lyhytkestoiset ja ne johtuvat työmaakoneiden äänistä ja liikenteestä.

Käytön lopettamisen jälkeen alueen äänimaisema palaa samaan tilaan, kuin ennen tuulivoimapuiston rakentamista.

6.7 VAIKUTUSTEN ARVIOINNIN EPÄVARMUUSTEKIJÄT

Mallinnuksessa on käytetty ympäristöministeriön ohjeistuksen ja siellä mainittujen standardien mukaisia menetelmiä ja tulokset on raportoitu ohjeistuksen mukaisesti. Mallinnusmenetelmiin sisältyy aina pieni epävarmuus, jota on pienennetty mm. asiantuntijoiden yhteisesti päättämällä mallinnuksen lähtötiedoilla, jotka ympäristöministeriö on julkaissut.

7 HAITTOJEN EHKÄISEMINEN JA SEURANTA

Rakennusaikana meluhaittoja voidaan vähentää käyttämällä vähemmän melua aiheuttavia työkoneita ja ajoittamalla työt vähemmän häiritsevään aikaan vuorokaudesta.

Tuulivoimaloiden meluvaikutuksia voidaan säädellä vaikuttamalla äänilähteiden toimintaan. Konehuoneesta lähtevää ääntä voidaan vaimentaa lisäämällä konehuoneeseen eristeitä tai korjaamalla/muuttamalla tekniikkaa. Merkittävämpiä vaimennuksia saadaan aikaan kuitenkin muuttamalla tuulivoimalan lavat sahalaitaiseksi tai roottorin toimintaan vaikuttamalla.

Yksinkertaisesti voimalan ääntä saadaan vaimennettua hidastamalla roottorin pyörimistä tai säätämällä lapojen pyörimiskulmaa, mutta molemmilla tavoilla myös voimalan tuotanto pienenee. Säätämällä lähellä toisiaan pyörivien voimaloiden toimintaa, voidaan melua pienentää esimerkiksi muuttamalla lapojen kohtauskulmaa. Myös voimaloiden toimintaa voidaan tarvittaessa rajoittaa siten, että ohjearvot eivät ylitä herkällä alueella, joskaan tälle ei meluselvityksen tulosten mukaan ole tarvetta.

Melumallinnusten perusteella valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja sekä STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä. Mikäli ohjearvoja kuitenkin ylitetään, voidaan tätä ehkäistä muuttamalla tuulivoimaloiden ajotapaa tai jopa pysäyttämällä haittaa aiheuttavat voimalat.

8 LÄHTEET

Bertagnolio, F. et.al. (2014). Cyclic pitch for the control of wind turbine noise amplitude modulation. Viitattu 14.1.2014. Saatavilla:

http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p551.pdf.

Etha Wind (2022). *01_Noise_Checklist_ArM220707-1*. Internal work description.

Hongisto V., Radun J., Rajala V., et al. (2020) Anojanssi - Projektin Tulokset: Ympäristömelun Häiritsevyys. Turun ammattikorkeakoulu.

Saatavilla: <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522167606.pdf>

Maanmittauslaitos (2024). Maanmittauslaitoksen avoimen tietoaaineiston CC 4.0 -lisenssi.

Saatavilla: <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu>

Siemens Gamesa (2023). Acoustic Emission for SG 6.6-155, Rev. 0. Document ID: SG-F18.16-TR-01194_R00. Date: 2023-06-28.

Sosiaali- ja Terveysministeriö (2015). Asumisterveysasetus. Helsinki. Saatavilla:

<http://www.stm.fi/tiedotteet/tiedote/-/view/1907834>

Valtioneuvosto (2015). *Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista*.

Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151107>

Vestas (2024). Sound Performance Specification EnVentus™ V172. Document no.: 0180-4980 V01.

Date: 2024-11-05.

Ympäristöministeriö (2014). *Tuulivoimaloiden melun mallintaminen*. Helsinki. Saatavilla:

<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/42937>

Ympäristöministeriö (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu*. Päivitys 2016. Saatavilla:

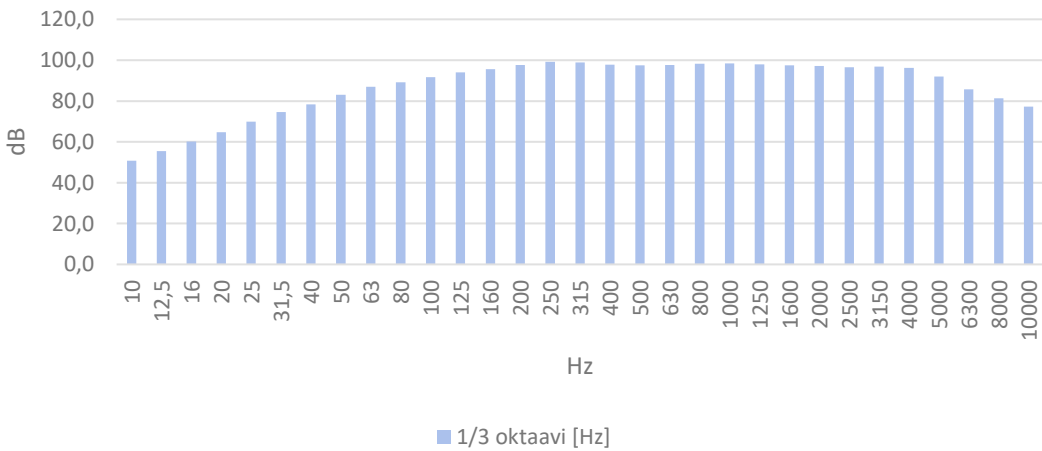
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79057>

Ympäristöministeriö, (2016). *Yhteenvedo tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä*. PDF-document.

Ympäristöministeriö (2018). *Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä*. Saatavilla:

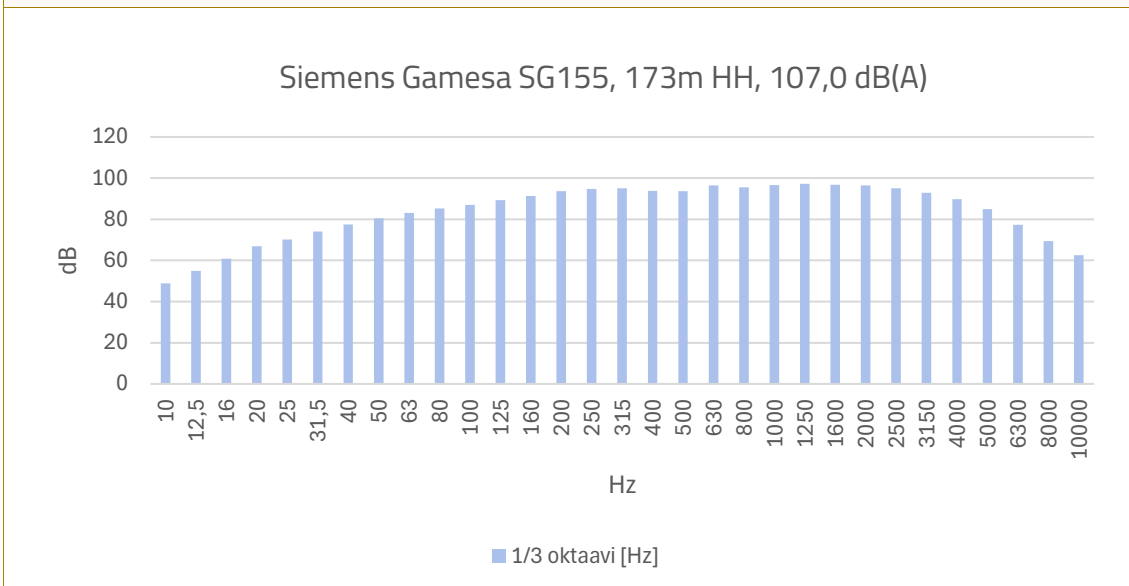
<https://www.ym.fi/download/noname/%7B2852D34E-DA43-4DCA-9CEE-47DBB9EFCB08%7D/138568>

9 MALLINNUSTIETOJEN RAPORTTI, ISO-PETÄJÄMÄKI

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT				*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä	
Mallinnusraportti numero/tunniste: ArM250218-1				Raportin hyväksyntäpäivämäärä:	
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440					
Vastuuhenkilöt: Arina Makarova					
Laatija: Arina Makarova			Tarkastaja/hyväksyjä: Ilmari Katajamäki		
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT					
Mallinnusohjelma ja versio: windPRO Ver4.1			Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2		
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)					
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas			Tyyppi: V172 7,2 MW		Sarjanumero/t:
Nimellisteho: 7,2 MW		Napakorkeus: 184 m	Roottorin halkaisija: 172 m		Tornin tyyppi: Putkitorni
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun					
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä	
Kyllä	dB	Kyllä	dB	dB	
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei	dB	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT					
Melupäästötiedot Vestas V172 7,2 MW 184 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 107,8 dB(A)+2 dB(A))					
Vestas V172, 184m HH, 109,8 dB(A)  ■ 1/3 oktaavi [Hz]					

Melupäästötiedot Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 m HH

(Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 105,0 dB(A) + 2,0 dB(A))



Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitu- dimodulaatio)		Muu, Mikä:		
kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT								
Laskenta korkeus						Laskentaruudun koko [m·m]		
4 m		Muu, mikä ja miksi:				20 m * 20 m		
Suhteellinen kosteus				Lämpötila				
70 %		Muu, mikä ja miksi:			15 C°		Muu, mikä ja miksi:	
Maastomallin lähde ja tarkkuus								
Maastomallin lähde: Maanmittauslaitos				Vaakaresoluutio: 10 m		Pystyresoluutio: 1,4 m		
Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet								
ISO 9613-2								
Vesialueet, (0) / (G)			0					
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)			0,4					
Maa-alueet, (0) / (G)								
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus								
Neutraali, (0): kyllä			Muu, mikä ja miksi:					
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen								
Vapaa avaruus			Muu, mikä, miksi:					
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)								
Asukkaat: 0 kpl		Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl				Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl		
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)								
Asukkaat: 1 kpl*		Vapaa-ajan rakennukset: 2 kpl*				Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl		

Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille	
Virkistysalueet: 0 kpl	Luonnonsuojelualueet: 0 kpl

** Meluarvo ylittyy ainoastaan yhteisvaikutuksessa kun Iso-Petäjämäen ja naapuripuisto Tielammen vaikutukset huomioidaan.*

LIITE 1: MELUMALLINNUKSEN TULOKSET

Taulukko 7. Iso-Petäjämäen mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa (10 voimalaa).

Havainnointipiste	Asunnon luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo [dB(A)]	Melu, [dB(A)] ¹⁾	Melu, [dB(A)] ²⁾	Ohjearvojen ylitys
A	Vapaa-ajan asunto	522656	7039432	40	34,6	40,3	Osittain*
B	Vapaa-ajan asunto	522999	7038694	40	35,6	38,6	Ei
C	Vapaa-ajan asunto	523576	7037609	40	37,7	38,5	Ei
D	Vakituinen asunto	526545	7036606	40	36,2	36,5	Ei
E	Vapaa-ajan asunto	527421	7035260	40	33,4	33,6	Ei
F	Vakituinen asunto	526592	7031922	40	29,8	30,1	Ei
G	Vakituinen asunto	523456	7034166	40	36,7	36,8	Ei
H	Vapaa-ajan asunto	522768	7034542	40	36,1	36,3	Ei
I	Vakituinen asunto	520356	7035581	40	36,1	36,4	Ei
J	Vapaa-ajan asunto	519465	7038596	40	37,5	40,1	Osittain*
K	Vakituinen asunto	519653	7038950	40	36,8	41,4	Osittain*
L	Vakituinen asunto	519354	7038859	40	35,8	39,9	Ei
M	Vakituinen asunto	519099	7039222	40	33,4	39,7	Ei

¹⁾ Iso-Petäjämäen mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa (10 voimalalle)

²⁾ Iso-Petäjämäen ja naapuripuisto Tielammin mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa (10+17 voimalalle).

*Osittain tarkoittaa että 40 dB(A) ohjearvo ylitetään yhden tuulipuiston sijoitussuunnitelman osalta, kun naapurihankkeen meluvaikutukset on otettu huomioon.

LIITE 2: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pienitaajuinen melu on laskettu Iso-Petäjämäen vaihtoehdolle (10 tuulivoimalaa) yksinään.

Taulukko 8. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

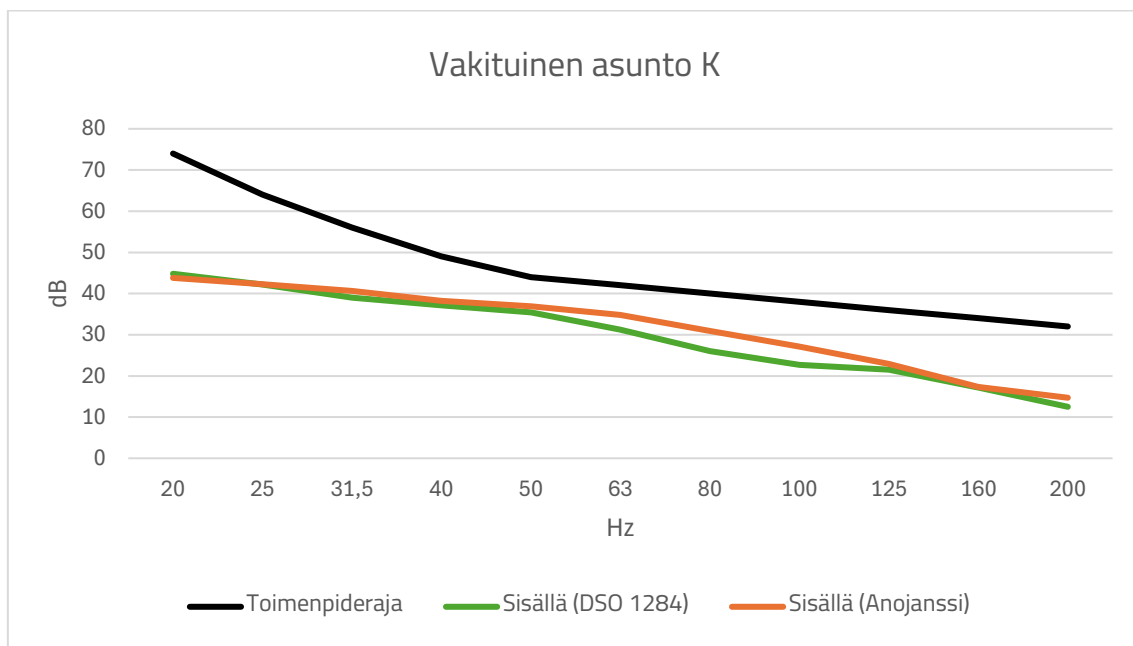
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	49,8	51,0	52,7	51,2	49,2	46,7	51,8	51,5	51,3	49,8	51,4	50,8	49,2
25	48,9	50,1	51,8	50,3	48,4	45,8	51,0	50,7	50,5	48,9	50,6	49,9	48,3
31,5	48,1	49,3	51,0	49,5	47,6	45,0	50,2	49,9	49,6	48,1	49,8	49,1	47,5
40	46,8	48,1	49,8	48,3	46,3	43,7	48,9	48,6	48,4	46,8	48,5	47,8	46,2
50	46,7	47,9	49,6	48,1	46,1	43,5	48,8	48,5	48,3	46,7	48,4	47,7	46,1
63	46,0	47,3	49,0	47,5	45,5	42,9	48,2	47,9	47,7	46,0	47,8	47,1	45,4
80	43,9	45,2	46,9	45,4	43,4	40,7	46,0	45,7	45,5	43,9	45,7	45,0	43,3
100	42,0	43,3	45,1	43,6	41,5	38,7	44,2	43,9	43,7	42,0	43,9	43,2	41,4
125	39,7	41,1	43,0	41,4	39,2	36,3	42,0	41,7	41,5	39,7	41,7	41,0	39,2
160	36,3	37,7	39,6	38,1	35,8	32,7	38,7	38,3	38,1	36,3	38,4	37,6	35,7
200	35,1	36,6	38,7	37,1	34,7	31,4	37,7	37,3	37,2	35,1	37,5	36,7	34,6

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

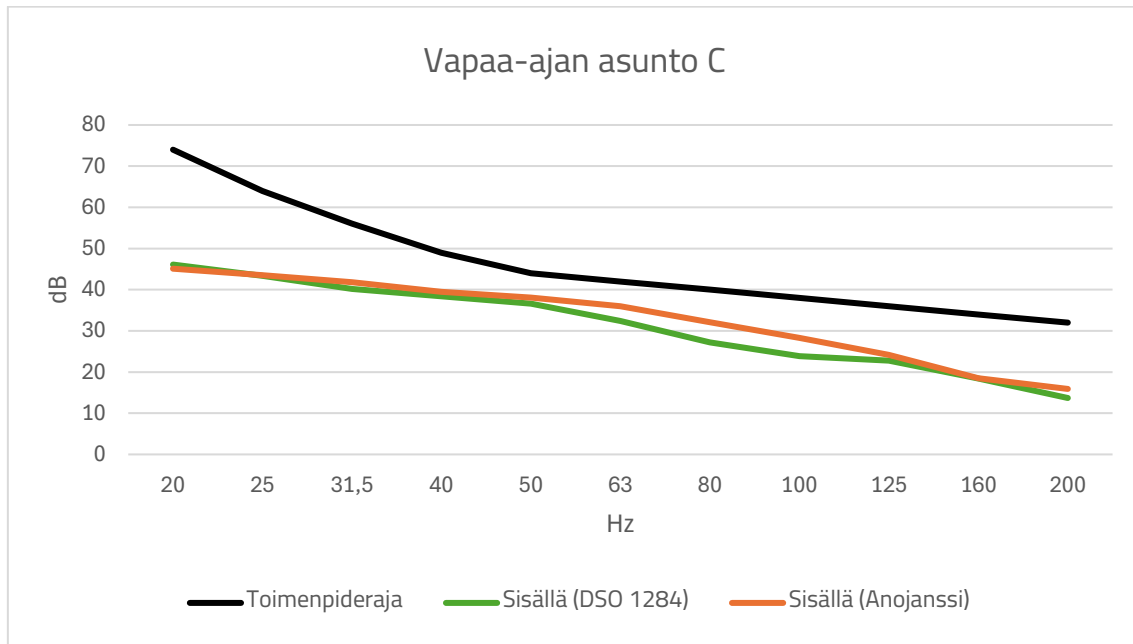
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	43,2	44,4	46,1	44,6	42,6	40,1	45,2	44,9	44,7	43,2	44,8	44,2	42,6
25	40,5	41,7	43,4	41,9	40,0	37,4	42,6	42,3	42,1	40,5	42,2	41,5	39,9
31,5	37,3	38,5	40,2	38,7	36,8	34,2	39,4	39,1	38,8	37,3	39,0	38,3	36,7
40	35,4	36,7	38,4	36,9	34,9	32,3	37,5	37,2	37,0	35,4	37,1	36,4	34,8
50	33,7	34,9	36,6	35,1	33,1	30,5	35,8	35,5	35,3	33,7	35,4	34,7	33,1
63	29,4	30,7	32,4	30,9	28,9	26,3	31,6	31,3	31,1	29,4	31,2	30,5	28,8
80	24,2	25,5	27,2	25,7	23,7	21,0	26,3	26,0	25,8	24,2	26,0	25,3	23,6
100	20,8	22,1	23,9	22,4	20,3	17,5	23,0	22,7	22,5	20,8	22,7	22,0	20,2
125	19,5	20,9	22,8	21,2	19,0	16,1	21,8	21,5	21,3	19,5	21,5	20,8	19,0
160	15,1	16,5	18,4	16,9	14,6	11,5	17,5	17,1	16,9	15,1	17,2	16,4	14,5
200	10,1	11,6	13,7	12,1	9,7	6,4	12,7	12,3	12,2	10,1	12,5	11,7	9,6

Taulukko 10. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyyssarvoja.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	42,2	43,4	45,1	43,6	41,6	39,1	44,2	43,9	43,7	42,2	43,8	43,2	41,6
25	40,6	41,8	43,5	42,0	40,1	37,5	42,7	42,4	42,2	40,6	42,3	41,6	40,0
31,5	38,9	40,1	41,8	40,3	38,4	35,8	41,0	40,7	40,4	38,9	40,6	39,9	38,3
40	36,5	37,8	39,5	38,0	36,0	33,4	38,6	38,3	38,1	36,5	38,2	37,5	35,9
50	35,2	36,4	38,1	36,6	34,6	32,0	37,3	37,0	36,8	35,2	36,9	36,2	34,6
63	33,0	34,3	36,0	34,5	32,5	29,9	35,2	34,9	34,7	33,0	34,8	34,1	32,4
80	29,1	30,4	32,1	30,6	28,6	25,9	31,2	30,9	30,7	29,1	30,9	30,2	28,5
100	25,2	26,5	28,3	26,8	24,7	21,9	27,4	27,1	26,9	25,2	27,1	26,4	24,6
125	20,9	22,3	24,2	22,6	20,4	17,5	23,2	22,9	22,7	20,9	22,9	22,2	20,4
160	15,2	16,6	18,5	17,0	14,7	11,6	17,6	17,2	17,0	15,2	17,3	16,5	14,6
200	12,3	13,8	15,9	14,3	11,9	8,6	14,9	14,5	14,4	12,3	14,7	13,9	11,8



Kuva 3. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa K.



Kuva 4. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa C.

LIITE 3: PIENITAAJUISEN MELUN LASKENTA, YHTEISVAIKUTUKSET

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat pienitaajuiselle melulle alittuvat lähimmissä asunnoissa. Myös kauempana sijaitsevilla asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pientaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Vapaa-ajan asuntojenkin kohdalla toimenpiderajat alittuvat. Pientaajuinen melu on laskettu tilanteessa, jossa Iso-Petäjämäen (10 tuulivoimalaa) ja Tielammin (17 tuulivoimalaa) tuulivoimapaistot ovat toiminnassa.

Taulukko 11. Pientaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella.

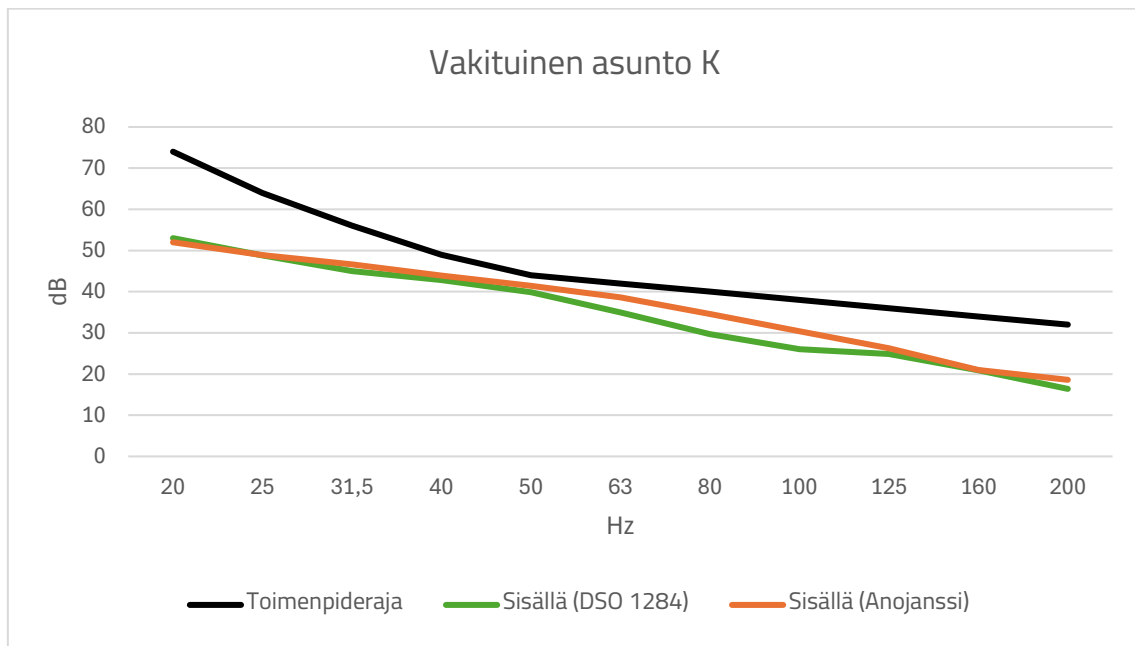
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	59,0	57,3	56,0	53,3	51,3	48,8	53,3	53,3	53,7	59,0	59,6	58,4	58,7
25	56,6	55,1	54,2	51,8	49,8	47,2	52,0	51,9	52,2	56,6	57,2	56,1	56,2
31,5	55,1	53,7	53,1	50,8	48,7	46,2	51,0	50,9	51,1	55,1	55,8	54,6	54,7
40	53,5	52,2	51,7	49,4	47,4	44,8	49,6	49,5	49,7	53,5	54,2	53,1	53,1
50	52,1	51,1	51,0	48,9	46,9	44,3	49,3	49,1	49,2	52,1	52,9	51,9	51,7
63	50,7	49,9	50,1	48,1	46,1	43,4	48,5	48,3	48,4	50,7	51,6	50,6	50,3
80	48,5	47,7	47,9	46,0	43,9	41,1	46,4	46,2	46,2	48,5	49,4	48,4	48,0
100	46,2	45,6	46,0	44,0	41,9	39,1	44,5	44,2	44,2	46,2	47,2	46,2	45,8
125	44,0	43,3	43,8	41,8	39,6	36,6	42,3	42,0	42,0	44,0	45,1	44,0	43,6
160	40,9	40,1	40,5	38,5	36,1	32,9	38,9	38,6	38,6	40,9	42,1	41,0	40,6
200	40,2	39,2	39,6	37,5	34,9	31,6	37,9	37,5	37,6	40,2	41,4	40,2	39,9

Taulukko 12. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen DSO 1284 mukaisia ääneneristävyysarvoja.

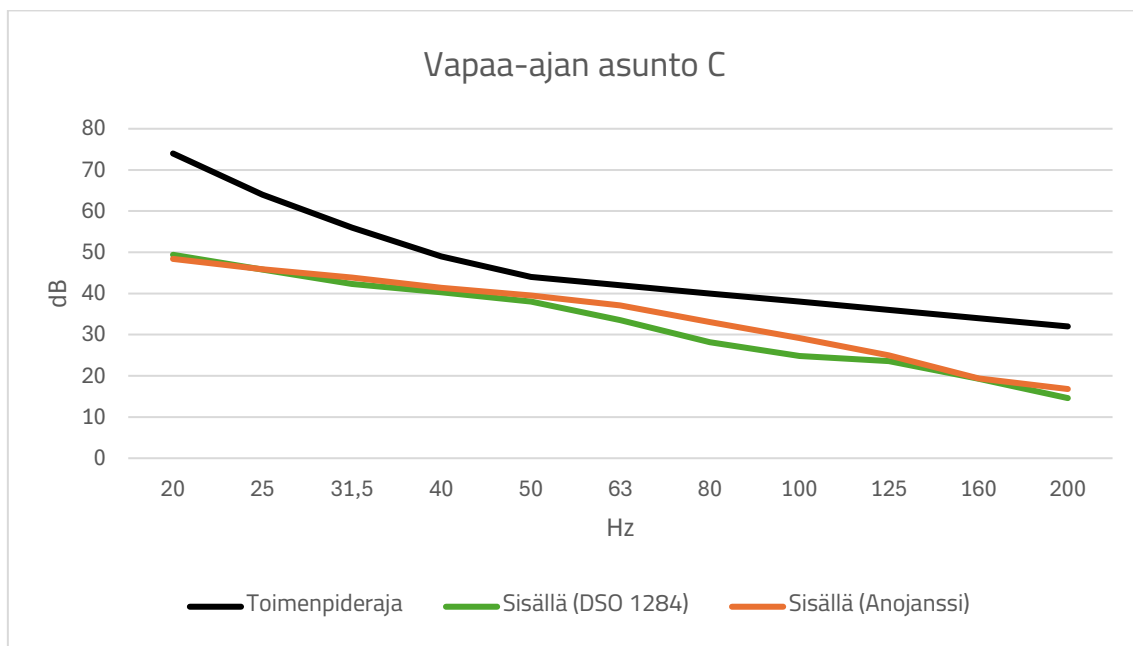
Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	52,4	50,7	49,4	46,7	44,7	42,2	46,7	46,7	47,1	52,4	53,0	51,8	52,1
25	48,2	46,7	45,8	43,4	41,4	38,8	43,6	43,5	43,8	48,2	48,8	47,7	47,8
31,5	44,3	42,9	42,3	40,0	37,9	35,4	40,2	40,1	40,3	44,3	45,0	43,8	43,9
40	42,1	40,8	40,3	38,0	36,0	33,4	38,2	38,1	38,3	42,1	42,8	41,7	41,7
50	39,1	38,1	38,0	35,9	33,9	31,3	36,3	36,1	36,2	39,1	39,9	38,9	38,7
63	34,1	33,3	33,5	31,5	29,5	26,8	31,9	31,7	31,8	34,1	35,0	34,0	33,7
80	28,8	28,0	28,2	26,3	24,2	21,4	26,7	26,5	26,5	28,8	29,7	28,7	28,3
100	25,0	24,4	24,8	22,8	20,7	17,9	23,3	23,0	23,0	25,0	26,0	25,0	24,6
125	23,8	23,1	23,6	21,6	19,4	16,4	22,1	21,8	21,8	23,8	24,9	23,8	23,4
160	19,7	18,9	19,3	17,3	14,9	11,7	17,7	17,4	17,4	19,7	20,9	19,8	19,4
200	15,2	14,2	14,6	12,5	9,9	6,6	12,9	12,5	12,6	15,2	16,4	15,2	14,9

Taulukko 13. Pienitaajuinen melu sisätiloissa, käyttäen Anojanssi-projektin mukaisia ääneneristävyysarvoja.

Taajuus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	51,4	49,7	48,4	45,7	43,7	41,2	45,7	45,7	46,1	51,4	52,0	50,8	51,1
25	48,3	46,8	45,9	43,5	41,5	38,9	43,7	43,6	43,9	48,3	48,9	47,8	47,9
31,5	45,9	44,5	43,9	41,6	39,5	37,0	41,8	41,7	41,9	45,9	46,6	45,4	45,5
40	43,2	41,9	41,4	39,1	37,1	34,5	39,3	39,2	39,4	43,2	43,9	42,8	42,8
50	40,6	39,6	39,5	37,4	35,4	32,8	37,8	37,6	37,7	40,6	41,4	40,4	40,2
63	37,7	36,9	37,1	35,1	33,1	30,4	35,5	35,3	35,4	37,7	38,6	37,6	37,3
80	33,7	32,9	33,1	31,2	29,1	26,3	31,6	31,4	31,4	33,7	34,6	33,6	33,2
100	29,4	28,8	29,2	27,2	25,1	22,3	27,7	27,4	27,4	29,4	30,4	29,4	29,0
125	25,2	24,5	25,0	23,0	20,8	17,8	23,5	23,2	23,2	25,2	26,3	25,2	24,8
160	19,8	19,0	19,4	17,4	15,0	11,8	17,8	17,5	17,5	19,8	21,0	19,9	19,5
200	17,4	16,4	16,8	14,7	12,1	8,8	15,1	14,7	14,8	17,4	18,6	17,4	17,1



Kuva 5. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa K.



Kuva 6. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa C.

LIITE 4: SJOITUSSUUNNITELMAT

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 14. Iso-Petäjämäen voimaloiden sijaintitiedot (10 voimalaa)

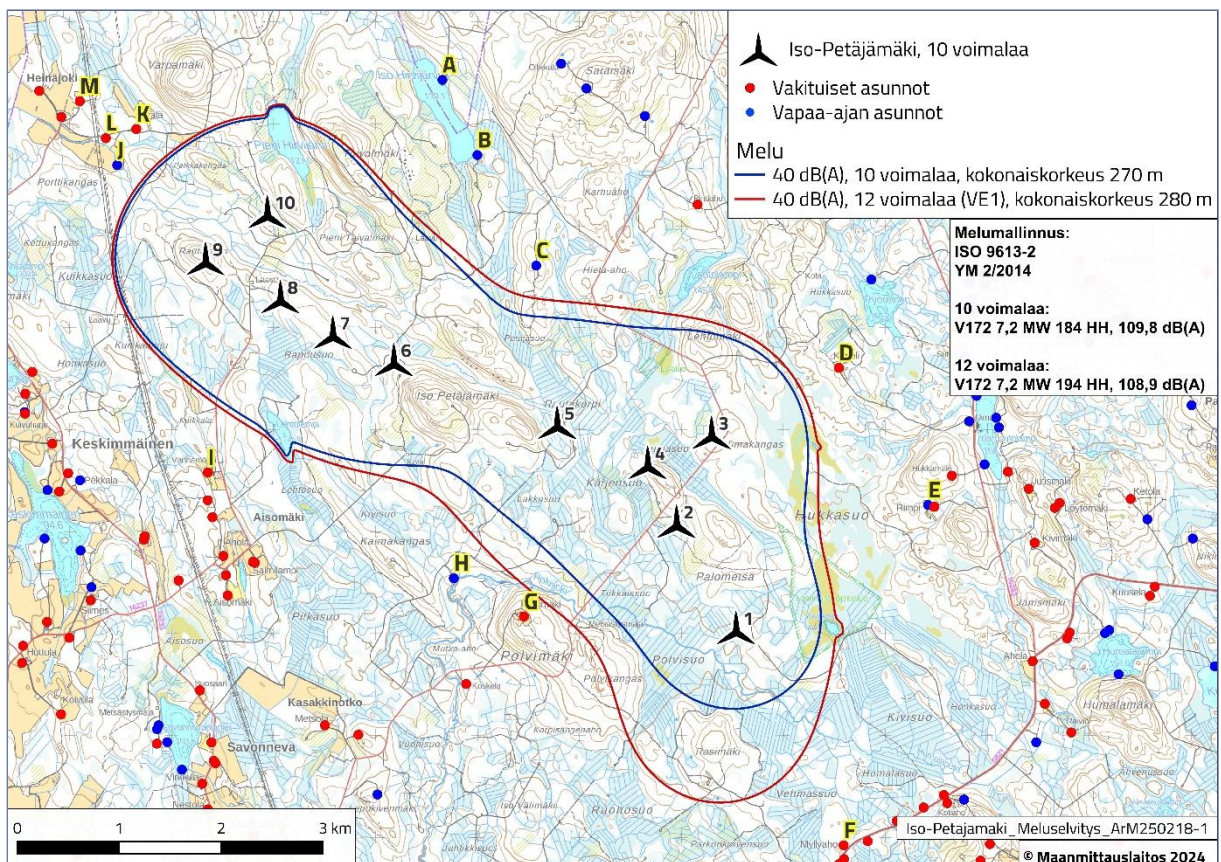
Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	525535	7034061	Vestas V172 7,2 MW 184 HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
2	524951	7035104	Vestas V172 7,2 MW 184 HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
3	525295	7035976	Vestas V172 7,2 MW 184 HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
4	524668	7035681	Vestas V172 7,2 MW 184 HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
5	523780	7036074	Vestas V172 7,2 MW 184 HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
6	522178	7036691	Vestas V172 7,2 MW 184 HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
7	521580	7036959	Vestas V172 7,2 MW 184 HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
8	521065	7037308	Vestas V172 7,2 MW 184 HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
9	520331	7037683	Vestas V172 7,2 MW 184 HH, 107,8 + 2,0 dB(A)
10	520937	7038142	Vestas V172 7,2 MW 184 HH, 107,8 + 2,0 dB(A)

Taulukko 15. Tielammin voimaloiden sijaintitiedot (17 voimalaa)

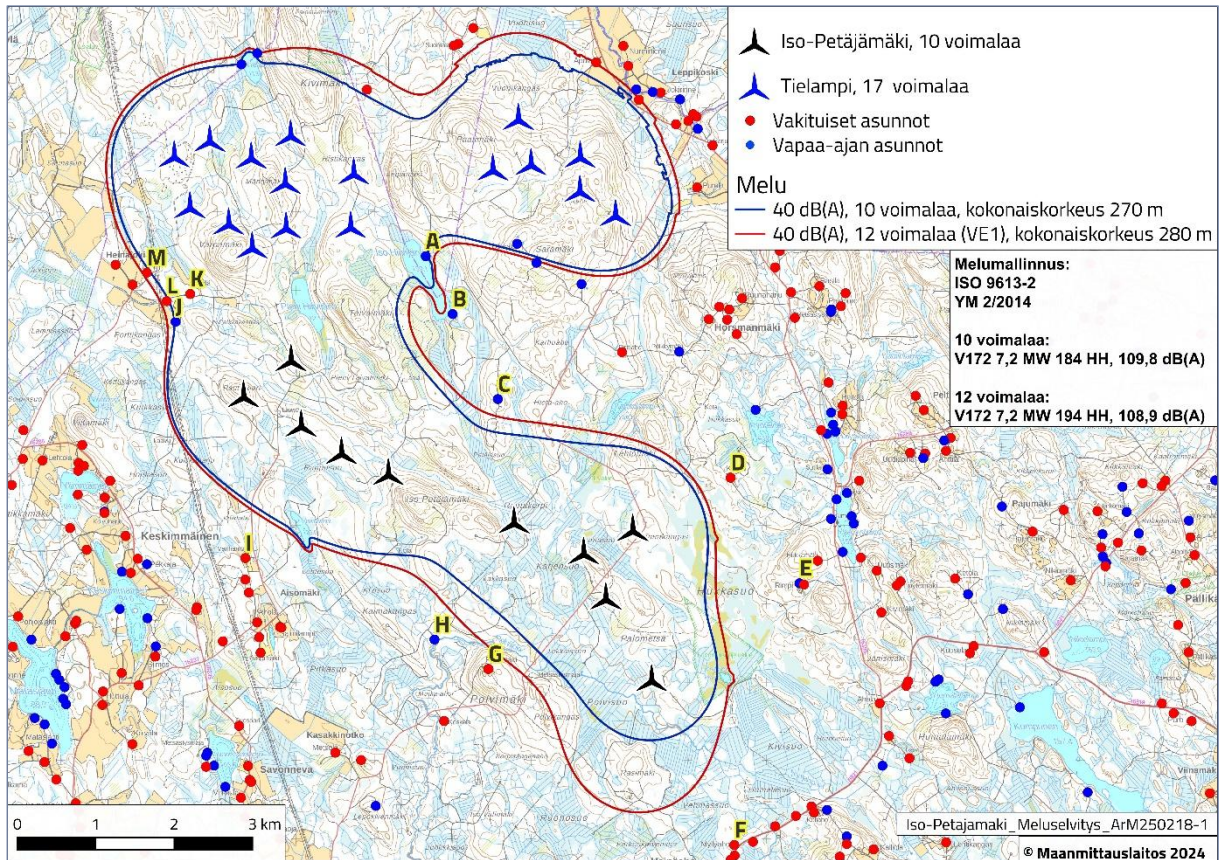
Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Tuulivoimalatyyppi
1	520440	7039582	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
2	520141	7039885	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
3	519647	7040094	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
4	519447	7040744	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
5	519899	7040943	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
6	520428	7040727	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
7	520873	7039834	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
8	520862	7040405	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
9	520931	7041012	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
10	521736	7040527	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
11	521697	7039844	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
12	523510	7040575	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
13	523997	7040644	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
14	523836	7041220	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
15	524624	7040739	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
16	524620	7040302	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)
17	525075	7039994	Siemens Gamesa SG 6.6-155 173 HH, 105,0 + 2,0 dB(A)

LIITE 5: SUUNNITELMAN MUUTOKSEN VAIKUTUS

Alla olevassa kartassa on kuvattu, miten Iso-Petäjämäen kaavaehdotuksen (10 voimalaa) meluvaikutukset vertautuvat kaavaluonnoksen (12 voimalaa) voimalasuunnitelmaan. Kaavaehdotuksessa (10 voimalaa) meluvaikutukset pienenevät, kun alueen keski- ja eteläpuolelta Kärjensuolta ja Rasimäeltä poistettiin 2 voimalaa ja voimaloiden kokonaiskorkeutta laskettiin 280 metristä 270 metriin.



Kuva 7. Iso-Petäjämäen tuulivoimapaiston melumallinnus. Kuvassa on esitetty rajat, joiden sisäpuolella ylitetään valtioneuvoston asetuksen ohjearvo 40 dB(A).



Kuva 8. Iso-Petäjämäen (10 voimalaa) ja naapuripuiston yhteisvaikutusten melumallinnus. Kuvassa on esitetty rajat, joiden sisäpuolella ylitetään valtioneuvoston asetuksen ohjearvo 40 dB(A).

Kun verrataan kaavaehdotusta (10 voimalaa) ja kaavaluonnosta (12 voimalaa) yhteisvaikutusten osalta, meluarvot pienenevät useissa havainnointipisteissä. Iso-Petäjämäen keski- ja eteläpuolelta Kärjensuolta ja Rasimäeltä poistettiin 2 voimalaa ja Tielammin äänitehotaso laskettiin 108,0: sta dB(A) 107,0:aan dB(A) (Tielammen tuulivoimapuiston meluselvitys (VE1); AFRY, 2024), joten meluvaikutukset vähenivät myös pohjoisissa havainnointipisteissä.