

Vastaanottaja
Element Power / Kangastuuli Oy

Asiakirjatyyppe
Raportti

Päivämäärä
6.10.2017

Viite
1510014630-008

KANGASTUULEN TUULI- VOIMAHANKE, OSA 1, SIIKAJOKI MELUMALLINNUS

Päivämäärä 6.10.2017
Laatija Ville Virtanen, Arttu Ruhanen
Tarkastaja Janne Ristolainen

Melumallinnus tuulivoimahankkeen kaavoitustyötä varten

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 06/2015 aineistoa.

http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata_lisenssi_versio1_20120501

Viite 1510014630-008

SISÄLTÖ

1.	YLEISTÄ	3
2.	MELUN OHJEARVOT	3
2.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	3
2.2	Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa	3
3.	MELUMALLINNUKSEN TIEDOT	4
3.1	Tuulivoimalatiedot	4
3.2	Melulaskenta	4
3.3	Maastomalli	5
4.	TULOKSET	6
4.1	Kangastuuli	6
4.2	Yhteisvaikutukset	6
4.3	Pienitaajuinen melu	7
5.	TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	8
5.1	Häiritsevyyskorjaukset	8
5.2	Tuulivoiman melutasot verrattuna melun ohjearvoihin	8
5.3	Alueen yleiset tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun	9

LIITTEET

Liite 1	Kangastuulen meluvyöhykkeet
Liite 2	Siikajoen tuulivoimahankkeiden yhteismallinnus, ilman Kangastuulta
Liite 3	Siikajoen tuulivoimahankkeiden yhteismallinnus
Liite 4	Laskentaparametrit ja tuulivoimaloiden akustiset tiedot
Liite 5	Tuulivoimalaitosten koordinaatit taulukossa
Liite 6	Tuulivoimalaitosten melumallinnuksessa käytetyt parametrit

1. YLEISTÄ

Kangastuulen tuulivoimapuiston kaavaehdotus (33 tuulivoimalaa) on ollut nähtävillä 12.6.-4.8.2017. Hyväksymisvaiheessa kaavaehdotus on päätetty jakaa kahteen osaan (osa 1 ja osa 2). Tämä selvitys on laadittu Kangastuulen tuulivoimapuiston osayleiskaavan osaa 1 varten, joka käsittää 28 tuulivoimalaa. Työn tarkoituksena on ollut selvittää suunniteltujen tuulivoimalaitosten aiheuttamat meluvaikutukset ympäristössä.

Melumallinnus tehtiin Ympäristöministeriön hallinnon ohjeita 2/2014 "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen" raportin mukaisesti. Koska kyseessä on YVA-vaiheen/kaavavaiheen selvitys, on meluvyöhykkeiden sekä reseptoripistekohtaisessa mallinnuksessa käytetty laskentamallia ISO 9613-2. Pienitaajuisen melun tarkastelu tehtiin erillislaskentana YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti.

Työ on tehty Element Power/Kangastuuli Oy:n toimeksiannosta, josta yhteyshenkilönä on toiminut Eeva-Maria Hatva. Rambollissa hankkeen projektipäällikkönä toimii Erika Kylmänen. Melumallinnuksen ja raportoinnin ovat tehneet ins.(AMK) Ville Virtanen, ins.(AMK) Janne Ristolainen ja ins.(AMK) Arttu Ruhanen.

2. MELUN OHJEARVOT

2.1 Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista

Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 (voimaantulopäivä 1.9.2015) on annettu tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot. Ohjearvot on annettu absoluuttisina lukuarvoina, joissa ei huomioida taustamelua. Asetusta sovelletaan maankäyttö- ja rakennusalan mukaisessa maankäytön ja rakentamisen suunnittelussa, lupamenettelyissä ja valvonnassa sekä ympäristönsuojelulain mukaisessa lupamenettelyssä ja valvonnassa.

Tuulivoimalan toiminnasta aiheutuvan melupäästön takuuarvon perusteella määritelty laskennallinen melutaso ja valvonnan yhteydessä mitattu melutason eivät saa ulkona ylittää melulle altistuvalla alueella melun A-taajuuspainotetun keskiäänitason (ekvivalenttitason L_{Aeq}) ohjearvoja taulukossa 1 esitetyn mukaisesti.

Taulukko 1. Valtioneuvoston asetuksen mukaiset tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot 1107/2015

	Ulkomelutason L_{Aeq} päivällä klo 7-22	Ulkomelutason L_{Aeq} yöllä klo 22-7
Pysyvä asetus	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

Valvonnan yhteydessä saatuun mittaustulokseen tehdään 5 dB lisäys, mikäli tuulivoimalan melu on impulssimaista tai kapeakaistaista altistuvalla alueella.

Valtioneuvoston asetuksessa veloitetaan noudattamaan sisätilojen melun osalta Asumisterveysasetuksessa annettuja sisätilojen melun toimenpiderajoja.

2.2 Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa

Sosiaali- ja terveysministeriön 23.4.2015 annetussa asetuksessa 545/2015 (voimaantulopäivä 15.5.2015) on annettu toimenpiderajoja asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisämelulle (ns. asumisterveysasetus). Asetus korvaa aiemmin käytössä olleen asumisterveysohjeen (STM oppaita 2003:1).

Asuinhuoneistojen asuinhuoneisiin (paitsi keittiö ja muut tilat) toimenpiderajoiksi on annettu päiväajan keskiäänitasolle $L_{Aeq\ 7-22}$ 35 dB ja yöajan keskiäänitasolle $L_{Aeq\ 22-7}$ 30 dB. Selvästi taustamelusta erottuvalle melulle, joka voi aiheuttaa 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.

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

Taulukko 2. Yöaikaisen pienitaajuisen sisämelun toimenpiderajat terssikaistoittain (Asumisterveysasetus 545/2015). Päiväaikana sallitaan 5 dB suurempia arvoja.

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

Asumisterveysasetus ei tuo muutoksia mallinnusmenettelyihin tai -tarpeisiin, jotka tehdään YM:n ohjeistuksen mukaisesti.

3. MELUMALLINNUKSEN TIEDOT

3.1 Tuulivoimalatiedot

Kangastuulen voimaloiden sijoittelu perustuu 19.9.2017 päivätyyn osayleiskaavan hyväksymisvaiheen mukaiseen sijoitussuunnitelmaan, joka käsittää 28 tuulivoimalaa. Mallinnus tehtiin käyttäen tuulivoimamallina GE 3.4–137 -laitosmallia, jonka napakorkeus on 160 metriä ja roottorin halkaisija 140 metriä. Liitteessä 4 on esitetty tuulivoimalaitosten koordinaatit.

Melutiedot perustuvat Kangastuulen toimittamiin GE:n meludokumenttiin:

- Technical Documentation Wind Turbine Generator Systems 3.4-137 - 50 Hz and 60 Hz

Äänitehotasot on esitetty dokumentissa terssikaistoittain välillä 12,5–10000 Hz. Laitosmallin suurin äänitehotaso ($L_{WA,d}$) on 106 dB, kun tuulennopeus on ≥ 9 m/s 10 m korkeudella. Dokumentin $L_{WA,k}$ arvoon on Element Powerin pyynnöstä lisätty + 2 dB, sillä turbiini on sen verran uusi, ettei siitä ole vielä riittäviä käytännön mittauksia todentamaan dokumentissa esitettyä äänitehotasoa. Laskennassa kokonaisäänitehotasona on siis käytetty 108 dB. Myös pienitaajuisen melun laskennassa dokumentin terssiarvoihin lisättiin + 2 dB.

Dokumentin mukaan 3.4-137 laitosmallin äänen tonaalisuus (tonal audibility, standardissa IEC 61400-11 esitetyllä menettelyllä) on 4 dB:n alle tai tasolla. VTT:n tutkimusraportissa "Tuulivoimalan meluvaikutukset: Häiritsevyysmittaristo ja sen käyttö" (VTT-R-04392-14) on esitetyn periaatteen mukaisesti ääneksien tai kapeakaistaisten äänikomponenttien kuultavuus (tonal audibility) tulisi olla suurempi kuin 4 dB, jonka johdosta meluun tulisi 0-6 dB sanktio (kapeakaistaisuuskorjaus). Laitosmalli ei siis aiheuta tonaalista ääntä.

Tuulivoimaloiden tarkemmat akustiset tiedot on esitetty liitteessä 5.

3.2 Melulaskenta

Melulaskennat tehtiin Ympäristöministeriön hallinnon ohjeita 2/2014 "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen" raportin mukaisilla laskentaparametreilla ja -menetelmillä. Liitteissä 1 ja 6 on esitetty melulaskentojen oleelliset lähtötiedot esim. laskentaparametrit.

Melumallinnukset on tehty SoundPlan 7.3 -melulaskentaohjelmaa ja siihen sisältyvää ISO 9613-2 -melulaskentamallia käyttäen. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta www.soundplan.eu.

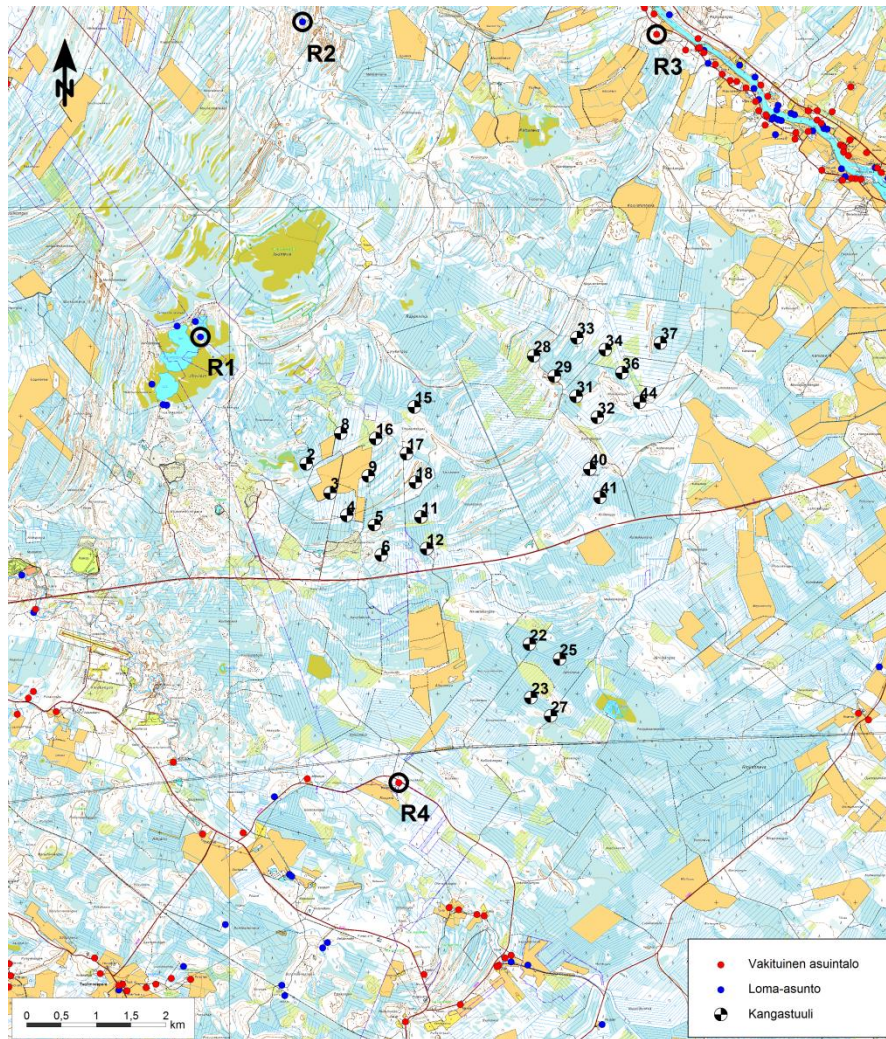
ISO 9613-2 -mallissa tuulen nopeutta tai suuntaa ei voida varioida, vaan laskentamallissa on oletuksena lievä myötätuuli melulähteestä laskentapisteeseen päin. Malli huomioi kolmiulotteisessa laskennassa mm. maastonmuodot sekä etäisyysvaimentumisen, ilman ääniabsorption, esteet, heijastukset ja maanpinnan absorptio-ominaisuudet.

Meluvyöhykelaskennat on tehty laskentapisteverkkoon ja ohjelma interpoloi melutasot laskentapisteidien välisille alueille. Lisäksi tehtiin reseptoripistelaskentoja kuvassa 1 esitettyjen asuin- ja

lomarakennusten kohdalla. Reseptoripisteiden tuloksista käy ilmi tarkat keskiäänitasot (L_{Aeq}) kyseisten rakennusten kohdalla.

Pienitaajuisen melun tarkastelu tehtiin YM:n ohjeessa 2/2014 esitetyn mukaisesti. Taajuuspainotamattomien terssikaistakohtaisten melutasojen laskenta tehtiin kolmeen reseptoripisteeseen eli samojen rakennusten kohdalle kuin pistekohtainen keskiäänitason laskentakin. Rakennuksen sisälle aiheutuvia pienitaajuisia melutasoja arvioitiin DSO 1284 laskentamenetelmässä esitettyjen asuintalon julkisivun ilmaääneneristävyyssarvojen avulla.

Kaikki esitetyt melutasot ovat suoraan mallinnuksen tuloksia, eikä niihin ole lisätty mitään mahdollisia häiritsevyysskorjauksia.



Kuva 1. Reseptoripisteiden sijainnit

3.3 Maastomalli

Laskennassa käytetty maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen laserkeilaukseen perustuvas- ta Korkeusmalli 2 -korkeusaineistosta. Maastomallissa ei huomioitu rakennuksia.

Mallissa ei ole huomioitu myöskään metsäkasvillisuutta melua vaimentavana tekijänä. Metsäkasvillisuus (puusto yms.) voi vaimentaa melua, mikäli kasvillisuusvyöhyke on riittävän korkea ja syvyys on suuri. Ympäristömeluarvioinneissa kasvillisuuden vaikutusta ei kuitenkaan pääsääntöisesti oteta huomioon, koska vyöhykkeiden pysyvyydestä ei voida olla varmoja (esim. puuston avohakkuut). Laskentamallien kyvystä huomioida luotettavasti puuston vaikutusta melun etene- miseen ei ole vielä riittävästi tutkittua tietoa.

Hankealueella tuulivoimalan perustusten ja enintään kolmen kilometrin etäisyydellä laitoksista sijaitsevien asuintalojen ja loma-asuntojen välinen maanpinnan korkeusero on alle 60 metriä.

4. TULOKSET

Mallinnuksen tulokset pätevät selvityksessä käytetyllä laitosmallilla ja sen melupäästöllä sekä muilla suunnittelutiedoilla. Mikäli rakennettavan tuulivoimalaitoksen melupäästö on nyt tarkasteltua suurempi tai sijainti tai napakorkeus muuttuvat merkittävästi, tulee mallinnus ja meluvaikutusten arviointi päivittää.

4.1 Kangastuuli

Laskennalliset meluvyöhykkeet (A-painotettu keskiäänitaso) on esitetty liitteessä 1.

Meluvyöhykkeet ovat keskiäänitasoja tilanteessa, jossa tuulivoimalaitokset tuottavat suurimman mahdollisen melupäästön koko päivä- tai yöajan. Todellisuudessa tuulennopeus vaihtelee päivä- ja yöaikana ja todellinen päivä- tai yöajan äänitaso tuulivoimaloiden ympärillä vaihtelee sen mukaisesti. Myös tuulen suunta vaikuttaa melun leviämiseen ja mallinnus on tehty myötätuuliolosuhteen vallitessa kaikkiin ilmansuuntiin.

Taulukko 3. A-painotetut keskiäänitasot eniten melulle altistuvien kohteiden kohdalla (ulkomelutaso)

Reseptori	L_{Aeq} , dB
	Kangastuuli
R1	33,4
R2	17,2
R3	24,3
R4	33,0

Kaikki asuin- ja lomarakennukset jäävät 40 dB melualueen ulkopuolelle Kangastuulen tuulivoimaloiden osalta.

4.2 Yhteisvaikutukset

Yhteisvaikutusmallinnuksessa on huomioitu Kangastuulen hankealueen läheisyydessä sijaitsevat muut tuulivoimahankkeet. Lähialueiden hankkeiden tiedot perustuvat 20.5.2016 mennessä saatuihin hanketietoihin sijoittelusta ja voimaloiden mittasuhteista. Kangastuulen hankkeen mallinnus perustuu 2.6.2016 päivättyyn suunnitelmaan.

- Karhukangas: HH 160 m / L_{WA} 108,5 dB
- Isoneva I: HH 114 m / L_{WA} 104,5 dB
- Isoneva II: HH 144 m / L_{WA} 104,5 dB
- Hummastinvaara: HH 123 m / L_{WA} 107,5 dB
- Navettakangas: HH 137 m / L_{WA} 106,5 dB

Liitteessä 2 on esitetty Siikajoen tuulivoimahankkeiden yhteismallinnus, kun Kangastuulta ei ole huomioitu. Liitteen 3 mallinnuksessa huomioitiin myös Kangastuulen hankkeen voimalat. Vertailtaessa liitteiden 2 ja 3 melutilanteita, nähdään, ettei Kangastuulen hankkeella ole juurikaan vaikutusta ja jokaisen ympäristön asuin- ja lomarakennuksen osalta melutasot jäävät 40 dB alle tai tasolle myös yhteismelun osalta.

Taulukko 4. A-painotetut keskiäänitasot eniten melulle altistuvien kohteiden kohdalla (ulkomelutaso)

Reseptori	L_{Aeq} , dB
	Yhteismallinnus
R1	38,5
R2	40,1
R3	32,7
R4	39,5

Kaikki asuin- ja lomarakennukset ovat 40 dB alle tai tasalla yhteismallinnuksen osalta.

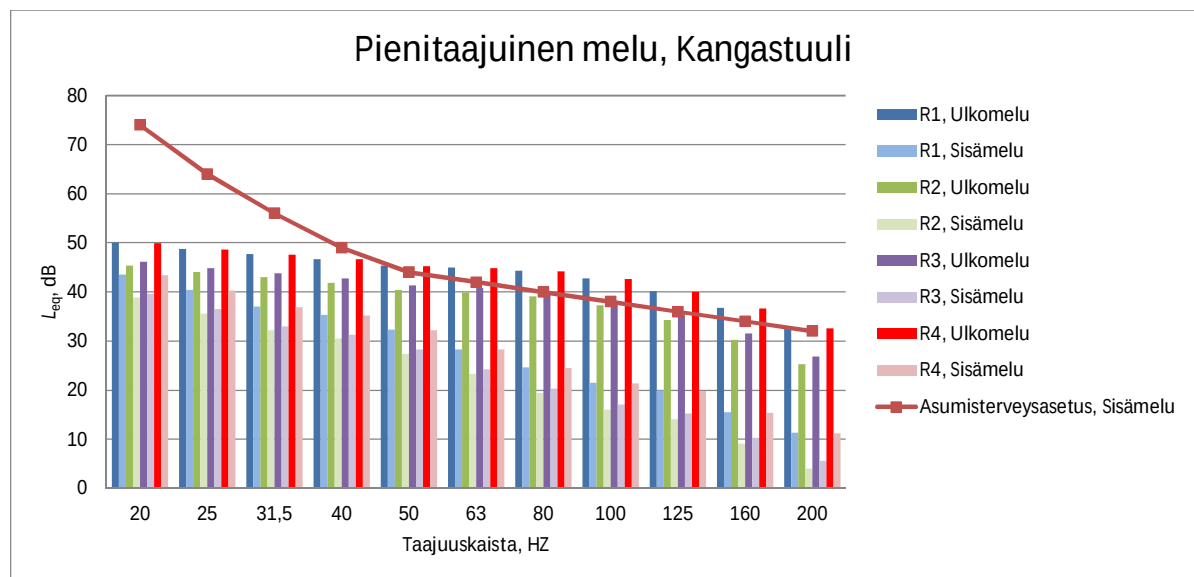
4.3 Pienitaajuinen melu

Kangastuuli

Verrattaessa Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ovat reseptoripisteissä ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) enimmillään:

- R1 = 5 dB terssikaistalla 100 Hz
- R2 = ulkomelut alle sisätilojen toimenpiderajojen
- R3 = ulkomelut 80 ja 100 Hz kaistoilla tasalla ja muutoin alle sisätilojen toimenpiderajojen
- R4 = 5 dB terssikaistalla 100 Hz

Terssikaistoilla 20 Hz – 40 Hz ulkomelutasot ovat kaikissa reseptoripisteissä yöajan sisämelun toimenpiderajojen alle.



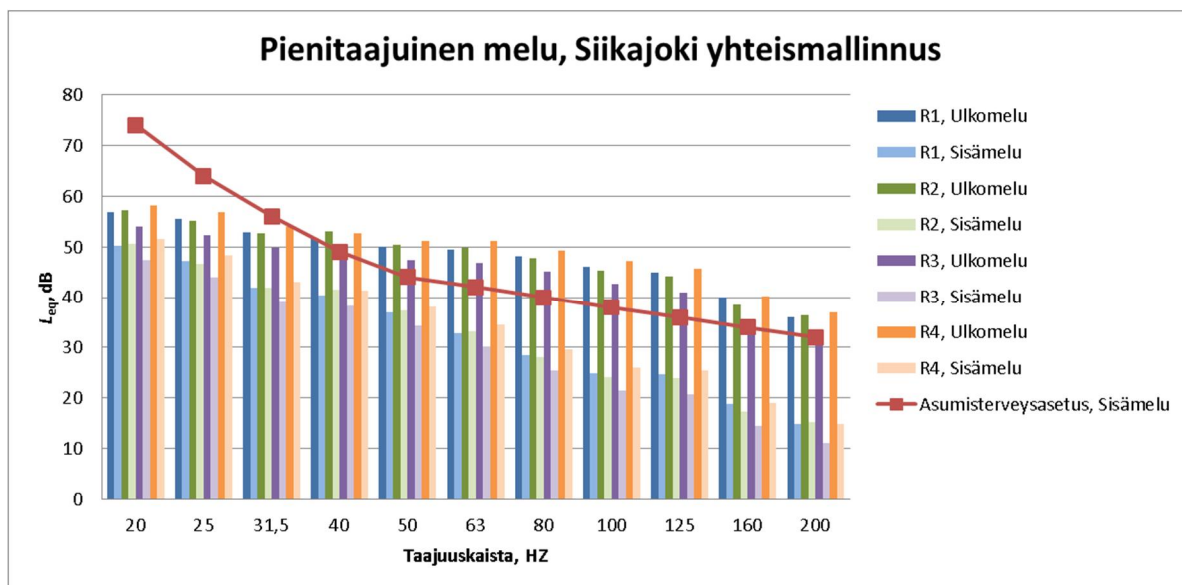
Kuva 2. Pienitaajuisen melun laskentatulokset (tummemmat värit kuvastavat ulkomelun tasoja ja vaaleammat sisämelun).

Yhteismallinnus

Ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) enimmillään:

- R1 = 9 dB terssikaistalla 125 Hz
- R2 = 8 dB terssikaistoilla 63 Hz, 80 Hz ja 125 Hz
- R3 = 5 dB terssikaistoilla 63 Hz - 125 Hz
- R4 = 10 dB terssikaistalla 125 Hz

Pienimmillä terssikaistoilla (20 Hz – 31,5 Hz) ulkomelutasot ovat kaikissa reseptoripisteissä yöajan sisämelun toimenpiderajojen alle.



Kuva 3. Yhteismallinnuksen pienitaajuisen melun laskentatulokset (tummemmat värit kuvastavat ulkomelun tasoja ja vaaleammat sisämelun).

Sisämeluarvio

DSO 1284 -menetelmän mukaiset ääneneristävyysarvot (äänitasoero ΔL) kuvaavat tyypillisen tanskalaisen asuntalon ilmaääneneristävyyttä, jotka vastaavat kohtuullisen hyvin Suomessa käytettyjä rakenteita.

Kun huomioidaan ulkoseinän ääneneristävyys DSO 1284 -menetelmässä mainittujen arvojen mukaisesti, alittaa terssikohtaiset sisämelutasot toimenpiderajat kaikissa reseptoripisteissä myös yhteismallinnustilanteessa. Tulosten perusteella voidaan myös todeta, että pienitaajuinen melu alittaa rajat myös kauempana tuulivoimaloita, koska laskennan periaatteiden mukaan pienitaajuinen melu vaimenee etäisyyden kasvaessa.

5. TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Häiritsevyyskorjaukset

Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyyskorjaus tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen, mikäli melun todetaan olevan kapeakaistaista ja/tai impulssimaista. Asetus ei sisällä korjausta merkityksellisestä sykinnästä (EAM, Excess amplitude modulation), koska sen määrittämiseen ei ole standardisoitua menetelmää. Tavanomainen tuulivoimalan äänitason vaihtelu (NAM, Normal amplitude modulation) on osa tuulivoimalaitoksen toimintaa ja sisältyy ohjearvoihin.

5.2 Tuulivoiman melutasot verrattuna melun ohjearvoihin

YM:n mallinnusohjeen (2/2014) mukaan ohjearvovertailussa ei huomioida epävarmuutta, kun laskenta tehdään ohjeessa mainituilla parametreilla ja käyttäen valmistajan takaamia melupäästöarvoja (declared value tai warranted level). Koska laitostalli on uusi, ei vielä ole riittävästi käytännön mittauksia todentamaan valmistajan ilmoittamia melupäästötietoja. Tästä syystä laitoksen suurimpaan ilmoitettuun melupäästöön $L_{WA,k}$ 106 dB lisättiin 2 dB.

Ulkomelutaso alittaa kaikkien asuin- ja lomarakennusten kohdalla Valtioneuvoston asetuksen 1107/2015 ulkomelun päiväajan ohjearvon 45 dB ja yöajan ohjearvon 40 dB Kangastuulen hankkeen osalta.

Valtioneuvoston asetuksessa veloitetaan noudattamaan sisätilojen melun osalta Asumisterveysasetuksessa 545/2015 annettuja sisätilojen melun toimenpiderajoja.

Käytännöllisesti katsoen kaikki tavanomaiset rakenteet täyttävät 20 dB:n eristävyysvaatimuksen (RIL 129-2009 Ääneneristykseen toteuttaminen). Tuulivoimamelun ollessa ohjearvojen puitteissa, tulee eristävyysvaatimukseksi 15 dB (= 1107/2015 ulkomelun yöajan ohjearvo $L_{Aeq, 22-7}$ 40 dB –

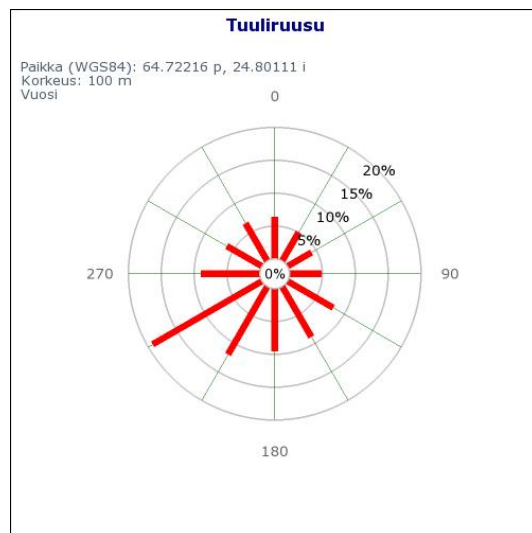
545/2015 sisämelun toimenpideraja $L_{Aeq\ 1h}$ 25 dB). Tämän perusteella myös 545/2015 sisämelun rajat alittuvat ympäristön rakennusten kohdalla.

Sisätiloihin arvioidut (ulkoseinän ääneneristävyys DSO 1284 arvojen mukaisesti) pienitaajuisen melun tasot alittavat sisätiloihin annetut 545/2015 mukaiset toimenpiderajat ympäristön rakennusten kohdalla.

5.3 Alueen yleiset tuuliolosuhteet ja niiden vaikutukset meluun

Tuuliolosuhteet vaikuttavat merkittävästi tuulivoimalaitoksen meluntuottoon. Meluntuotto ei kasva lineaarisesti tuulennopeuden mukana ja äänitehotason voimistuminen pysähtyy tai alkaa laskea voimalan saavuttaessa tietyn tuulen nopeuden. Hiljaisilla tuulen nopeuksilla voimalaitoksen äänitehotaso saattaa olla merkittävästi maksimiarvoa pienempi.

Tuulennopeus vaihtelee päivä- ja yöaikana ja hetkittäinen äänitaso vaihtelee sen mukaisesti. Mallinnuksen tulokset vastaavat keskiäänitasoja tilanteessa, jossa tuulennopeus on koko päivä- tai yöajan on hyvin voimakasta. Todellinen päivä- ja yöajan keskiäänitaso laitosten ympärillä riippuu tarkastelujakson tuulisuudesta ja mallinnuksen mukaiset melutasot edustavatkin lähelle äänekäintä mahdollista tilannetta.



Kuva 4. Tuuliruusu Suomen Tuuliatlaksesta

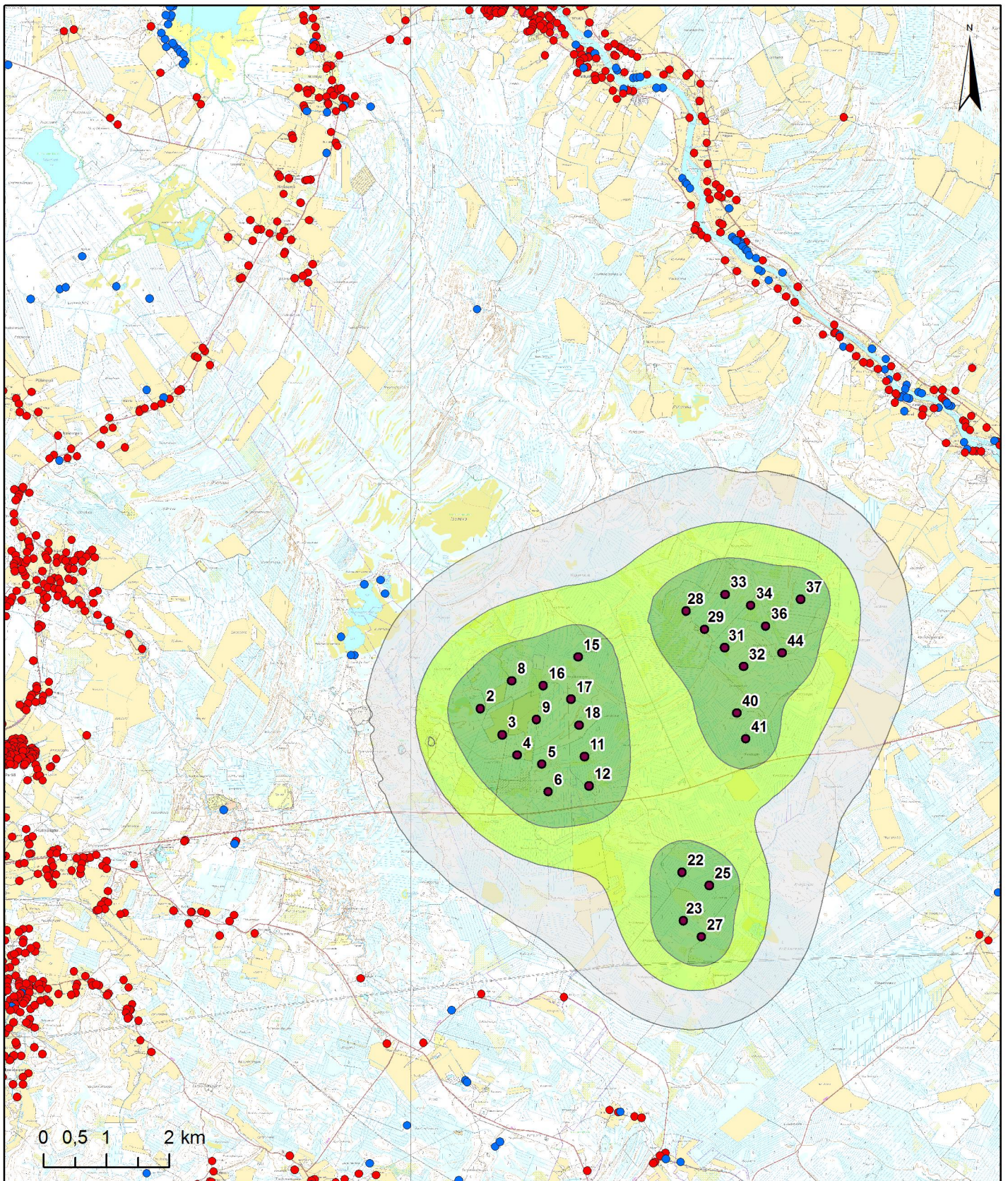
Mallinnuksessa oletetaan olevan myötätuuli tuulivoimaloista kaikkiin ilmansuuntiin. Koska alueen vallitseva tuulensuunta on lounaasta, toteutuu mallinnuksen mukainen melutaso useimmin hankkealueen koillispuolella. Vastaavasti lounaispuolella mallinnusten mukaisten melutasojen ajallinen esiintyvyys vuoden aikana on vähäisempää.

Lahdessa 6. päivänä lokakuuta 2017

RAMBOLL FINLAND OY

Janne Ristolainen
Projektipäällikkö

Arttu Ruhanen
Projektipäällikkö

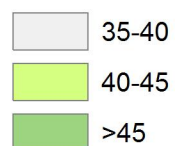


Element Power
Kangastuuli, Siikajoki

Melumallinnus

Laskentamalli ISO 9613-2
YM:n 2/2014 laskentaparametrit
Laskentakorkeus mp + 4 m

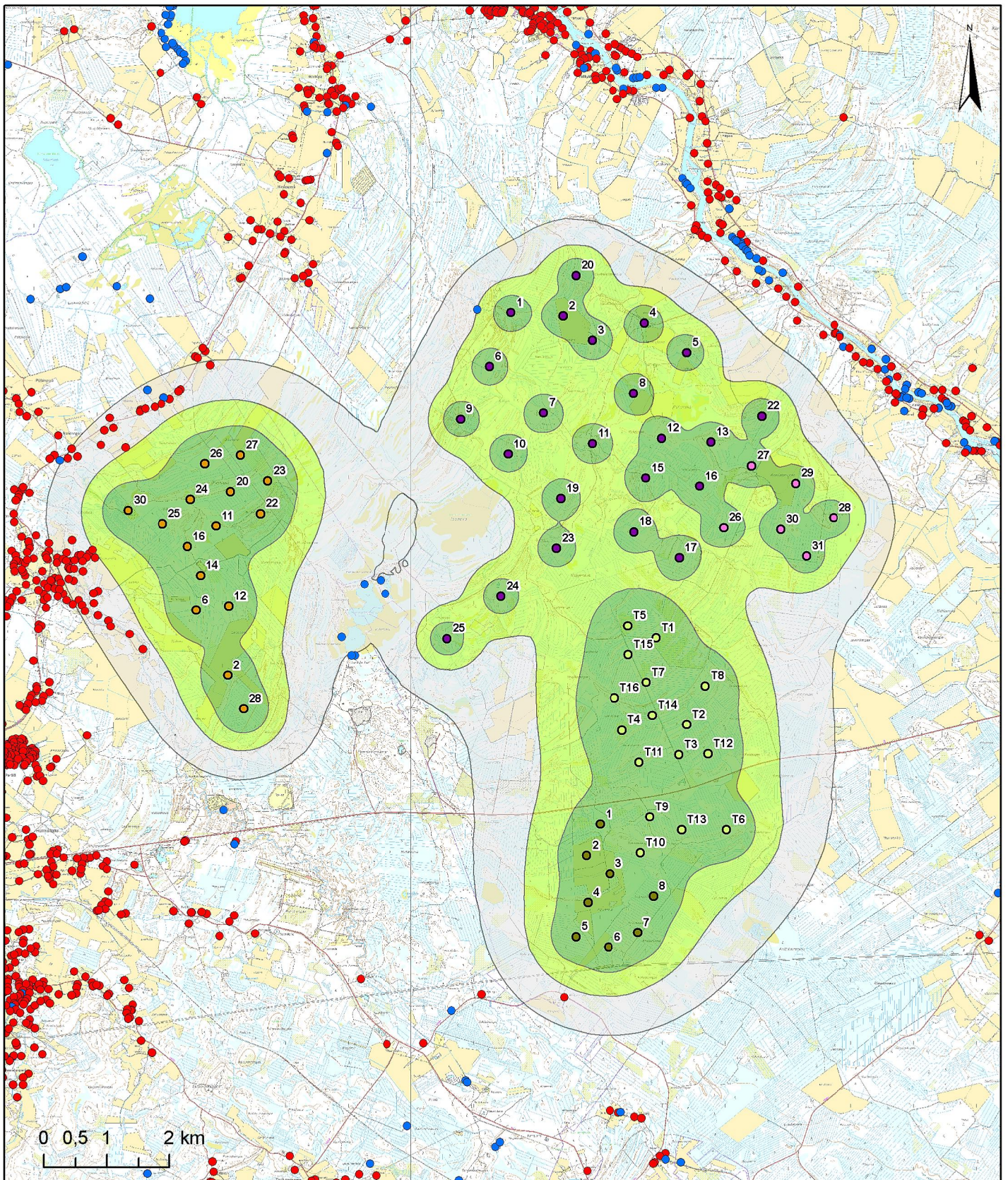
Äänitaso, dB(A)



- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Kangastuuli: 19.9.2017 / HH 160 m / Lwa 108,0 dB

Liite 1

A.Ruhanen 22.9.2017



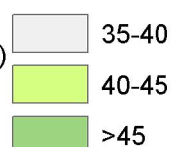
Element Power
Kangastuuli, Siikajoki

Melumallinnus
Yhteismelu (Ilman Kangastuulta)

J.Ristolainen 16.8.2016

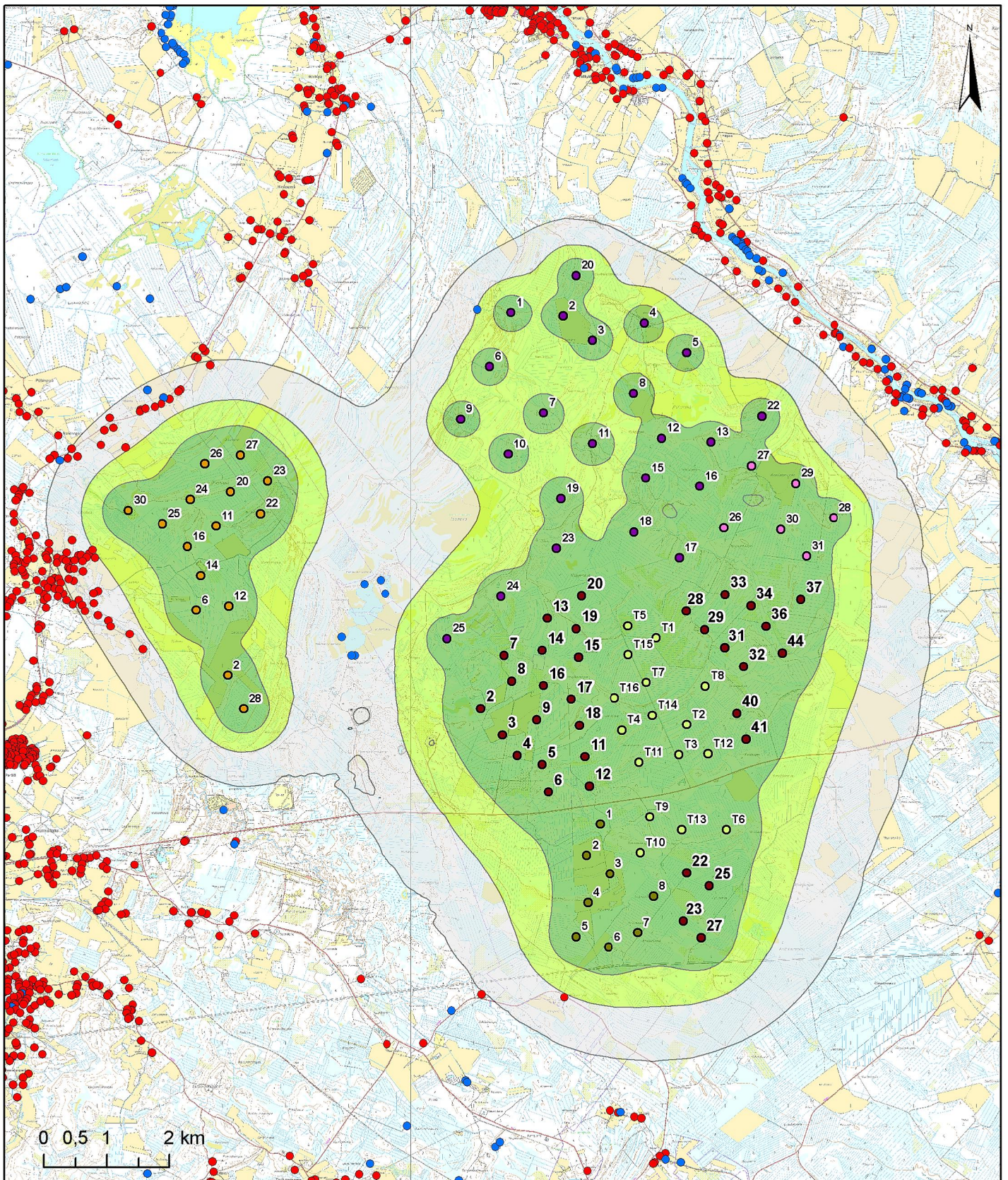
Laskentamalli ISO 9613-2
YM:n 2/2014 laskentaparametrit
Laskentakorkeus mp + 4 m

Äänitaso, dB(A)



- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Karhukangas: HH 160 m / Lwa 108,5 dB
- Isoneva I: HH 114 m / Lwa 104,5 dB
- Isoneva II: HH 144 m / Lwa 104,5 dB
- Hummastinvaara: HH 123 m / Lwa 107,5 dB
- Navettakangas: HH 137 m / Lwa 106,5 dB

Liite 2



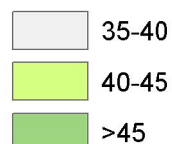
Element Power
Kangastuuli, Siikajoki

Melumallinnus
Yhteismelu

J.Ristolainen 16.8.2016

Laskentamalli ISO 9613-2
YM:n 2/2014 laskentaparametrit
Laskentakorkeus mp + 4 m

Äänitaso, dB(A)



- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Kangastuuli: 2.6.2016 / HH 160 m / Lwa 108 dB
- Karhukangas: HH 160 m / Lwa 108,5 dB
- Isoneva I: HH 114 m / Lwa 104,5 dB
- Isoneva II: HH 144 m / Lwa 104,5 dB
- Hummastinvaara: HH 123 m / Lwa 107,5 dB
- Navettakangas: HH 137 m / Lwa 106,5 dB

Liite 3

Laatija: Arttu Ruhanen, Ramboll Finland Oy
Päivämäärä: 22.9.2017

Hankevastaava: Element Power/Kangastuuli Oy
Hankealue: Kangastuuli, Siikajoki

Mallinnusohjelman tiedot

Mallinnusohjelma ja versio: SoundPlan 7.4
Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2

Laskennan lähtötiedot

Laskentaverkko
Laskentakorkeus: 4 metriä
Laskentaruudukon koko: 50*50 metriä

Sääolosuhteet
Suhteellinen kosteus: 70 %
Lämpötila: 15 °C

Maastomalli
Maastomallin lähde: Maanmittauslaitos, Korkeusmalli 2m
Vaakaresoluutio: 2,0 m
Pystyresoluutio: 0,3 m

Hankealueen korkeuserot
Tuulivoimalan perustusten ja altistuvan kohteen korkeusero yli 60 m (3 km etäisyydellä voimaloista)
☐ Kyllä ☒ Ei

Jos kyllä, mitkä tuulivoimalat:
-

Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastukset, käytetyt kertoimet
Vesialueet 0 akustisesti kova pinta
Maa-alueet 0,4 akustisesti puolikova

Ilmakehän stabiilius laskennassa / meteorologinen korjaus
Neutraali 0 neutraali - stabiili sääolosuhde

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

☒ Vapaa avaruus
☐ Muu

Tuulivoimaloiden perustiedot

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
GE	3.4-137	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
3,4 MW	160 m	140 m	Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
☐ Kyllä	☐ Kyllä	
☐ Ei	☐ Ei	
☒ Ei ilmoitettu	☒ Ei ilmoitettu	

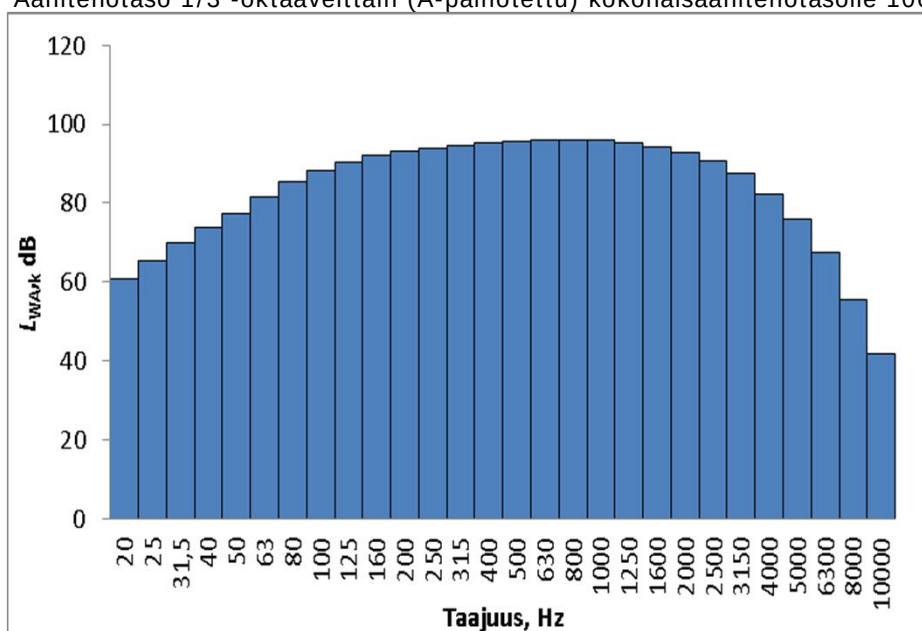
Akustiset tiedot

Melupäästötiedot

Suurin kokonaisäänitehotaso L_{WA} :

106 dB ☒ Takuu-/tunnusarvo

Aänitehotaso 1/3 -oktaaveittain (A-painotettu) kokonaisäänitehotasolle 106 dB:



Melun erityspiirteiden mittaaminen ja havainnot:

Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus	Impulssimaisuus	Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)	Muu, mikä
☐ Kyllä	☐ Kyllä	☐ Kyllä	
☒ Ei	☐ Ei	☐ Ei	
☐ Ei ilmoitettu	☒ Ei ilmoitettu	☒ Ei ilmoitettu	

Pienitaajuisen melun laskenta

Lineaariset melutasot altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella

Pienitaajuisen melun laskentamenetelmä:

YM:n ohjeen 2/2014 mukainen (DSO 1284 sovellettuna)

Kangastuuli

	R1	R2	R3	R4
Hz	L_{Leq} , dB	L_{Leq} , dB	L_{Leq} , dB	L_{Leq} , dB
20	50	45	46	50
25	49	44	45	49
31,5	48	43	44	48
40	47	42	43	47
50	45	40	41	45
63	45	40	41	45
80	44	39	40	44
100	43	37	38	43
125	40	34	35	40
160	37	30	32	37
200	33	25	27	33

LIITE 5

Taulukossa esitetyissä tuulivoimalaitosten koordinaateissa Z-koordinaatti (N2000) kertoo maaston korkeuden metreissä merenpinnan yläpuolella tuulivoimalan suunnitellulla sijaintipaikalla.

[Tuulivoimalaitosten koordinaatit, Kangastuulen tuulivoimahanke \(ETRS-TM35FIN\)](#)

Tunnus	X	Y	Z
2	393108	7178317	36
3	393452	7177898	38
4	393690	7177573	40
5	394087	7177428	43
6	394188	7176991	47
8	393604	7178756	34
9	394001	7178142	38
11	394759	7177551	42
12	394836	7177084	44
15	394661	7179133	35
16	394106	7178681	35
17	394548	7178464	39
18	394677	7178050	40
22	396316	7175710	54
23	396337	7174941	53
25	396749	7175498	53
27	396620	7174679	55
28	396376	7179867	36
29	396676	7179576	39
31	396988	7179286	40
32	397292	7178983	43
33	396999	7180129	37
34	397406	7179955	38
36	397647	7179625	39
37	398198	7180052	40
40	397184	7178243	45
41	397331	7177833	46
44	397901	7179200	41

Suure	Parametrin lukuarvo	Parametrin määritysperuste
Laskentaohje	Ympäristöministeriön ohje 2/2014	
Suurin ilmoitettu melupäästö	GE 3.4–137, LWA 106 dB, kun tuulennopeus on suurempi kuin 9 m/s 10 m korkeudella maanpinnasta, laskennassa melupäästöön lisättiin +2 dB.	IEC 61400-11 Ed.3
Äänen suuntaavuus	Ympärisäteilevä suuntaamaton pistelähde voimalaitoksen napakorkeudella tuulen suunnasta riippumatta	Äänen säteily vapaaseen avaruuteen, geometrinen vaimennus 6 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa
Ilmakehän absorption aiheuttama vaimennus	Lämpötila: 15 °C Ilmanpaine 1013,25 mbar Ilman suhteellinen kosteus: 70 %	ISO 9613-1
Maan- tai vedenpinnan absorption ja heijastuksen vaikutus	Vaikutuserroin on maa-alueella 0,4 ja vesialueella 0	ISO 9613-2 yleinen menetelmä (General method of calculation)
Maanpinnan muodon vaikutus	Tuulivoimalaitosten perustusten ja ympäristön melulle altistuvien kohteiden maanpinnan korkeuden välinen korkeusero on alle 60 metriä, joten voimalan melupäästön takuuarvoon ei lisätä 2 dB korjausta.	Mallinnus- ja mittaustulosten välinen ero.
Sääolosuhde	Neutraali–stabiili sääolosuhde, meteorologinen korjaus: 0	ISO 9613-2
Laskennan vaaka- ja pystyresoluutio	Vaakaresoluutio: 2 m Pystyresoluutio: 0,3 m	Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 2m (tarkin käytettävissä oleva tieto)
Pientaajuisten äänen etenemisvaimennus	Geometrinen vaimennus 6 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa, maa- ja vesialuevaikutus DSO 1284 mukaan	DSO 1284
Laskentaverkko	Laskentapistet 50 x 50 metrin välein 4 m korkeudella maanpinnasta	