



MELUSELVITYS

TUULIVOIMAPUISTO JUTHSKOGEN

Sisällysluettelo

1	Yhteenveto	3
2	Tausta.....	4
3	Melu.....	4
3.1	Yleistä.....	4
3.2	Melun muodostuminen.....	5
4	Melun ohjearvot	6
4.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	6
4.2	Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat	6
5	Lähtötiedot ja menetelmät.....	7
5.1	Lähtötiedot.....	7
5.2	Menetelmät	8
6	Arvioidut meluvaikutukset	9
6.1	Nykytilanne	9
6.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset	9
6.3	Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE1.....	9
6.4	Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE2.....	10
6.5	Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE3.....	11
6.6	Vaihtoehdon VE1 meluvaikutukset lähialueen tuulivoimapuistot huomioiden	12
6.7	Vaihtoehdon VE2 meluvaikutukset lähialueen tuulivoimapuistot huomioiden	13
6.8	Vaihtoehdon VE3 meluvaikutukset lähialueen tuulivoimapuistot huomioiden	14
6.9	Pienitaajuinen melu.....	15
6.10	Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset.....	15
6.11	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	15
7	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	16
8	Lähteet.....	17
9	Mallinnustietojen raportti	18
	Liite 1: Melumallinnuksen tulokset: Juthskogen.....	21
	Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta, VE1.....	22
	Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta, VE2.....	24
	Liite 2: Pienitaajuisen melun laskenta, VE3.....	26
	Liite 3: Sijoitussuunnitelma.....	28

Yhteenveto

- Tehtävä:** Meluselvitys Juthskogenin tuulivoimapuiston kolmelle eri hankevaihtoehdolle osana ympäristövaikutusten arviointimenettelyä.
- Työmenetelmät:** Meluselvitykseen on kerätty tietoa tuulivoimaloiden melun ominaispiirteistä, melun ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.2 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). Matalataajuisen melun mallintaminen on myös tehty noudattaen Ympäristöministeriön ohjeita. 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 R-ohjelmistoa laskentatyökaluna, ja tuloksia on vertailtu asumisterveysasetuksessa oleviin sisämelun ohjearvoihin.
- Tulokset:** Melumallinnusten perusteella valtioneuvoston asetuksen ohjearvoja asunnoille ja vapaa-ajan asunnoille ei ylitetä missään hankevaihtoehdossa. Myöskään STM:n antamia sisätilojen pienitaajuisen melun ohjearvoja ei ylitetä. Erot hankevaihtoehtojen meluvaikutuksissa ovat hyvin pienet.

Versiohistoria

Versio, Päivämäärä	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
2019-12-03	CGr	TLa	TLa	Juthskogenin tuulivoimapuiston meluselvitys

1 Tausta

Meluselvitys on tehty Juthskogenin tuulivoimapuistolle Maalahden kunnan alueella. Suunniteltu hanke koostuu yhteensä 19–22 tuulivoimalasta. Melumallinnuksessa on käytetty V162 5.6 MW -voimalan lähtötietoja. Mallinnuksessa voimaloiden napakorkeus oli 194–219 metriä ja äänitehotaso 106,8 dB(A). Mallinnuksessa käytettiin Vestaksen tammikuussa 2019 päivittämiä äänitietoja.

Tässä selvityksessä on tarkistettu kolme eri hankevaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä varten:

- VE1: 20 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.
- VE2: 22 voimalaa. Roottorihalkaisija 180 m ja napakorkeus 185 m. Kokonaiskorkeus on 275 m.
- VE3: 19 voimalaa. Roottorihalkaisija 180 m ja napakorkeus 185 m. Kokonaiskorkeus on 275 m.

Meluselvitys on tehty ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) WindPRO Ver3.2 ohjelmiston melulaskentatyökalulla. Pienitaajuinen melu on laskettu käyttäen R-ohjelmistoa ja työ on tehty ympäristöministeriön helmikuussa 2014 julkaisemia ohjeita noudattaen.

2 Melu

2.1 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 häiritsevänä. 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 alle.

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.

2.2 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 puhalttaa voimalan suunnasta. Lämpötila ja ilmankosteus vaikuttavat melun voimakkuuteen. Oleellimmat 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)	

3 Melun ohjearvot

3.1 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 klo 7–22	ulkomelutaso L_{Aeq} yöllä klo 22–7
pysyvä asutus	45 dB	40 dB
loma-asutus	45 dB	40 dB
hoitolaitokset	45 dB	40 dB
oppilaitokset	45 dB	-
virkistysalueet	45 dB	-
leirintäalueet	45 dB	40 dB
kansallispuistot	45 dB	40 dB

3.2 Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat

Sosiaali- ja terveysministeriön vuoden 2015 Asumisterveysasetuksessa määrittelemät yöaikaisen pieni- eli matalataajuisen sisämelun toimenpiderajat on esitetty alla. Asetus sisältää toimenpiderajat, jotka on annettu taajuuspainottamattomina tunnin keskiäänitasoina $L_{eq,1h}$.

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 22–7) yhden tunnin keskiäänitaso $L_{Aeq,1h}$ 25 dB. Lisäksi on huomioitava melun erityisominaisuudet eli mahdolliset kapeakaistaisuus- ja impulssimaisuuskorjaukset.

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 äänieristuksen 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 on mainittu, että asuinhuoneen ulkovaipan äänieristys tulee olla aina vähintään 30 dB. Tämä tarkoittaisi, että sisämelutaso olisi noin 10 dB(A) tai vähemmän, jos melutaso ulkona on 40 dB(A).

4 Lähtötiedot ja menetelmät

4.1 Lähtötiedot

Tuulivoimaloiden aiheuttamat meluvaikutukset on mallinnettu soveltaen ISO 9613-2 standardia. Lähtötietoina on käytetty alla olevissa taulukoissa olevia arvoja.

Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimalavalmistajan ilmoittamia, ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti määriteltäviä, melupäästön takuuarvoja. Tämän takuuarvon tuulivoimalavalmistaja on arvioinut mittausten, roottorikoon ja tuulivoimalan toimintaperiaatteiden perusteella.

Äänitehotasot ilmoitetaan joko kokonaisäänitehotasona tai 1/3 oktaavikaistoittain riippuen valmistajasta ja käytettävästä voimalasta. Juthskogenin tapauksessa äänitehotasot on ilmoitettu 1/3 oktaavikaistoittain.

Mallinnuksessa käytetty voimalatyyppe on mainittu alla.

Taulukko 4. Hankkeiden voimalatiedot

Hankealue	Voimalat	Voimalan tornin korkeus (m)	Voimalan äänitehotaso (L_{wa})	1/3 oktaavikaistoittainen äänispektri
Juthskogen	V162 5.6MW	194/219	106,8	Käytössä
Långmossa	N149 4.5MW	155	108,1	Käytössä
Ribäcken	N149 4.5MW	125	108,1	Käytössä
Takanebacken	V150 4.2MW	155	104,9	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 ja on päivitetty kunnallisen viranomaisten tietojen mukaisesti.

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. Alueelta valittiin 16 havainnointipistettä, joiden kohdalta voimaloiden aiheuttamat äänenvoimakkuudet ilmoitetaan.

4.2 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.

Melumallinnusta 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 ylitä 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.

Amplitudimodulaatio on paikallisista olosuhteista ja voimalatyypistä riippuva ilmiö. Ilmiötä ei pysty mallintamaan etukäteen, vaan se pystytään varmistamaan ainoastaan käytönaikaisilla melumittauksilla. 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. 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.

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

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)

5 Arvioidut meluvaikutukset

5.1 Nykytilanne

Juthskogenin tuulivoimapuiston alue on pääasiassa metsätalousaluetta ja sen äänimaisema on tällaiselle alueelle tyypillistä.

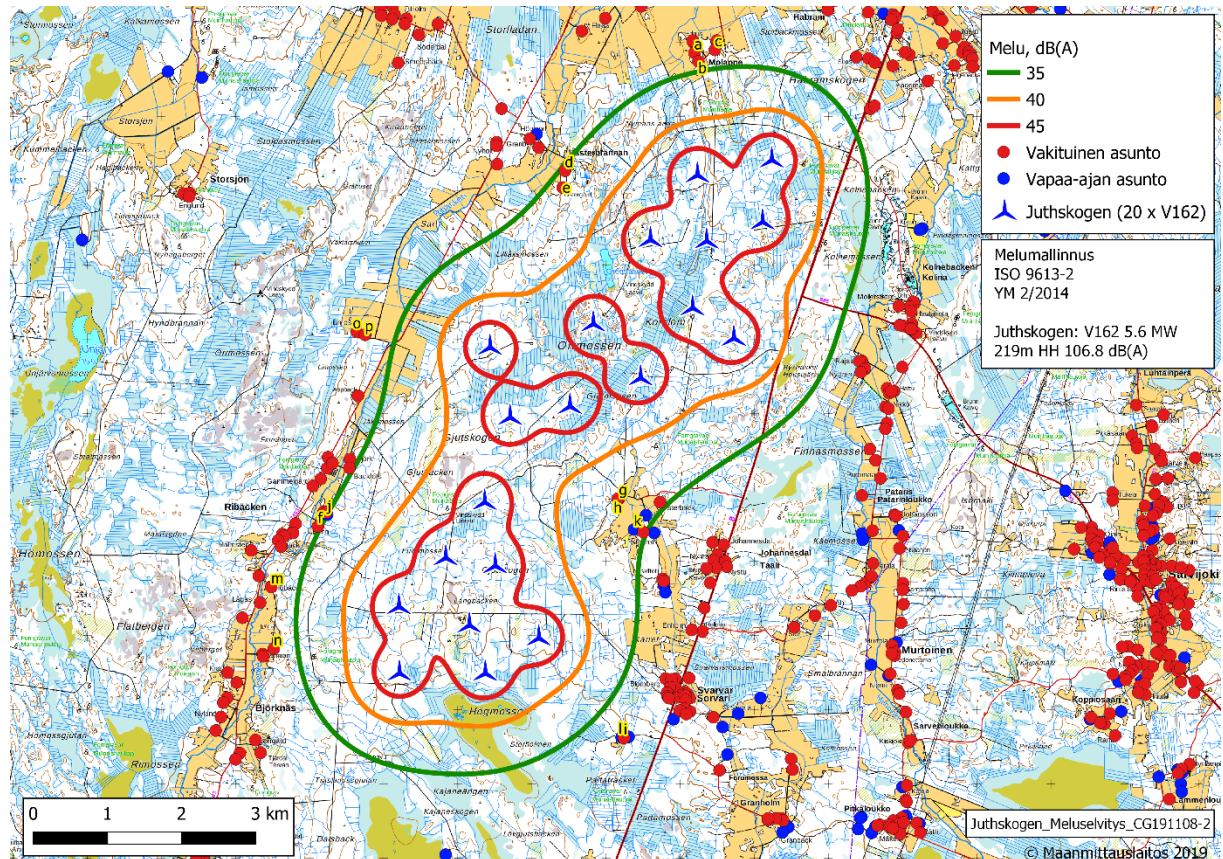
5.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

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 meluvai-
kutuksetkin voidaan katsoa lyhytkestoisiksi.

5.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE1

Melumallinnuksessa Juthskogenin tuulivoimaloille käytettiin V162 5.6 MW -tuulivoimalan ääni-
tietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,8 dB(A) ja napakorkeus 219 metriä. Melumallin-
nuksessa on käytetty 20 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liit-
teestä 3.



Kuva 1. Juthskogenin tuulivoimapuiston melumallinnus, V162 5.6MW 106,8 dB(A). Kuvassa 16 havainnointipistettä on merkitty kirjaimilla.

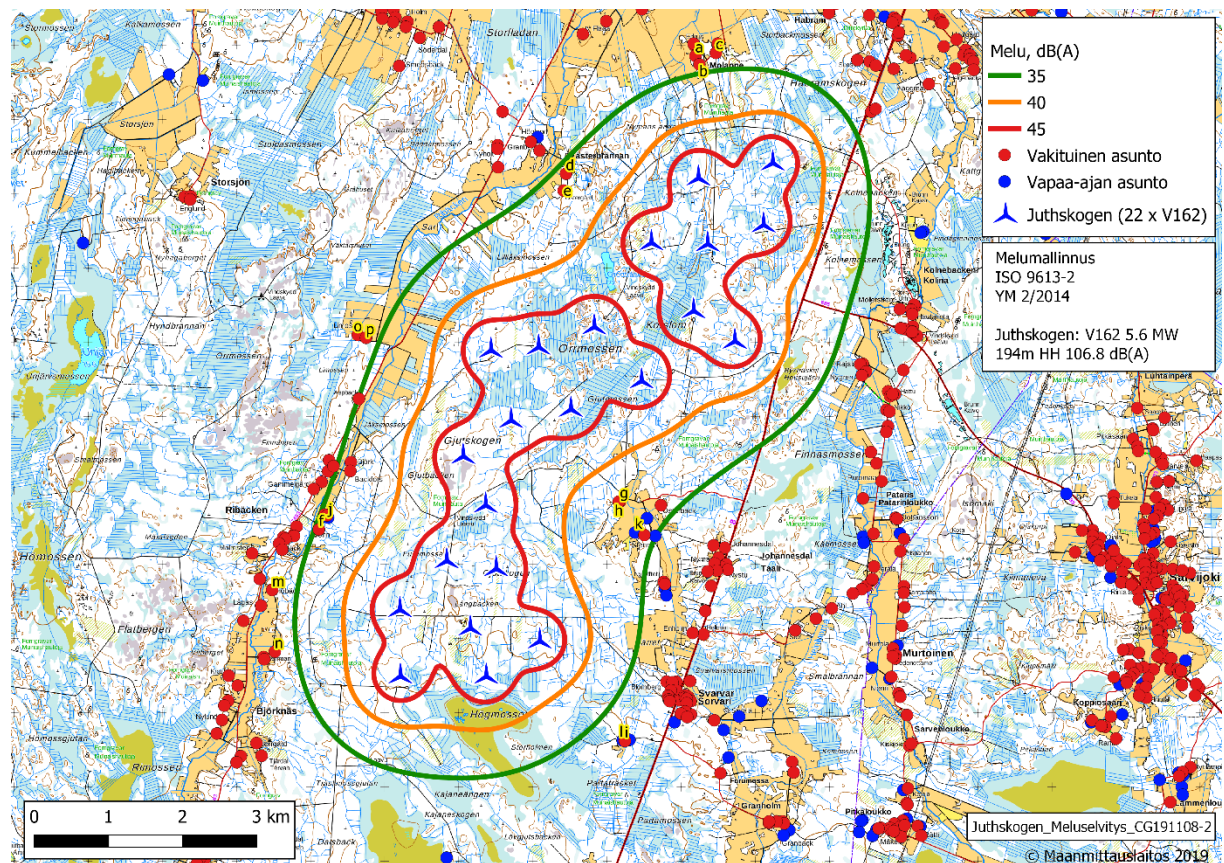
Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dBA. Alueen läheisyydestä on valittu 16 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Juthskogenin tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat melko vähäiset.

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

5.4 Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE2

Melumallinnuksessa Juthskogenin tuulivoimaloille käytettiin V162 5.6 MW -tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,8 dB(A) ja napakorkeus 194 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 22 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 3.



Kuva 2. Juthskogenin tuulivoimapuiston melumallinnus, V162 5.6MW 106,8 dB(A). Kuvassa 16 havainnointipistettä on merkitty kirjaimilla.

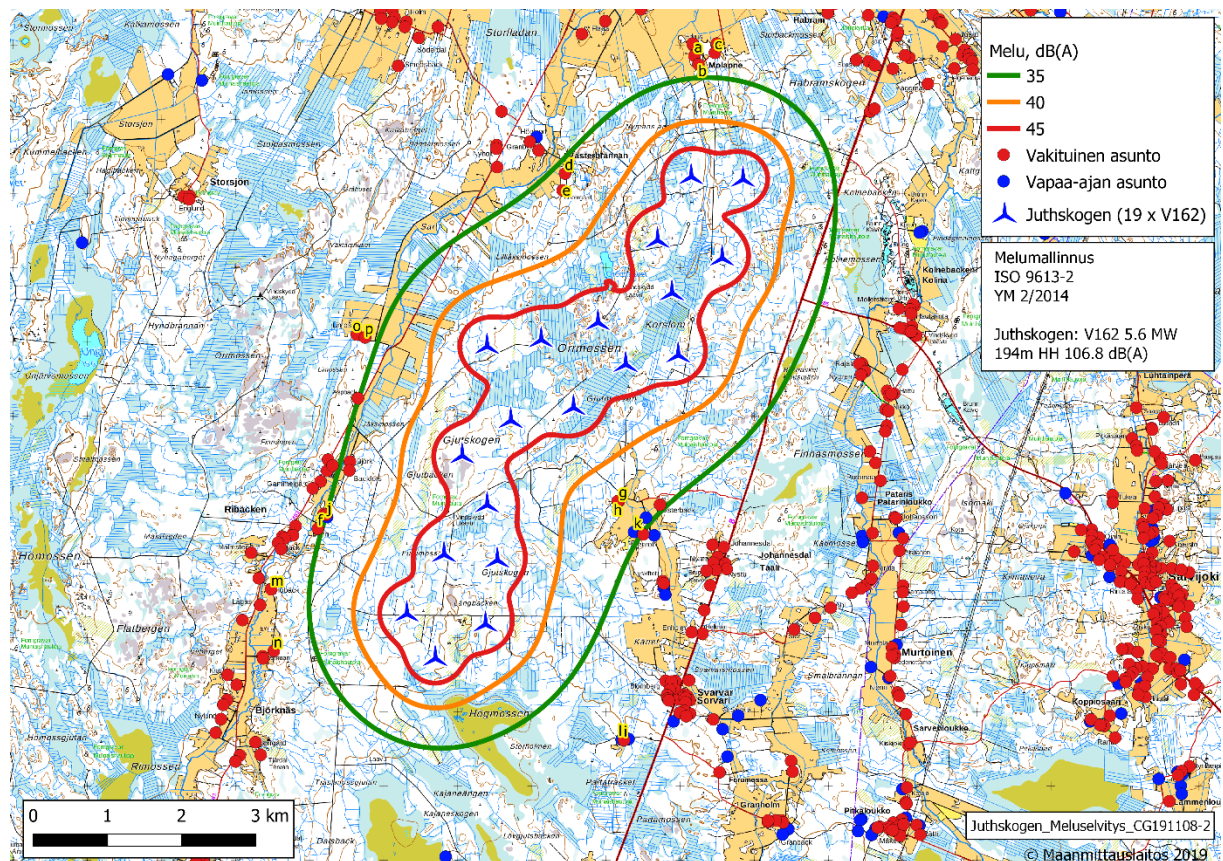
Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dBA. Alueen läheisyydestä on valittu 16 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Juthskogenin tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat melko vähäiset.

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

5.5 Toiminnan aikaiset vaikutukset, VE3

Melumallinnuksessa Juthskogenin tuulivoimaloille käytettiin V162 5.6 MW -tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,8 dB(A) ja napakorkeus 194 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 19 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 3.



Kuva 3. Juthskogenin tuulivoimapuiston melumallinnus, V162 5.6MW 106,8 dB(A). Kuvassa 16 havainnointipistettä on merkitty kirjaimilla.

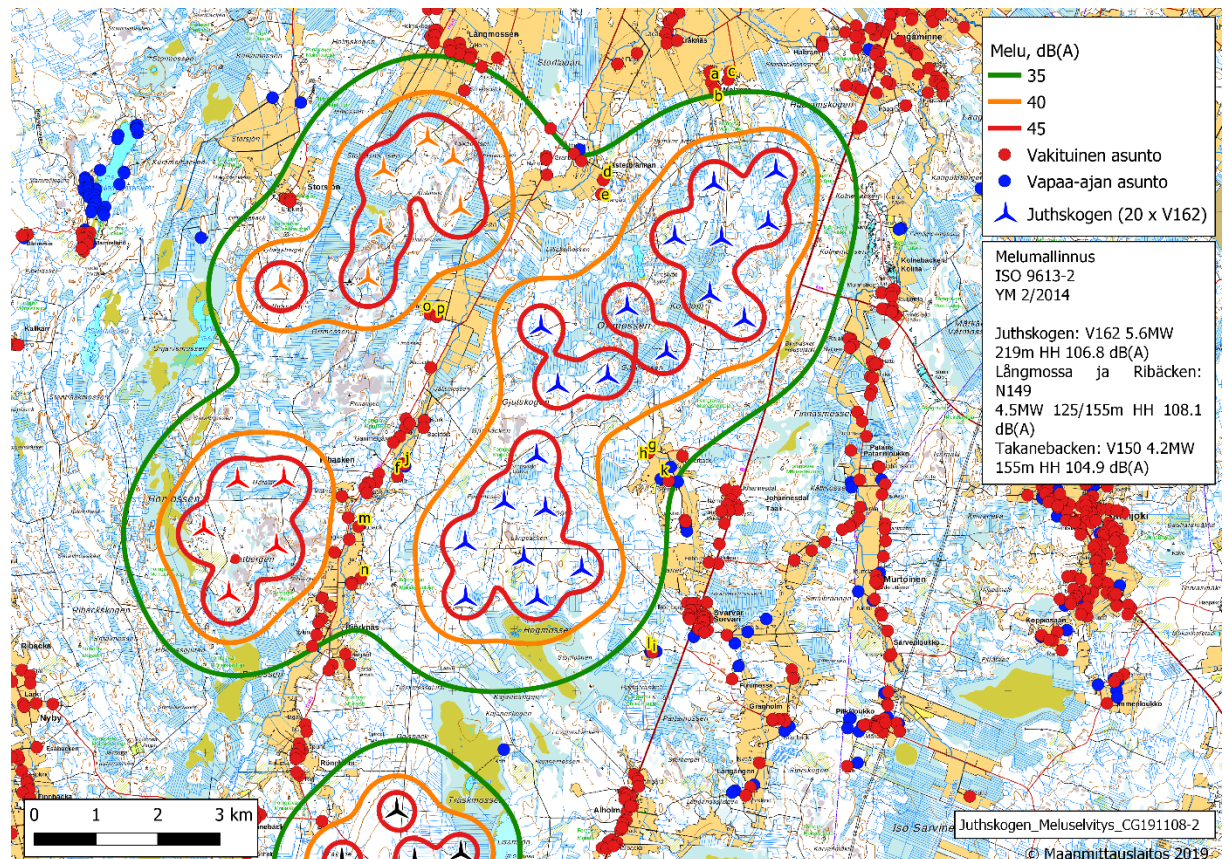
Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dBA. Alueen läheisyydestä on valittu 16 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Juthskogenin tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat melko vähäiset.

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

5.6 Vaihtoehdon VE1 meluvaikutukset lähialueen tuulivoimapaistot huomioiden

Melumallinnuksessa Juthskogenin tuulivoimaloille käytettiin V162 5.6 MW -tuulivoimalan ääni-tietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,8 dB(A) ja napakorkeus 219 metriä. Melumallin-nuksessa on käytetty 20 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liit-teestä 3.



Kuva 4. Juthskogenin tuulivoimapaiston melumallinnus, V162 5.6MW 106,8 dB(A). Kuvassa 16 havainnointipistettä on merkitty kirjaimilla.

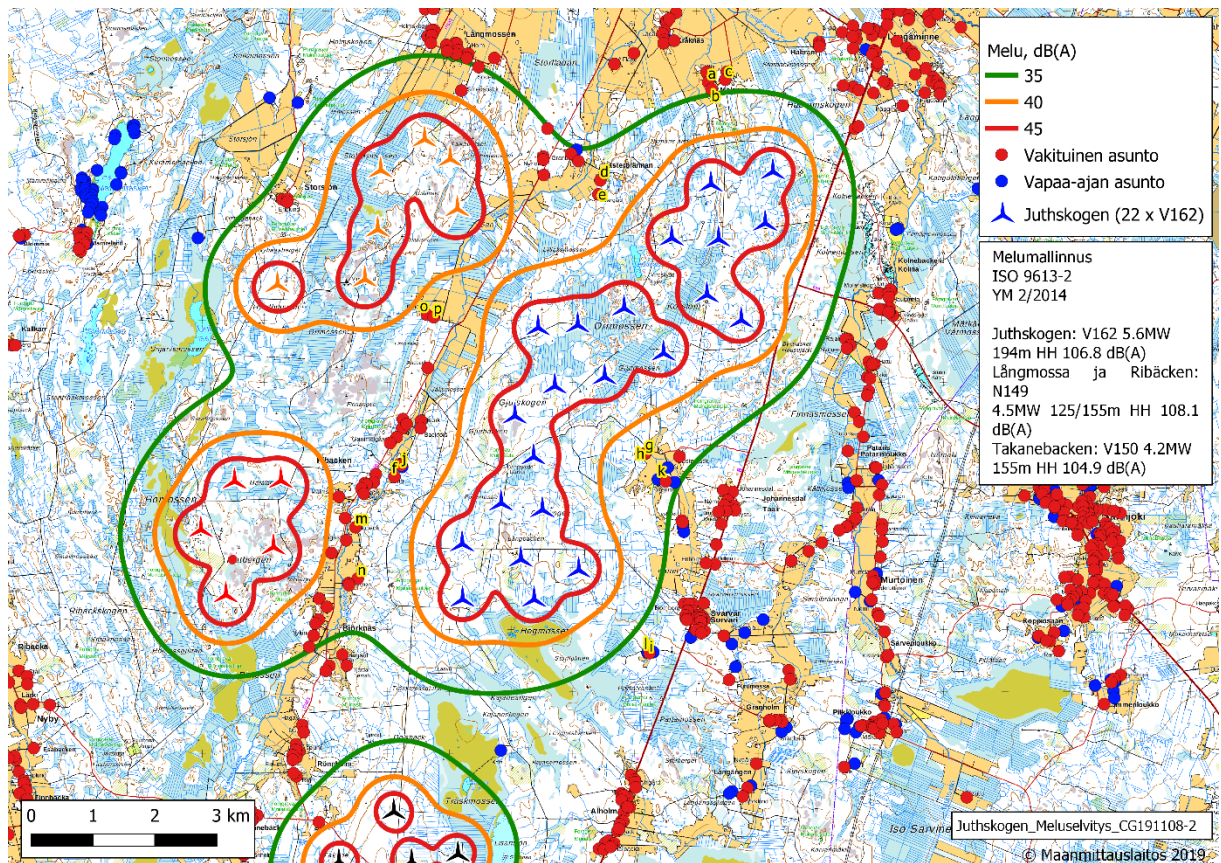
Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dBA. Alueen läheisyydestä on valittu 16 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Juthskogenin tuulivoimaloiden meluvaikutukset ovat melko vähäiset. Korkein melutaso, 38,3 dB(A), on odotettavissa vakituisen asunnon ”o” alueella. Melutaso tämän asunnon alueella syntyy kuitenkin ensisijaisesti Långmossan tuulivoimaloista.

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

5.7 Vaihtoehdon VE2 meluvaikutukset lähialueen tuulivoimapuistot huomioiden

Melumallinnuksessa Juthskogenin tuulivoimaloille käytettiin V162 5.6 MW -tuulivoimalan ääni-tietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,8 dB(A) ja napakorkeus 194 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 22 voimalan sijoitus suunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 3.



Kuva 5. Juthskogenin tuulivoimapuiston melumallinnus, V162 5.6MW 106,8 dB(A). Kuvassa 16 havainnointipistettä on merkitty kirjaimilla.

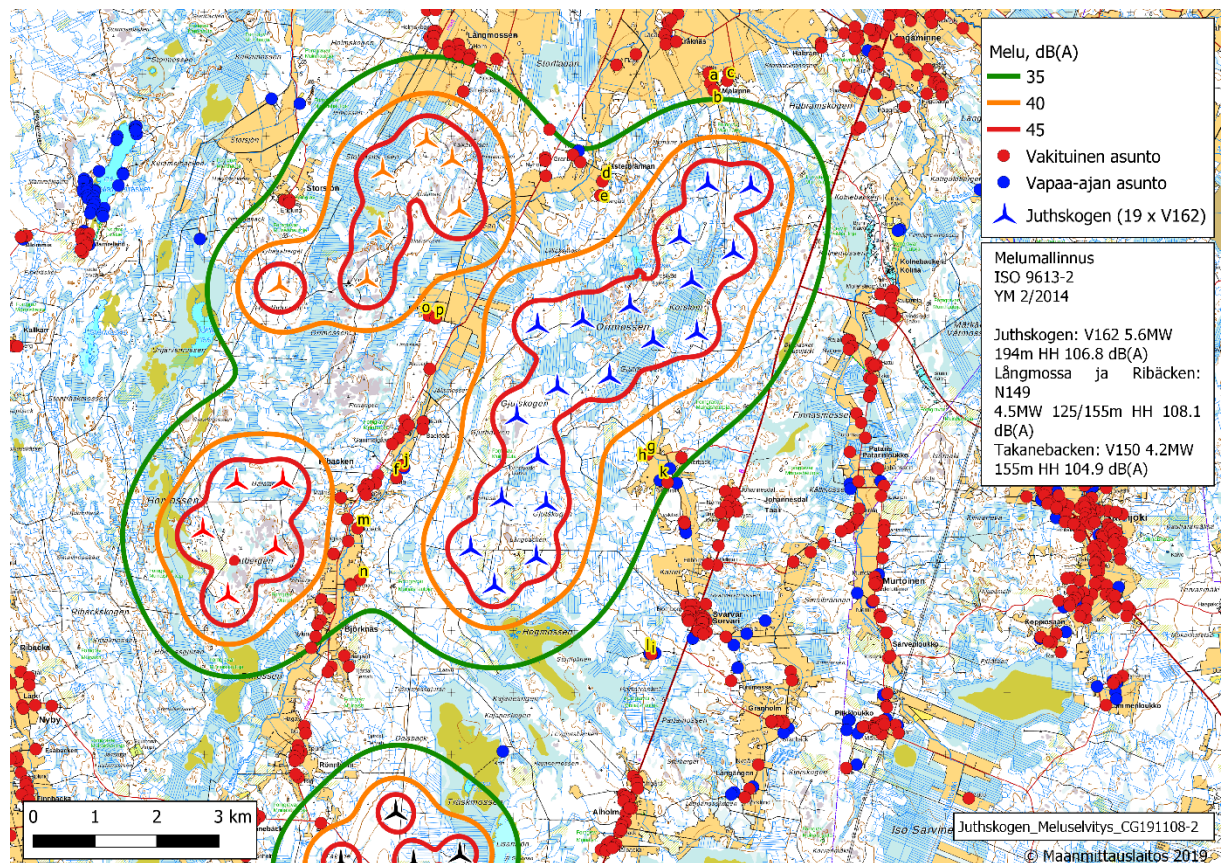
Melumallinnuksen mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dBA. Alueen läheisyydestä on valittu 16 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että vaihtoehdossa VE2 Juthskogenin tuulivoimaloiden aiheuttama ulkomelu on lähialueen rakennusten alueilla melko vähäistä. Korkein melutaso, 38.6 dB(A), on odotettavissa vakituisen havaintopisteen "o" alueella. Melutaso tämän asunnon alueella syntyy kuitenkin ensisijaisesti Långmossan tuulivoimaloista.

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

5.8 Vaihtoehdon VE3 meluvaikutukset lähialueen tuulivoimapuistot huomioiden

Melumallinnuksessa Juthskogenin tuulivoimaloille käytettiin V162 5.6 MW -tuulivoimalan äänitietoja. Tuulivoimalan kokonaisäänitaso on 106,8 dB(A) ja napakorkeus 194 metriä. Melumallinnuksessa on käytetty 19 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Voimaloiden koordinaatit löytyvät liitteestä 3.



Kuva 6. Juthskogenin tuulivoimapuiston melumallinnus, V162 5.6MW 106,8 dB(A). Kuvassa 16 havainnointipistettä on merkitty kirjaimilla.

Melumallinnuksien mukaan alueella olevien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen kohdalla ei ylitetä valtioneuvoston asetuksen ohjearvoa 40 dBA. Alueen läheisyydestä on valittu 16 havainnointipistettä, joiden melutasot on lueteltu liitteessä 1.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että vaihtoehdossa VE2 Juthskogenin tuulivoimaloiden aiheuttama ulkomelu on lähialueen rakennusten alueilla melko vähäistä. Korkein melutaso, 38.6

dB(A), on odotettavissa vakituisen havaintopisteen "o" alueella. Melutaso tämän asunnon alueella syntyy kuitenkin ensisijaisesti Långmossan tuulivoimaloista.

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

5.9 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 asunnoissa toimenpiderajat alittuvat, koska pienitaajuinen melu vähenee etäisyyden kasvaessa. Laskennan tulokset löytyvät liitteestä 2.

Laskennassa on käytetty laskentastandardissa todettuja äänieristysominaisuuksia, joten todellinen pienitaajuinen melu voi poiketa lasketusta arvosta (DSO laskentamenetelmässä käytetään ainoastaan talojen keskimääristä 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 Juthskogenin tuulivoimaloiden pienitaajuisen melun vaikutukset ovat vähäiset.

5.10 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.

5.11 Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät

Melumallinnuksessa 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.

6 Haittojen ehkäiseminen ja seuranta

Rakennusaikana meluhaittoja voidaan vähentää käyttämällä vähemmän melua aiheuttavia työ-koneita 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. Merkittävämpi vaimennus saadaan aikaan kuitenkin 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 ylity 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.

7 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 (2018) 01-Noise-CGYK141220-1-Rev4. Internal work description.

Maanmittauslaitos (2019). Maanmittauslaitoksen avoimen tietoaaineiston CC 4.0 -lisenssi. <http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>

Nordex (2018). Third octave sound power levels Nordex N149/4.0-4.5. F008_270_A17_EN.

Sosiaali- ja Terveysministeriö (2015). Asumisterveysasetus. Helsinki. <http://www.stm.fi/tiedotteet/tiedote/-/view/1907834>

Suomen ympäristökeskus (2019). OIVA – Ympäristö- ja paikkatietopalvelu asiantuntijoille. http://paikkatieto.ymparisto.fi/lapio/lapio_flex.html#

Valtioneuvosto (2015). Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151107>

Vestas (2018). V150-4.0/4.2MW Third octave noise emission. DMS 0067-4767 V05.

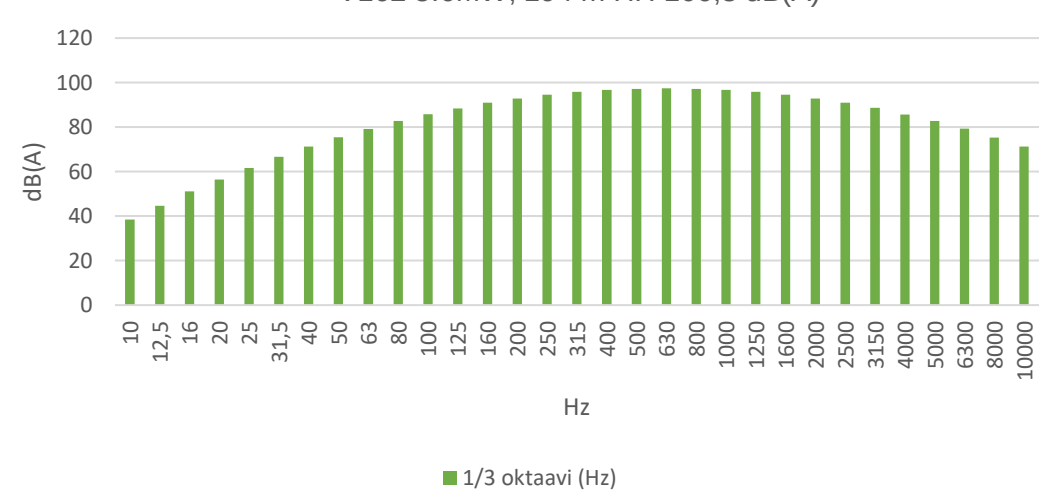
Vestas (2019). V162-5.6MW Third octave noise emission. DMS no.: 0079-5298_01.

Ympäristöministeriö (2014). Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Helsinki. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH_2_2014.pdf?sequence=1

Ympäristöministeriö (2016). Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79057>

Ympäristöministeriö (2018). Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. <https://www.ym.fi/download/noname/%7B2852D34E-DA43-4DCA-9CEE-47DBB9EFCB08%7D/138568>

8 Mallinnustietojen raportti

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT						*tarkentavat tiedot voi esittää kartalla tai muissa liitteissä					
Mallinnusraportin numero/tunniste:						Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 3.12.2019					
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: Etha Wind Oy, Kirkkopuistikko 4, 65100 Vaasa, puh. 044-3809237											
Vastuuhenkilöt: Christian Granlund											
Laatija: Christian Granlund						Tarkastaja/hyväksyjä: Toni Lustila					
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT											
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO Ver3.3						Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2					
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)											
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas						Tyyppi: V162-5.6 MW				Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 5.6 MW		Napakorkeus: 194/219 m		Roottorin halkaisija: 162 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 tiedossa					dB			
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT											
Melupäästötiedot											
V162 5.6 MW 194 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 106,8 dB(A))											
V162 5.6 MW 219 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 106,8 dB(A))											
V150 4.2 MW 155 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 104,9 dB(A))											
N149 4.5 MW 155/125 m HH (Tuulivoimalavalmistajan ilmoittama takuuarvo: 108,1 dB(A))											
V162 5.6MW, 194 m HH 106,8 dB(A)  ■ 1/3 oktaavi (Hz)											



Melun erityispiirteiden mittaust ja havainnot:								
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: 2 m		Pystyresoluutio: 1 m		
Maan- ja vedenpinnan absorption 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: 0 kpl		Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl				Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl		
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille								
Virkistysalueet: 0 kpl				Luonnonsuojelualueet: 0 kpl				

Liite 1: Melumallinnuksen tulokset: Juthskogen

Taulukko 6. Juthskogenin mallinnuksen meluarvot valituissa kohteissa

Havainnointipiste	Luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo (dBA)	VE1 Melu [dBA]	VE2 Melu [dBA]	VE3 Melu [dBA]	Ohjearvojen ylitys
a	Vakituinen asunto	229192	6983853	40	33.4	33.5	33.1	Ei
b	Vakituinen asunto	229246	6983740	40	34.1	34.2	33.8	Ei
c	Vakituinen asunto	229468	6983894	40	33.4	33.5	32.8	Ei
d	Vakituinen asunto	227447	6982265	40	35.3	35.7	35.8	Ei
e	Vakituinen asunto	227414	6982039	40	35.9	36.4	36.4	Ei
f	Vakituinen asunto	224113	6977471	40	34.8	35.3	34.7	Ei
g	Vakituinen asunto	228176	6977848	40	37.0	37.5	37.2	Ei
h	Vakituinen asunto	228159	6977846	40	37.1	37.5	37.3	Ei
i	Vakituinen asunto	228242	6974621	40	32.3	32.4	29.6	Ei
j	Vapaa-ajan asunto	224238	6977631	40	35.0	35.6	35.1	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	228378	6977429	40	35.6	36.0	35.4	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	228210	6974627	40	32.4	32.5	29.7	Ei
m	Vakituinen asunto	223484	6976655	40	32.8	33.1	32.1	Ei
n	Vakituinen asunto	223520	6975823	40	33.1	33.2	31.7	Ei
o	Vakituinen asunto	224638	6980093	40	32.2	33.5	33.4	Ei

Taulukko 7. Juthskogenin mallinnuksen meluarvot, lähialueen tulovoimapaistot huomioiden

Havainnointipiste	Luokka	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Ohjearvo (dBA)	VE1 Melu [dBA]	VE2 Melu [dBA]	VE3 Melu [dBA]	Ohjearvojen ylitys
a	Vakituinen asunto	229192	6983853	40	33.8	33.9	33.4	Ei
b	Vakituinen asunto	229246	6983740	40	34.4	34.5	34.1	Ei
c	Vakituinen asunto	229468	6983894	40	33.7	33.8	33.2	Ei
d	Vakituinen asunto	227447	6982265	40	36.4	36.6	36.7	Ei
e	Vakituinen asunto	227414	6982039	40	36.9	37.2	37.3	Ei
f	Vakituinen asunto	224113	6977471	40	36.7	37.0	36.7	Ei
g	Vakituinen asunto	228176	6977848	40	37.2	37.6	37.4	Ei
h	Vakituinen asunto	228159	6977846	40	37.3	37.7	37.4	Ei
i	Vakituinen asunto	228242	6974621	40	32.7	32.8	30.3	Ei
j	Vapaa-ajan asunto	224238	6977631	40	36.7	37.1	36.7	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	228378	6977429	40	35.8	36.2	35.6	Ei
l	Vapaa-ajan asunto	228210	6974627	40	32.8	33.0	30.4	Ei
m	Vakituinen asunto	223484	6976655	40	37.6	37.7	37.4	Ei
n	Vakituinen asunto	223520	6975823	40	36.8	36.9	36.3	Ei
o	Vakituinen asunto	224638	6980093	40	38.3	38.6	38.6	Ei

Liite 2: Pienitaajuisten melun laskenta, VE1

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.

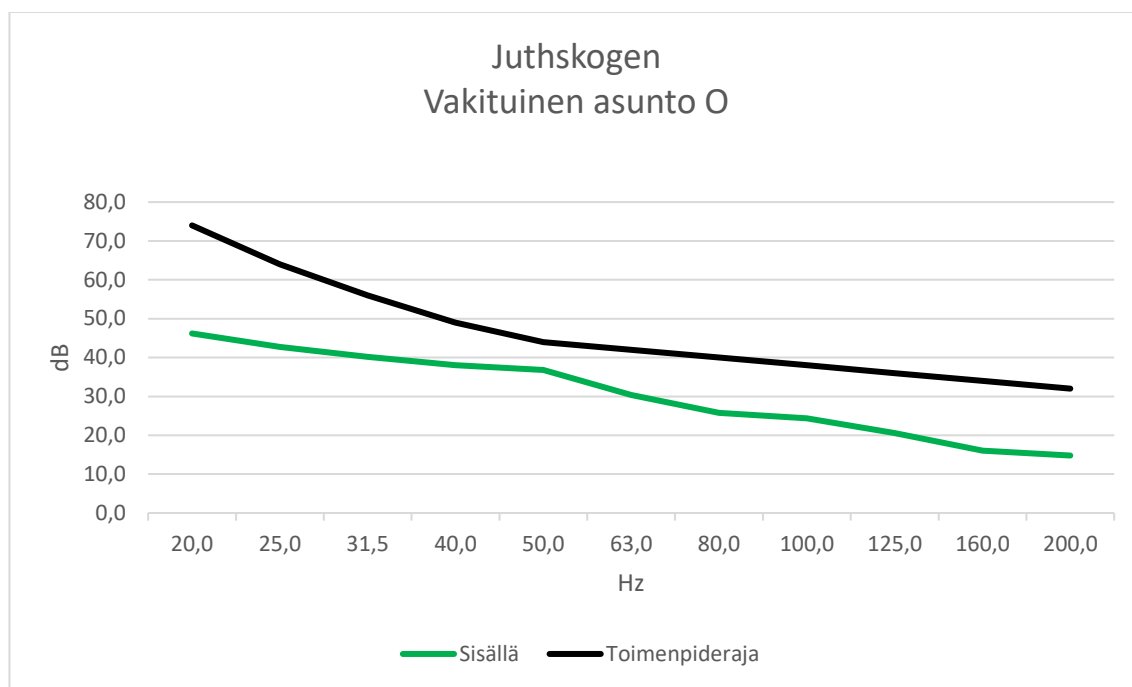
Pienitaajuinen melu on laskettu Juthskogenin hankevaihdon VE2 (20 voimalaa). Lähialueen tuulivoimapaistot Långmossa, Ribäcken ja Takanebacken on myös otettu laskennassa huomioon.

Taulukko 8. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella

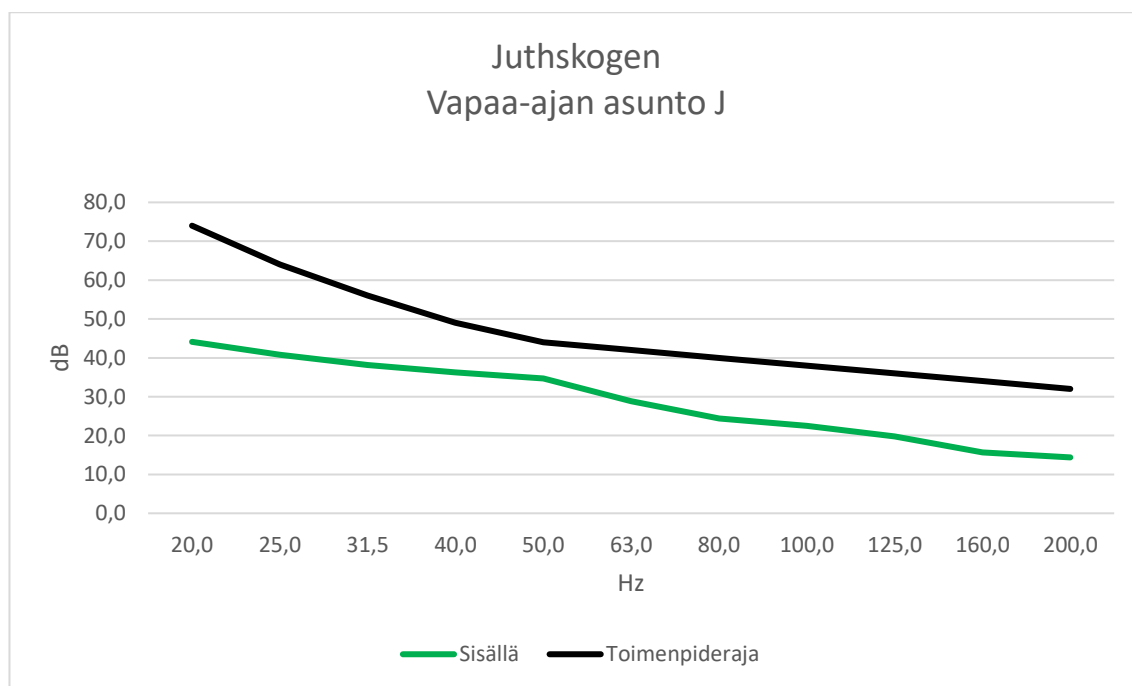
Taa-juus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
20	46.6	46.8	46.4	49.6	49.8	50.9	48.8	48.8	46.5	50.7	48.1	46.5	52.1	51.3	52.8	52.5
25	45.4	45.6	45.2	48.2	48.4	49.3	47.7	47.7	45.2	49.2	46.9	45.3	50.4	49.7	51.1	50.8
31,5	45.0	45.2	44.8	47.9	48.2	49.1	47.2	47.2	44.7	49.0	46.5	44.8	50.3	49.5	51.0	50.7
40	43.9	44.2	43.8	46.7	47.0	47.7	46.3	46.4	43.7	47.6	45.6	43.7	48.7	48.0	49.4	49.2
50	43.8	44.0	43.6	46.7	47.0	47.9	46.0	46.0	43.3	47.7	45.3	43.4	49.0	48.2	49.8	49.5
63	42.1	42.4	42.0	44.7	45.0	45.6	44.7	44.7	41.8	45.5	43.9	41.9	46.4	45.7	47.0	46.7
80	40.9	41.2	40.7	43.4	43.7	44.1	43.6	43.6	40.5	44.1	42.7	40.6	44.8	44.2	45.4	45.2
100	40.0	40.3	39.8	42.8	43.1	43.8	42.5	42.6	39.4	43.7	41.7	39.5	44.8	44.0	45.6	45.3
125	37.3	37.7	37.2	39.6	40.0	40.0	40.3	40.3	36.8	40.0	39.3	36.9	40.3	39.8	40.8	40.6
160	34.3	34.7	34.2	36.5	37.0	36.8	37.4	37.5	33.7	36.8	36.4	33.8	36.9	36.4	37.3	37.2
200	33.0	33.5	33.0	35.3	35.8	35.6	36.3	36.3	32.4	35.6	35.2	32.5	35.6	35.1	36.0	35.9

Taulukko 9. Pienitaajuinen melu sisätiloissa

Taa-juus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
20	40.0	40.2	39.8	43.0	43.2	44.3	42.2	42.2	39.9	44.1	41.5	39.9	45.5	44.7	46.2	45.9
25	37.0	37.2	36.8	39.8	40.0	40.9	39.3	39.3	36.8	40.8	38.5	36.9	42.0	41.3	42.7	42.4
31,5	34.2	34.4	34.0	37.1	37.4	38.3	36.4	36.4	33.9	38.2	35.7	34.0	39.5	38.7	40.2	39.9
40	32.5	32.8	32.4	35.3	35.6	36.3	34.9	35.0	32.3	36.2	34.2	32.3	37.3	36.6	38.0	37.8
50	30.8	31.0	30.6	33.7	34.0	34.9	33.0	33.0	30.3	34.7	32.3	30.4	36.0	35.2	36.8	36.5
63	25.5	25.8	25.4	28.1	28.4	29.0	28.1	28.1	25.2	28.9	27.3	25.3	29.8	29.1	30.4	30.1
80	21.2	21.5	21.0	23.7	24.0	24.4	23.9	23.9	20.8	24.4	23.0	20.9	25.1	24.5	25.7	25.5
100	18.8	19.1	18.6	21.6	21.9	22.6	21.3	21.4	18.2	22.5	20.5	18.3	23.6	22.8	24.4	24.1
125	17.1	17.5	17.0	19.4	19.8	19.8	20.1	20.1	16.6	19.8	19.1	16.7	20.1	19.6	20.6	20.4
160	13.1	13.5	13.0	15.3	15.8	15.6	16.2	16.3	12.5	15.6	15.2	12.6	15.7	15.2	16.1	16.0
200	11.8	12.3	11.8	14.1	14.6	14.4	15.1	15.1	11.2	14.4	14.0	11.3	14.4	13.9	14.8	14.7



Kuva 4. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosi-
aali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa o.



Kuva 5. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosi-
aali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa j.

Liite 2: Pienitaajuinen melun laskenta, VE2

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.

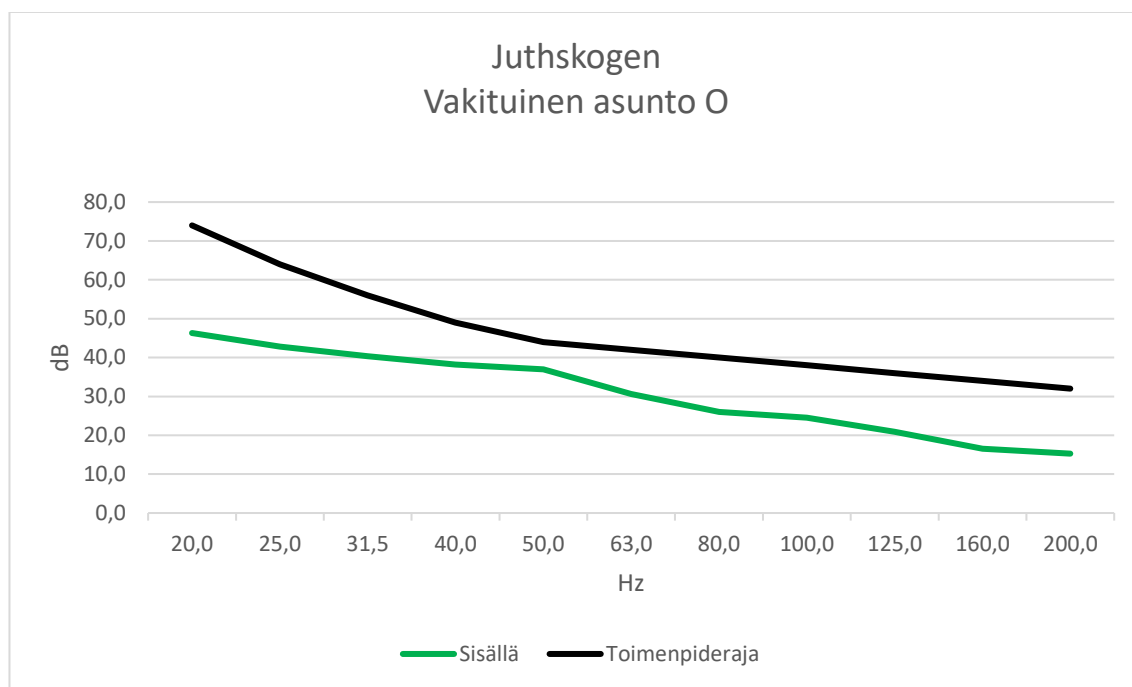
Pienitaajuinen melu on laskettu Juthskogenin vaihtoehdolle VE2, jossa on 22 tuulivoimalaa. Lähialueen tuulivoimapuistot Långmossa, Ribäcken ja Takanebacken on otettu laskennassa huomioon.

Taulukko 10. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella

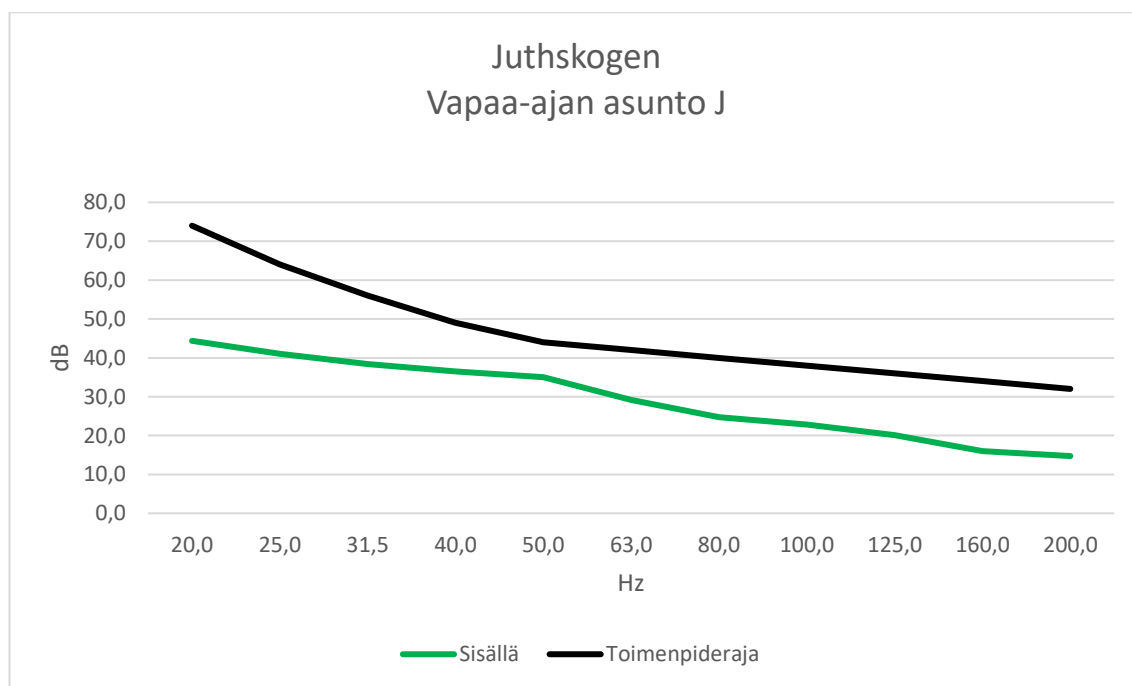
Taa-juus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
20	46.7	46.9	46.5	49.7	50.0	51.0	49.0	49.0	46.6	50.9	48.3	46.6	52.1	51.4	52.9	52.6
25	45.4	45.7	45.2	48.3	48.6	49.5	47.9	47.9	45.3	49.4	47.2	45.3	50.5	49.8	51.2	51.0
31,5	45.0	45.3	44.9	48.1	48.3	49.2	47.5	47.5	44.8	49.1	46.7	44.8	50.3	49.5	51.1	50.8
40	44.0	44.3	43.8	46.9	47.2	47.9	46.6	46.6	43.7	47.8	45.8	43.8	48.8	48.1	49.6	49.3
50	43.9	44.1	43.7	46.9	47.2	48.0	46.4	46.4	43.4	47.9	45.6	43.5	49.1	48.3	49.9	49.7
63	42.2	42.5	42.0	44.9	45.2	45.7	45.0	45.1	41.9	45.7	44.2	42.0	46.4	45.8	47.2	47.0
80	41.0	41.3	40.9	43.7	44.0	44.4	44.0	44.0	40.7	44.4	43.1	40.7	44.9	44.3	45.7	45.5
100	40.1	40.4	39.9	43.1	43.4	44.0	42.9	43.0	39.6	43.9	42.0	39.6	44.9	44.1	45.7	45.5
125	37.3	37.7	37.2	39.9	40.3	40.3	40.6	40.7	36.9	40.3	39.6	37.0	40.4	39.9	41.1	41.0
160	34.4	34.9	34.3	36.9	37.3	37.2	37.9	37.9	33.9	37.3	36.8	34.0	37.0	36.6	37.7	37.7
200	33.1	33.7	33.1	35.7	36.2	35.9	36.8	36.8	32.5	36.0	35.6	32.6	35.8	35.3	36.5	36.4

Taulukko 11. Pienitaajuinen melu sisätiloissa

Taa-juus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
20	40.1	40.3	39.9	43.1	43.4	44.4	42.4	42.4	40.0	44.3	41.7	40.0	45.5	44.8	46.3	46.0
25	37.0	37.3	36.8	39.9	40.2	41.1	39.5	39.5	36.9	41.0	38.8	36.9	42.1	41.4	42.8	42.6
31,5	34.2	34.5	34.1	37.3	37.5	38.4	36.7	36.7	34.0	38.3	35.9	34.0	39.5	38.7	40.3	40.0
40	32.6	32.9	32.4	35.5	35.8	36.5	35.2	35.2	32.3	36.4	34.4	32.4	37.4	36.7	38.2	37.9
50	30.9	31.1	30.7	33.9	34.2	35.0	33.4	33.4	30.4	34.9	32.6	30.5	36.1	35.3	36.9	36.7
63	25.6	25.9	25.4	28.3	28.6	29.1	28.4	28.5	25.3	29.1	27.6	25.4	29.8	29.2	30.6	30.4
80	21.3	21.6	21.2	24.0	24.3	24.7	24.3	24.3	21.0	24.7	23.4	21.0	25.2	24.6	26.0	25.8
100	18.9	19.2	18.7	21.9	22.2	22.8	21.7	21.8	18.4	22.7	20.8	18.4	23.7	22.9	24.5	24.3
125	17.1	17.5	17.0	19.7	20.1	20.1	20.4	20.5	16.7	20.1	19.4	16.8	20.2	19.7	20.9	20.8
160	13.2	13.7	13.1	15.7	16.1	16.0	16.7	16.7	12.7	16.1	15.6	12.8	15.8	15.4	16.5	16.5
200	11.9	12.5	11.9	14.5	15.0	14.7	15.6	15.6	11.3	14.8	14.4	11.4	14.6	14.1	15.3	15.2



Kuva 4. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosi-
aali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituksessa asunnossa o.



Kuva 5. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosi-
aali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa j.

Liite 2: Pienitaajuinen melun laskenta, VE3

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.

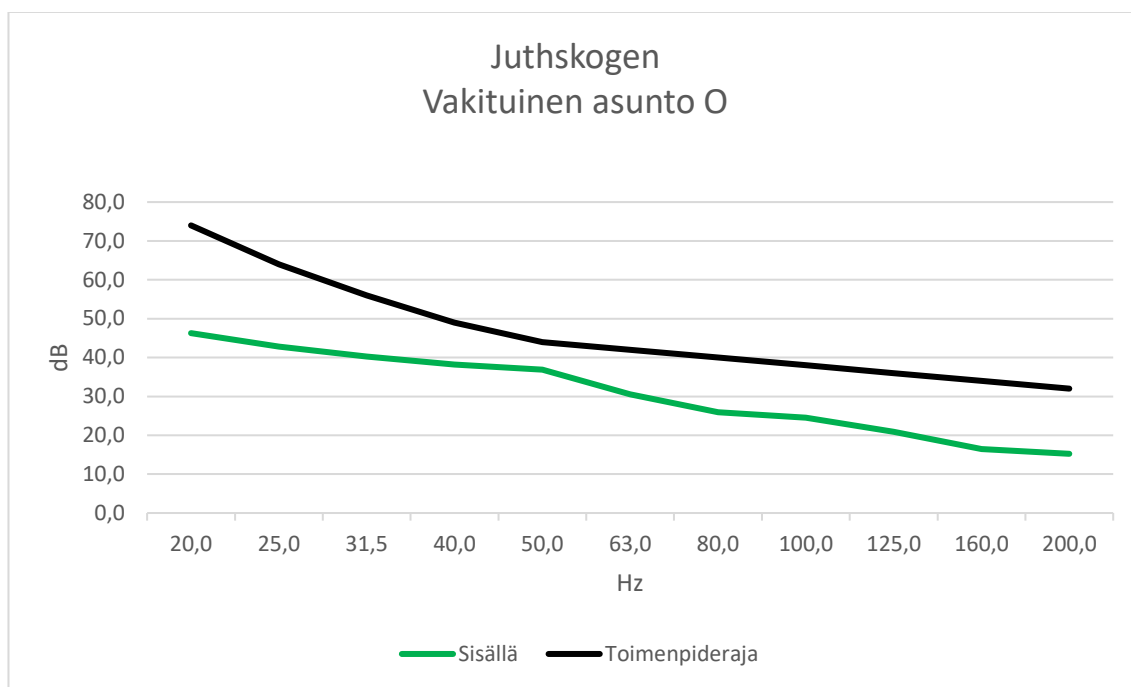
Pienitaajuinen melu on laskettu Juthskogenin vaihtoehdolle VE3, jossa on 19 tuulivoimalaa. Lähialueen tuulivoimapuistot Långmossa, Ribäcken ja Takanebacken on otettu laskennassa huomioon.

Taulukko 12. Pienitaajuinen melu rakennuksen ulkopuolella

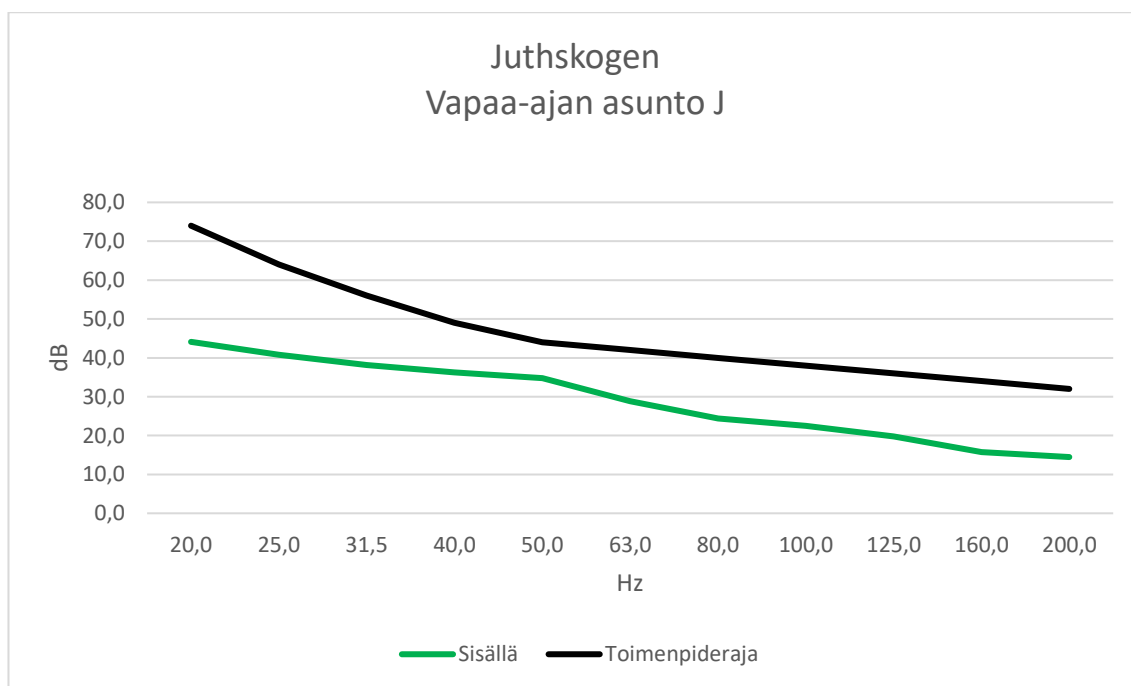
Taa-juus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
20	46.4	46.6	46.1	49.7	49.9	50.8	48.8	48.8	45.8	50.7	47.9	45.8	52.0	51.2	52.9	52.6
25	45.1	45.4	44.9	48.3	48.6	49.3	47.7	47.7	44.4	49.2	46.8	44.5	50.3	49.5	51.2	50.9
31,5	44.8	45.0	44.5	48.0	48.3	49.1	47.2	47.3	43.9	49.0	46.3	43.9	50.2	49.3	51.1	50.8
40	43.7	43.9	43.4	46.8	47.1	47.7	46.3	46.4	42.8	47.6	45.4	42.8	48.6	47.8	49.6	49.3
50	43.6	43.8	43.3	46.9	47.2	47.9	46.1	46.1	42.5	47.8	45.2	42.5	49.0	48.1	49.9	49.6
63	41.8	42.1	41.6	44.9	45.2	45.5	44.7	44.8	40.7	45.5	43.7	40.8	46.2	45.4	47.2	46.9
80	40.6	41.0	40.4	43.6	44.0	44.1	43.6	43.7	39.4	44.1	42.6	39.5	44.7	43.9	45.7	45.5
100	39.7	40.1	39.5	43.0	43.4	43.8	42.6	42.7	38.3	43.7	41.6	38.4	44.7	43.8	45.7	45.5
125	36.9	37.3	36.7	39.8	40.3	39.9	40.3	40.3	35.4	40.0	39.1	35.5	40.1	39.3	41.1	41.0
160	34.0	34.4	33.7	36.9	37.3	36.8	37.6	37.6	32.2	36.9	36.3	32.2	36.6	35.9	37.7	37.6
200	32.7	33.2	32.5	35.7	36.2	35.5	36.4	36.5	30.6	35.7	35.1	30.7	35.3	34.6	36.4	36.4

Taulukko 13. Pienitaajuinen melu sisätiloissa

Taa-juus (Hz)	Melutaso kohteissa (dB)															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
20	39.8	40.0	39.5	43.1	43.3	44.2	42.2	42.2	39.2	44.1	41.3	39.2	45.4	44.6	46.3	46.0
25	36.7	37.0	36.5	39.9	40.2	40.9	39.3	39.3	36.0	40.8	38.4	36.1	41.9	41.1	42.8	42.5
31,5	34.0	34.2	33.7	37.2	37.5	38.3	36.4	36.5	33.1	38.2	35.5	33.1	39.4	38.5	40.3	40.0
40	32.3	32.5	32.0	35.4	35.7	36.3	34.9	35.0	31.4	36.2	34.0	31.4	37.2	36.4	38.2	37.9
50	30.6	30.8	30.3	33.9	34.2	34.9	33.1	33.1	29.5	34.8	32.2	29.5	36.0	35.1	36.9	36.6
63	25.2	25.5	25.0	28.3	28.6	28.9	28.1	28.2	24.1	28.9	27.1	24.2	29.6	28.8	30.6	30.3
80	20.9	21.3	20.7	23.9	24.3	24.4	23.9	24.0	19.7	24.4	22.9	19.8	25.0	24.2	26.0	25.8
100	18.5	18.9	18.3	21.8	22.2	22.6	21.4	21.5	17.1	22.5	20.4	17.2	23.5	22.6	24.5	24.3
125	16.7	17.1	16.5	19.6	20.1	19.7	20.1	20.1	15.2	19.8	18.9	15.3	19.9	19.1	20.9	20.8
160	12.8	13.2	12.5	15.7	16.1	15.6	16.4	16.4	11.0	15.7	15.1	11.0	15.4	14.7	16.5	16.4
200	11.5	12.0	11.3	14.5	15.0	14.3	15.2	15.3	9.4	14.5	13.9	9.5	14.1	13.4	15.2	15.2



Kuva 4. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosi-
aali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vakituisesassa asunnossa o.



Kuva 5. Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen pienitaajuisen melun laskenta sekä sosi-
aali- ja terveysministeriön toimenpiderajat vapaa-ajan asunnossa j.

Liite 3: Sijoitussuunnitelma

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 14. Juthskogenin voimaloiden sijaintitiedot, VE1

Voimala	Itäinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)
1	230225	6982426
2	229222	6982223
3	228587	6981351
4	229346	6981334
5	230100	6981592
6	229157	6980433
7	227817	6980217
8	226424	6979902
9	229713	6980024
10	228455	6979489
11	227502	6979106
12	226695	6978957
13	226352	6977813
14	225826	6977065
15	226494	6976957
16	225195	6976406
17	226145	6976156
18	227082	6975983
19	225202	6975510
20	226360	6975508

Taulukko 15. Juthskogenin voimaloiden sijaintitiedot, VE2

Voimala	Itäinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)
1	230225	6982426
2	229222	6982223
3	228587	6981351
4	229346	6981334
5	230100	6981592
6	229157	6980433
7	227817	6980217
8	226424	6979902
9	229713	6980024
10	228455	6979489
11	227502	6979106
12	226695	6978957
13	226352	6977813
14	225826	6977065
15	226494	6976957
16	225195	6976406
17	226145	6976156
18	227082	6975983
19	225202	6975510
20	226360	6975508
21	227066	6979944
22	226049	6978473

Taulukko 16. Juthskogenin voimaloiden sijaintitiedot, VE3

Voimala	Itäinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)
1	229137	6982239
2	229836	6982203
3	228683	6981381
4	229555	6981140
5	228878	6980670
6	227880	6980272
7	227114	6980038
8	226383	6979949
9	228962	6979832
10	228253	6979705
11	227550	6979123
12	226704	6978949
13	226048	6978473
14	226385	6977810
15	225803	6977141
16	226522	6977066
17	225302	6976338
18	226363	6976200
19	225686	6975739

Taulukko 17. Takanebackenin voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)
1	225138	6971388
2	224389	6971265
3	223142	6970490
4	224100	6972075
5	223212	6971265

Taulukko 18. Ribäckenin voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)
1	221525	6977325
2	222275	6977336
3	220980	6976543
4	222155	6976261
5	221385	6975486

Taulukko 19. Långmossan voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)
1	224601	6982892
2	225016	6982575
3	225132	6981766
4	223890	6982394
5	223842	6981433
6	223635	6980629
7	222220	6980539