

TuuliSaimaa Oy
Maija-Leena Oinonen

Turku 15.8.2014

TUULIVOIMAPUISTON YMPÄRISTÖMELUSELVITYS

Metsäamminkangas, Vaala

Selvitys ympäristövaikutusten arvioinnin yhteydessä

Raportin vakuudeksi

Jani Kankare
Toimitusjohtaja, FM

HELSINKI

Porvoonkatu 9 A
00510 HELSINKI
puh. 050 377 6565

www.promethor.fi

TURKU

Rautakatu 5 A
20520 TURKU
puh. 050 570 3476

promet@promethor.fi

Sisällysluettelo

	Tiivistelmä.....	4
1	Yleistä.....	6
2	Tuulivoimaloiden sijainnit ja ympäristö.....	6
3	Ympäristömelun arviointi	7
	3.1 Mittaus ja laskenta	7
	3.2 Melua kuvaavat suureet.....	7
	3.3 Meluhaittojen arviointi	8
4	Melutason ohjearvot ja tuulivoimamelun suunnitteluohjearvot.....	8
	4.1 Valtioneuvoston päätös 993/1992	8
	4.2 Suunnitteluohjearvot	9
	4.3 Asuntojen sisätilojen pienitaajuinen ääni	10
5	Melutasojen laskenta	10
	5.1 Laskentamenetelmät.....	10
	5.2 Lähtötiedot	11
	5.2.1 Maastoprofiili ja rakennukset	11
	5.2.2 Melulähteet	11
	5.3 Suoritetut laskennat	12
6	Laskentatulokset.....	13
	6.1 Ulkoalueiden melutaso	13
	6.2 Asuntojen A-painotettu sisä-äänitaso	13
	6.3 Asuntojen pienitaajuinen sisä-äänitaso	14
7	Tuulijakauman vaikutus tuloksiin	15
8	Tulosten tarkastelua	16
9	Lisätietoja	16
10	Kirjallisuus.....	17

Liite 1.1. 3 MW:n tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} voimalan suurimmalla äänitehotasolla $L_{WA} = 106,0$ dB. Sijoitusvaihtoehto VE1 (15 turbiinia). Äänitehotaso vastaa tuulen nopeutta 7,1 m/s kymmenen metrin korkeudessa.

Liite 1.2. 4,5 MW:n tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} voimalan suurimmalla äänitehotasolla $L_{WA} = 107,5$ dB. Sijoitusvaihtoehto VE1 (15 turbiinia). Äänitehotaso vastaa tuulen nopeutta 10,0 m/s kymmenen metrin korkeudessa.

Liite 2.1. 3 MW:n tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} voimalan suurimmalla äänitehotasolla $L_{WA} = 106,0$ dB. Sijoitusvaihtoehto VE2 (27 turbiinia). Äänitehotaso vastaa tuulen nopeutta 7,1 m/s kymmenen metrin korkeudessa.

Liite 2.2. 4,5 MW:n tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} voimalan suurimmalla äänitehotasolla $L_{WA} = 107,5$ dB. Sijoitusvaihtoehto VE2 (27 turbiinia). Äänitehotaso vastaa tuulen nopeutta 10,0 m/s kymmenen metrin korkeudessa.

Liite 3. Tuulivoimaloiden sijaintikartat.

Liite 4. Tuulivoimaloiden sijaintikoordinaatit.

TIIVISTELMÄ

Tässä selvityksessä esitetään Vaalan Metsälamminkankaan alueelle suunniteltujen tuulivoimaloiden aiheuttama ympäristömelu. Selvitys on tehty ympäristövaikutusten arviointia (YVA) varten. Tutkittavia sijoitusvaihtoehtoja on kaksi: vaihtoehdossa VE1 on 15 turbiinia ja vaihtoehdossa VE2 on 27 turbiinia (12 lisäturbiinia ensimmäiseen vaihtoehtoon). Kumminkin sijoitusvaihtoehdot tutkittiin 3 MW:n ja 4,5 MW:n nimellistehollisilla turbiineilla.

Ulkoalueiden melutaso

Laskentatulosten perusteella vaihtoehdossa VE1 (15 turbiinia):

- Valtioneuvoston päätöksen päiväajan ohjearvo 45 dB(A) ylittyy yhdellä lomarakennuksella kummallakin voimalatyypillä. Lomarakennus on tuulivoimapuiston maa-alueen yhden vuokranantajan.
- Valtioneuvoston päätöksen yöajan ohjearvo 40 dB(A) ylittyy (tai on yhtä suuri) kolmella lomarakennuksella kummallakin voimalatyypillä. Lomarakennukset ovat tuulivoimapuiston maa-alueen vuokranantajien.
- Päiväajan suunnitteluohjearvo 40 dB(A) ylittyy (tai on yhtä suuri) kolmella lomarakennuksella kummallakin voimalatyypillä. Lomarakennukset ovat tuulivoimapuiston maa-alueen vuokranantajien.
- Yöajan suunnitteluohjearvo 35 dB(A) ylittyy (tai on yhtä suuri) neljällä lomarakennuksella kummallakin voimalatyypillä. Lomarakennuksista kolme on tuulivoimapuiston maa-alueen vuokranantajien.
- Yöajan suunnitteluohjearvo 35 dB(A) ylittyy pienellä alueella pohjoispuolen luonnonsuojelualueella. Jos aluetta ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä, ei yöohjearvoa tule soveltaa.

Laskentatulosten perusteella vaihtoehdossa VE2 (27 turbiinia):

- Valtioneuvoston päätöksen päiväajan ohjearvo 45 dB(A) ylittyy yhdellä lomarakennuksella kummallakin voimalatyypillä. Lomarakennus on tuulivoimapuiston maa-alueen yhden vuokranantajan.
- Valtioneuvoston päätöksen yöajan ohjearvo 40 dB(A) ylittyy kolmella lomarakennuksella kummallakin voimalatyypillä. Lomarakennukset ovat tuulivoimapuiston maa-alueen vuokranantajien.
- Valtioneuvoston päätöksen ohjearvot 45 ja 40 dB(A) ylittyvät pienellä alueella pohjoispuolella olevalla luonnonsuojelualueella kummallakin voimalatyypillä.
- Päiväajan suunnitteluohjearvo 40 dB(A) ylittyy kolmella lomarakennuksella kummallakin voimalatyypillä. Lomarakennukset ovat tuulivoimapuiston maa-alueen vuokranantajien.
- Yöajan suunnitteluohjearvo 35 dB(A) ylittyy neljällä lomarakennuksella kummallakin voimalatyypillä. Lomarakennuksista kolme on tuulivoimapuiston maa-alueen vuokranantajien.
- Suunnitteluohjearvot 40 ja 35 dB(A) ylittyvät osalla pohjoispuolen luonnonsuojelualueella. Jos aluetta ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä, ei yöohjearvoa tule soveltaa.

Vaikka nimellisteholtaan 3 ja 4,5 MW:n tuulivoimaloiden kokonaisäänitehotasossa on 1,5 dB(A):n ero, ei voimaloiden ympäristöön aiheuttamassa äänitasossa ole juurikaan eroa. Tämä johtuu terssikaistakohtaisten äänitehotasojen eroista. Nimellisteholtaan 4,5 MW:n voimalassa yli 2000 hertsin taajuudella olevat äänitehotasot ovat suurempia vaikuttaen kokonaisäänitehotasoon, mutta korkeataajuiset äänet vaime-

nevat pienitaajuisia nopeammin. Näin ollen ympäristön äänitasojen kannalta voimalat ovat käytännössä melupäästöltään samanarvoisia.

Sijoitusvaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä eroa on melualueiden laajuudessa. Suurempi määrä voimaloita aiheuttaa laajemmat melualueet. Laajemmilla melualueilla ei kuitenkaan käytännössä ole kuin enemmän luonnonsuojelualuetta. Lisäksi lomarakennuksilla ja metsästysmajoilla äänitasot hieman kasvavat vaihtoehdossa VE2; muutos on välillä 1–3 dB(A).

Asuntojen pienitaajuinen sisä-äänitaso

Laskentatulosten perusteella tuulivoimaloiden aiheuttaman pienitaajuisen äänen taso alittaa asuin- ja lomarakennuksien sisätiloissa suunnitteluohjearvot kaikilla terssikaistoilla vähintään viidellä desibelillä kaikissa tilanteissa.

Lähtötietojen perusteella nimellisteholtaan suuremmassa 4,5 MW:n voimalassa pienitaajuisen äänen lähtöarvot ovat pienempiä tai yhtä suuria kuin 3 MW:n voimalassa.

1 YLEISTÄ

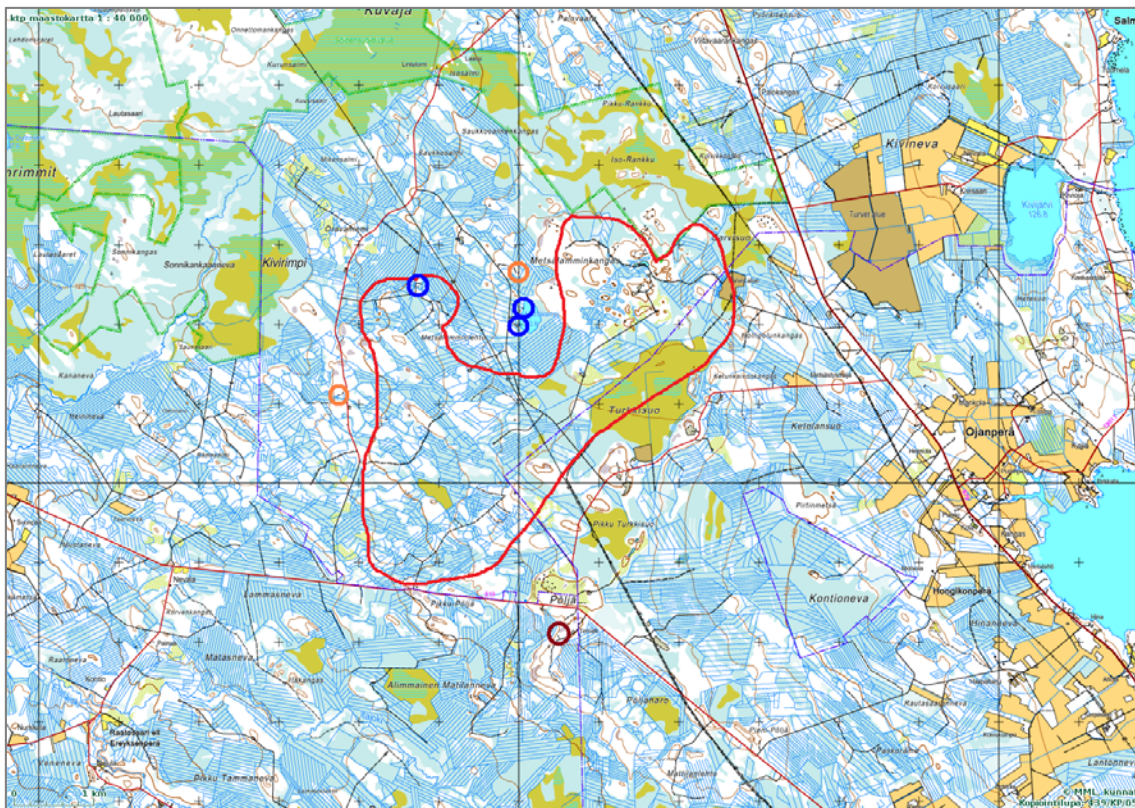
Tässä selvityksessä esitetään Vaalan Metsälamminkankaan alueelle suunniteltujen tuulivoimaloiden aiheuttama ympäristömelu. Selvitys on tehty ympäristövaikutusten arviointia (YVA) varten. Tutkittavia sijoitusvaihtoehtoja on kaksi: vaihtoehdossa VE1 on 15 turbiinia ja vaihtoehdossa VE2 on 27 turbiinia (12 lisäturbiinia ensimmäiseen vaihtoehtoon). Kummatkin sijoitusvaihtoehdot tutkittiin 3 MW:n ja 4,5 MW:n nimellistehollisilla turbiineilla.

Selvitys perustuu laskennalliseen mallinnukseen, joka tehtiin noudattaen ympäristöministeriön 28.2.2014 julkaisemaa tuulivoimaloiden melumallinnusohjetta [1]. Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso mallinnettiin suurimman melupäästön mukaisessa käyttötilanteessa. Raportin liitteinä olevat melukartat vastaavat näin ollen suurimman melupäästön mukaista tilannetta olosuhteissa, joissa melun leviäminen on suotuisaa samanaikaisesti kaikkiin ilmansuuntiin. Melupäästöjen lähtötietoina on käytetty tilaajan toimittamia tuulivoimaloiden äänitehotasoja.

Selvityksen ovat tehneet Tero Virjonen ja Jani Kankare.

2 TUULIVOIMALOIDEN SIJAINNIT JA YMPÄRISTÖ

Tuulivoimapuistoa ollaan suunnittelemassa Vaalaan Metsälamminkankaalle. Kuvassa 1 on esitetty tuulivoimaloiden likimääräinen sijoittumisalue. Alueen pituus on noin 6 km. Tuulivoimalat sijoittuisivat lähimmillään noin 300 m etäisyydellä lomarakennuksesta. Vakituiseen asumiseen käytettäviä rakennuksia ei ole tuulivoimapuiston lähiympäristössä. Karttaan on merkitty lähimmät rakennukset seuraavasti: sinisillä ympyröillä on merkitty tuulivoimapuiston maa-alueen vuokranantajien lomarakennukset, oranssilla metsästysmajat ja ruskealla muut lomarakennukset. Tiedot perustuvat tilaajan antamiin tietoihin. Hankealueen pohjoispuolella on luonnonsuojelualue.



Kuva 1. Tuulivoimaloiden likimääräinen sijoittumisalue on rajattu punaisella. Lähimmät rakennukset on merkitty ympyröin (sininen = maa-alueen vuokranantajien lomarakennuksia, oranssi = metsästysmaja, ruskea = muu lomarakennus).

3 YMPÄRISTÖMELUN ARVIOINTI

3.1 Mittaus ja laskenta

Teollisuuslaitoksen, liikenteen tms. aiheuttamaa melua voidaan arvioida mittaamalla äänitasoa haitalle mahdollisesti altistuvissa kohteissa ja vertaamalla mittaustulosta ohjearvoon. Saatavat tulokset voivat kuitenkin vaihdella mittaussijainkohdasta riippuen monestakin eri syystä. Äänen eteneminen vaihtelee suurilla etäisyyksillä mm. sääolosuhteiden takia. Lisäksi taustamelu saattaa häiritä mittauksia ja luotettava tulosta tarkasteltavasta toiminnasta ei saada.

Ympäristömelua voidaan arvioida myös laskennallisesti. Laskennallisen mallinnuksen tulos on yksittäisestä säätilasta riippumaton (laskennassa säätilan oletetaan olevan äänen leviämislle suotuisa). Lisäksi laskennalla saadaan äänitaso selvitettyä myös muissakin pisteissä, kuin pelkästään mittauspisteissä.

Arvioitaessa uuden toiminnan aiheuttamaa äänitasoa, on laskennallinen mallinnus ainoa vaihtoehto.

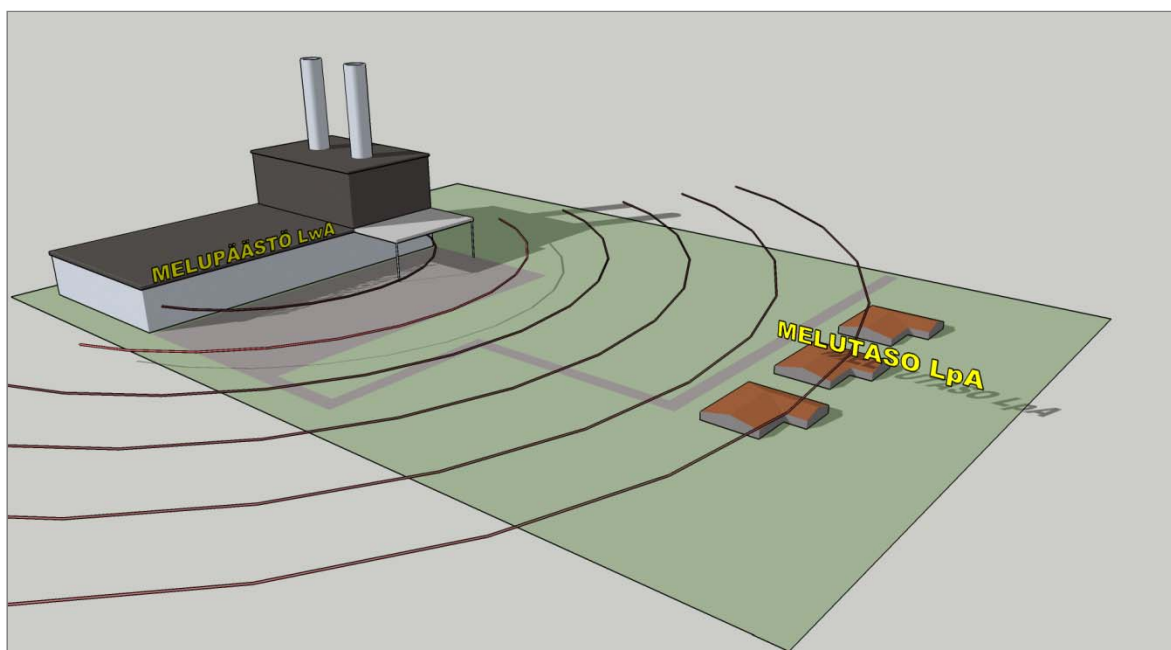
3.2 Melua kuvaavat suureet

Ympäristömeluun liittyvistä käsitteistä tärkeimmät ovat:

- melulähteen melupäästö eli meluemissio
- melun kohteena olevan paikan melutaso eli meluimmissio
- keskiäänitaso eli ekvivalentti A-äänitaso.

Melupäästö on melulähteen voimakkuus, joka yleensä ilmaistaan äänitehotasona. Äänitehotaso on äänilähteen oma, sijoituspaikasta ja ympäristöstä riippumaton perusominaisuus. Kokonaismelupäästönä ilmoitetaan tavallisesti A-painotettu äänitehotaso L_{WA} .

Melutaso on kohteen tai kuuntelupisteen äänitaso, joka yleensä ilmaistaan A-painotettuna äänenpainetasona. A-painotus on tarkoitettu ihmisen kokeman meluhäiriön arviointiin. Äänenpainetasonmittarissa se toteutetaan mittaussignaalin suodattimella, joka jäljittelee ihmisen korvan ja kuuloaistin herkkyyttä erikorkuisille äänille.



Kuva 2. Melun leviäminen lähteestä havaintopisteeseen.

Huomioitavaa on, että sekä havaittavan äänitason että äänitehotason yksikkö on desibeli (dB). Suureita ei tule sekoittaa keskenään! Äänitehotaso on äänilähteen oma, sijoituspaikasta ja ympäristöstä riippumaton perusominaisuus. Havaittava äänitaso sen sijaan riippuu mm. äänilähteen äänitehotasosta, etäisyydestä sekä muista ääntä vaimentavista/vahvistavista tekijöistä.

3.3 Meluhaittojen arviointi

Ympäristömelun häiritsevyyden arviointiin käytetään melun A-äänitasoa. Kun pitkän ajanjakson aikana esiintyvää vaihtelevaa melua ja ihmisen kokemaa terveys- tai viihtyvyyshaittaa kuvataan yhdellä luvulla, käytetään keskiäänitasoa. Keskiäänitason muita nimityksiä ovat ekvivalentti A-äänitaso ja ekvivalenttitaso ja sen tunnus on L_{Aeq} .

Keskiäänitaso ei ole pelkkä äänitason tavallinen keskiarvo. Määritelmään sisältyvä neliöön korotus merkitsee, että keskimääräistä suuremmat äänenpaineet saavat korostetun painoarvon lopputuloksessa. Keskiäänitaso siis korostaa suurimpia hetkellisiä äänitasoja. Toisaalta, jos melulähde toimii vain osan ajasta, sen pitkälle aikavälille (esim. päiväajalle klo 7–22) laskettu keskiäänitaso on pienempi kuin toiminnan aikana vallitseva hetkellinen A-äänitaso.

Tuulivoimaloiden osalta tulee tapauskohtaisen harkinnan perusteella arvioida myös asuntojen sisätiloihin aiheutuvan pienitaajuisen äänen voimakkuus.

4 MELUTASON OHJEARVOT JA TUULIVOIMAMELUN SUUNNITTELUOHJEARVOT

Tuulivoimalan sijoituksen suunnitteluun ei ole olemassa määräysarvoja, joita melutason tulisi täyttää. Ympäristöministeriön ohjeessa 4/2012 [2] on todettu, että melun häiritsevyydestä johtuen yleisesti käytetyt valtioneuvoston päätöksen 993/1992 ohjearvot (taulukko 1) eivät suoraan sovellu tuulivoimamelun häiritsevyyden arviointiin. Ohjeen mukaan tuulivoimaloiden suunnittelussa suositellaan käytettävän ohjeessa esitettyjä suunnitteluohjearvoja (taulukko 2). Ne perustuvat pääosin muiden maiden kokemuksiin tuulivoimaloiden tuottaman äänen häiriövaikutuksista ja muissa maissa käytössä oleviin tuulivoimalamelulle annettuihin ohjearvoihin.

4.1 Valtioneuvoston päätös 993/1992

Lähipääntä kaavoituksen ja maankäytön kannalta käytettävät ohjearvot on annettu 1.1.1993 voimaan astuneessa valtioneuvoston päätöksessä 993/1992 [3]. Taulukossa 1 on esitetty päätöksen sisältämät ohjearvot ulkona havaittavalle ympäristömelulle. Päätöstä sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyisyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyssä. Päätöstä ei sovelleta teollisuus-, katu- ja liikennealueilla eikä melusuoja-alueiksi tarkoitetuilla alueilla.

Taulukko 1. Ulkoalueiden keskiäänitason L_{Aeq} ohjearvot [3]

Alueen käyttötarkoitus	Keskiäänitaso L_{Aeq}	
	Klo 7–22	Klo 22–7
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja taajamien välittömässä läheisyydessä	55 dB(A) ¹	50 dB(A) ^{1,2}
Hoito- tai oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB(A)	50 dB(A) ^{2,3}
Loma-asumiseen käytettävät alueet, leirintäalueet, taajamien ulkopuolella olevat virkistysalueet ja luonnonsuojelualueet	45 dB(A)	40 dB(A) ⁴

¹ Loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamassa voidaan soveltaa näitä ohjearvoja.

² Uusilla alueilla yöohjearvo on 45 dB(A).

³ Oppilaitoksia palvelevilla alueilla ei sovelleta yöohjearvoa.

⁴ Yöohjearvoa ei sovelleta sellaisilla luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä.

Päätöksessä on maininta, että jos melu on luonteeltaan iskumaista tai kapeakaistaista, mittaus- tai laskentatulokseen lisätään 5 dB ennen sen vertaamista edellä mainittuihin ohjearvoihin.

4.2 Suunnitteluohjearvot

Ympäristöministeriön ohjeessa annetut suunnitteluohjearvot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Ulkoalueiden keskiäänitason L_{Aeq} suunnitteluohjearvot [2]

Alueen käyttötarkoitus	Keskiäänitaso L_{Aeq}	
	Klo 7–22	Klo 22–7
Asumiseen käytettävillä alueilla, loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamissa, virkistysalueilla	45 dB(A)	40 dB(A)
Loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamien ulkopuolella, leirintäalueilla, luonnonsuojelualueilla*	40 dB(A)	35 dB(A)
Muilla alueilla	Ei sovelleta	Ei sovelleta

* yöarvoa ei sovelleta luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä.

Tuulivoimarakentamisen ulkomelutason suunnitteluohjearvot määritetään A-taajuuspainotettuna keskiäänitasona L_{Aeq} erikseen yhden vuorokauden päiväajan (klo 7–22) ja yöajan (klo 22–7) osalta. Kyse ei ole hetkellisistä enimmäisäänitasoista. Tämä tarkoittaa, että kunkin vuorokauden päiväajan 15 tunnin (klo 7–22) keskimääräisen ulkomelutason (L_{Aeq}) on tarkoitus pysyä annetun päiväajan suunnitteluohjearvon mukaisena. Vastaavasti kunkin vuorokauden yöajan osalta 9 tunnin (klo 22–7) keskimääräisen ulkomelutason (L_{Aeq}) on tarkoitus pysyä annetun yöajan suunnitteluohjearvon mukaisena.

Ohjeessa on lisäksi kirjoitettu, että mikäli tuulivoimalan ääni on tarkastelupisteessä soivaa (tonaalista), kapeakaistaista tai impulssimaista tai se on selvästi sykkivää (amplitudimoduloitua eli äänen voimakkuus vaihtelee ajallisesti), lisätään laskenta- tai mittaustulokseen 5 desibeliä ennen suunnitteluohjearvoon vertaamista.

Tuulivoimamelun mallinnusohjeessa [1] on kuitenkin todettu, että amplitudimodulaatioon liittyvää korjausta ei lähtökohtaisesti tehdä mallinnuksiin, mikäli valmistajan tietojen mukaan tai mittauksen perusteella ei ole syytä olettaa melua impulssimaiseksi tai amplitudimoduloituksi. Tuulivoimaloiden valmistaja ei ole ilmoittanut voimaloiden aiheuttavan amplitudimoduloitua melua.

4.3 Asuntojen sisätilojen pienitaajuinen ääni

Ympäristöministeriön ohjeessa [2] on esitetty, että pienitaajuisen äänen osalta asuntojen sisätiloissa käytetään Asumisterveysohjeen [4] mukaisia terssikaistoittain määritettyjä taajuuspainottamattomia tunnin keskiäänitasoon $L_{eq,1h}$ perustuvia suunnitteluohjearvoja (taulukko 3).

Taulukko 3. Sisätilojen pienitaajuisen äänitason suunnitteluohjearvot [2, 4]

Terssikaistan keskitäajuus (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

* päiväaikana voidaan hyväksyä noin 5 dB suurempia arvoja.

5 MELUTASOJEN LASKENTA

5.1 Laskentamenetelmät

Tuulivoimaloiden melutasojen mallinnus tehtiin laskentaohjelmalla DataKustik Cadna 4.4 käyttäen standardia ISO 9613-2 [5]. Asuntojen sisätiloihin aiheutuvan pienitaajuisen äänen voimakkuus laskettiin tanskalaisen ohjeistuksen [6] mukaan (DSO 1284). Laskennat suoritettiin ohjetta [1] noudattaen.

Melumallinnuksen lähtötietoina on käytetty tilaajan toimittamia tuulivoimaloiden äänitehotasoja. Lähtötietojen perusteella määritetään äänilähteiden aiheuttama äänenpainetaso tarkastelupisteissä erilaiset ääntä vaimentavat ja vahvistavat tekijät huomioiden. Vaimennus- ja vahvistustekijöinä huomioidaan mm. geometrinen leviäminen, estevaimennus ja maavaimennus. Puuston äänitasoa pienentävää vaikutusta ei ole huomioitu. Pienitaajuisen äänen laskennat suoritettiin DSO 1284 mukaan siten, että laskennassa huomioitiin etäisyysvaimennus, ilmakehän aiheuttama vaimennus sekä maaperän tai vesialueen aiheuttama vahvistus. Pienitaajuisen äänen laskennat suoritettiin taulukkolaskentana.

Melumallinnuksen laskentatulokset vastaa ”normaalin melulähteen tilanteessa” pitkän ajanjakson keskiäänitasoa melun leviämisen suotuisissa sääolosuhteissa. Normaalitylanteessa melulähteen melupäästö on vakio. Tuulivoimaloiden tapauksessa näin ei ole, vaan melupäästö muuttuu lähes jatkuvasti tuulen nopeuden ja suunnan mukaan. Raportin liitteinä olevat melukartat vastaavat suurimman melupäästön mukaista tilannetta olosuhteissa, joissa melun leviäminen on suotuisaa samanaikaisesti kaikkiin ilmansuuntiin.

Taulukossa 4 on esitetty laskennassa käytetyt laskenta-asetukset.

Taulukko 4. Laskenta-asetukset

Parametri	Käytetty arvo
Laskentaruudun koko	20 x 20 m ²
Laskentakorkeus	4 m
Melutason laskentaetäisyys	6000 m
Maanpinnan akustinen kovuus	Veden pinta 0 (kova) Muu ympäristö 0,4 (puolikova)
Rakennusten heijastus	Absorptiokerroin 0,2 (lähes täysin kova)
Heijastusten lukumäärä	1
Lämpötila ja suhteellinen kosteus	+15 °C ja 70 %
Sääolosuhde	Neutraali tai stabiili sääolosuhde, meteorologinen korjaus: 0

5.2 Lähtötiedot

5.2.1 Maastoprofiili ja rakennukset

Tarkasteltavan ja sitä ympäröivän alueen maastomalli sekä tiedot rakennuksista hankittiin Maanmittauslaitokselta. Maastomalli on luotu Maanmittauslaitoksen korkeusmallista, jossa korkeuspisteet ovat 10 m x 10 m verkossa. Korkeuskäyrät on tuotu melukarttoihin vain visuaalisuuden vuoksi. Rakennukset on esitetty melukartoissa käyttötarkoituksen mukaan eri väreillä:

- asuinrakennukset mustalla
- lomarakennukset sinisellä
- muut rakennukset harmaalla.

Merkinnät perustuvat Maanmittauslaitoksen aineistoon.

5.2.2 Melulähteet

Melutasotarkastelu tehtiin nimellisteholtaan 3 tai 4,5 megawatin voimaloille. Voimaloiden melupäästöä (äänitehotaso) voidaan kontrolloida erilaisilla vaimennusstrategioilla (A, B, ...). Vaimennusstrategiat ovat käytännössä lapakulmien säätöä ja pyörimisnopeuden hallintaa. Tässä selvityksessä normaalin käyttötilanteen lisäksi ei ole tarkasteltu vaimennusstrategioiden vaikutusta melutasoihin.

Laskennoissa käytetyt tuulivoimaloiden äänitehotasot on esitetty taulukoissa 5 ja 6. Äänitehotaso on tuulivoimalalle ilmoitettu suurin kokonaismelupäästö. Taajuusvälin 20–40 Hz äänitehotasot on molemmilla voimaloilla ekstrapoloitu taajuusalueen 50–200 Hz tiedoista.

Taulukko 5. Yhden 3 MW:n tuulivoimalan äänitehotaso

Äänitehotaso terssikaistoittain																
Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400		
L_{WA} (dB)	66	68	71	73	75	78	80	83	84	86	88	90	93	95		
Taajuus [Hz]	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10k		
L_{WA} (dB)	97	98	97	96	95	93	93	92	91	90	87	85	82	79		
Äänitehotaso oktaavikaistoittain																
Taajuus [Hz]	63		125		250		500		1000		2000		4000		8000	
L_{WA} (dB)	83		89		96		102		101		98		94		87	
A-painotettu kokonaisäänitehotaso $L_{WA} = 106,0$ dB(A)																
Äänitehotaso vastaa tuulen nopeutta 7,1 m/s kymmenen metrin korkeudelta mitattuna																
Napakorkeus: 140 m																
Roottorin halkaisija: 120 m																

Taulukko 6. Yhden 4,5 MW:n tuulivoimalan äänitehotaso

Äänitehotaso terssikaistoittain																
Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400		
L_{WA} (dB)	58	62	65	68	70	76	80	83	86	88	90	92	94	95		
Taajuus [Hz]	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10k		
L_{WA} (dB)	97	97	97	97	96	95	95	95	95	95	94	92	89	87		
Äänitehotaso oktaavikaistoittain																
Taajuus [Hz]	63		125		250		500		1000		2000		4000		8000	
L_{WA} (dB)	82		91		97		101		101		100		99		95	
A-painotettu kokonaisäänitehotaso $L_{WA} = 107,5$ dB(A) Äänitehotaso vastaa tuulen nopeutta 10 m/s kymmenen metrin korkeudelta mitattuna Napakorkeus: 140 m Roottorin halkaisija: 130 m																

5.3 Suoritetut laskennat

Selvityksessä on mallinnettu tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso suurimman melupäästön mukaisessa käyttötilanteessa. Toisin sanoen samaan aikaan kaikkien voimaloiden A-painotettu kokonaismelupäästö on maksimissaan. Tarkastelut tehtiin sijoitusvaihtoehtoilla VE1 ja VE2 turbiinien nimellistehoilla 3 MW ja 4,5 MW.

Melukartat on esitetty alueelle, jolla tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso ylittää 35 dB(A). Melukartoissa ei ole esitetty melutasoja vesialueiden päällä.

Pienitaajuisia sisääänitasoja tarkasteltiin kolmeen (3) pisteeseen. Laskennat suoritettiin sijoitusvaihtoehdolle VE2 käyttäen taulukon 7 mukaisia äänitehotasoja. Arvot ovat 3 MW:n voimalan äänitehotasot tuulen nopeudella 8,5 m/s kymmenen metrin korkeudella maanpinnasta.

Taulukko 7. Yhden tuulivoimalan äänitehotaso pienitaajuisen äänen tarkastelussa

Äänitehotaso terssikaistoittain											
Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
L_{WA} (dB)	66	69	71	74	77	80	82	85	86	88	89

6 LASKENTATULOKSET

6.1 Ulkoalueiden melutaso

Laskentatulokset tuulivoimaloiden aiheuttaman melun leviämisestä on esitetty liitteinä olevissa melukartoissa. Laskettu keskiäänitaso vastaa sekä päivä- että yöajan keskiäänitasoa, jos säätila pysyy koko ajan melun leviämisen kannalta suotuisana ja tuulivoimaloiden melupäästö vakiona.

Laskentatulosten perusteella:

- Tuulivoimaloiden melualueella on neljä lomarakennusta. Keskiäänitaso lomarakennuksilla on välillä 35–47 dB(A).
- Tuulivoimaloiden melualueella on kaksi metsästysmajaa. Keskiäänitaso metsästysmajoilla on eri tarkastelutilanteissa 37–41 dB(A).
- Osalla pohjoispuolella olevaa luonnonsuojelualuetta äänitaso ylittää 35 dB(A). Suurimmillaan äänitaso on 50 dB(A) sijoitusvaihtoehdon VE2 mukaisissa tilanteissa.

Taulukossa 8 on esitetty melualueilla olevien lomarakennusten määrä eri tilanteissa. Asuinrakennuksia tuulivoimaloiden vaikutusalueella ei ole.

Taulukko 8. Melualueilla olevien lomarakennusten määrä

Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 ohjearvot				
Vaihtoehto	Voimalat	Liitekarta	Päiväajan ohjearvon 45 dB(A) ylittävällä melualueella olevien lomarakennusten määrä	Yöajan ohjearvon 40 dB(A) ylittävällä melualueella olevien lomarakennusten määrä
VE1	3 MW	1.1	1 ^A	(2 + 1) ^{A, B}
	4,5 MW	1.2	1 ^A	3 ^A
VE2	3 MW	2.1	1 ^A	3 ^A
	4,5 MW	2.2	1 ^A	3 ^A
Suunnitteluohjearvot				
Vaihtoehto	Voimalat	Liitekarta	Päiväajan suunnitteluohjearvon 40 dB(A) ylittävällä melualueella olevien lomarakennusten määrä	Yöajan suunnitteluohjearvon 35 dB(A) ylittävällä melualueella olevien lomarakennusten määrä
VE1	3 MW	1.1	(2 + 1) ^{A, B}	3 ^A + 1 ^D
	4,5 MW	1.2	3 ^A	3 ^A + 1 ^D
VE2	3 MW	2.1	3 ^A	4 ^C
	4,5 MW	2.2	3 ^A	4 ^C

^A Lomarakennukset ovat tuulivoimapuiston maa-alueen vuokranantajien omistuksessa.

^B Yhdellä äänitaso on juuri 40 dB(A).

^C Lomarakennuksista kolme on tuulivoimapuiston maa-alueen vuokranantajien omistuksessa.

^D Äänitaso on juuri 35 dB(A).

6.2 Asuntojen A-painotettu sisä-äänitaso

Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso loma- tai asuinrakennuksen julkisivuun on suurimmillaan alle 50 dB(A). Koska normaalisti rakennetun loma- tai asuinrakennuksen julkisivun ääneneristävyys on arviolta vähintään 20...25 dB, voidaan asuntojen sisä-äänitason arvioida alittavan Asumisterveysohjeen A-painotetut ohjearvot 35 dB(A) (päivä) ja 30 dB(A) (yö).

6.3 Asuntojen pienitaajuinen sisä-äänitaso

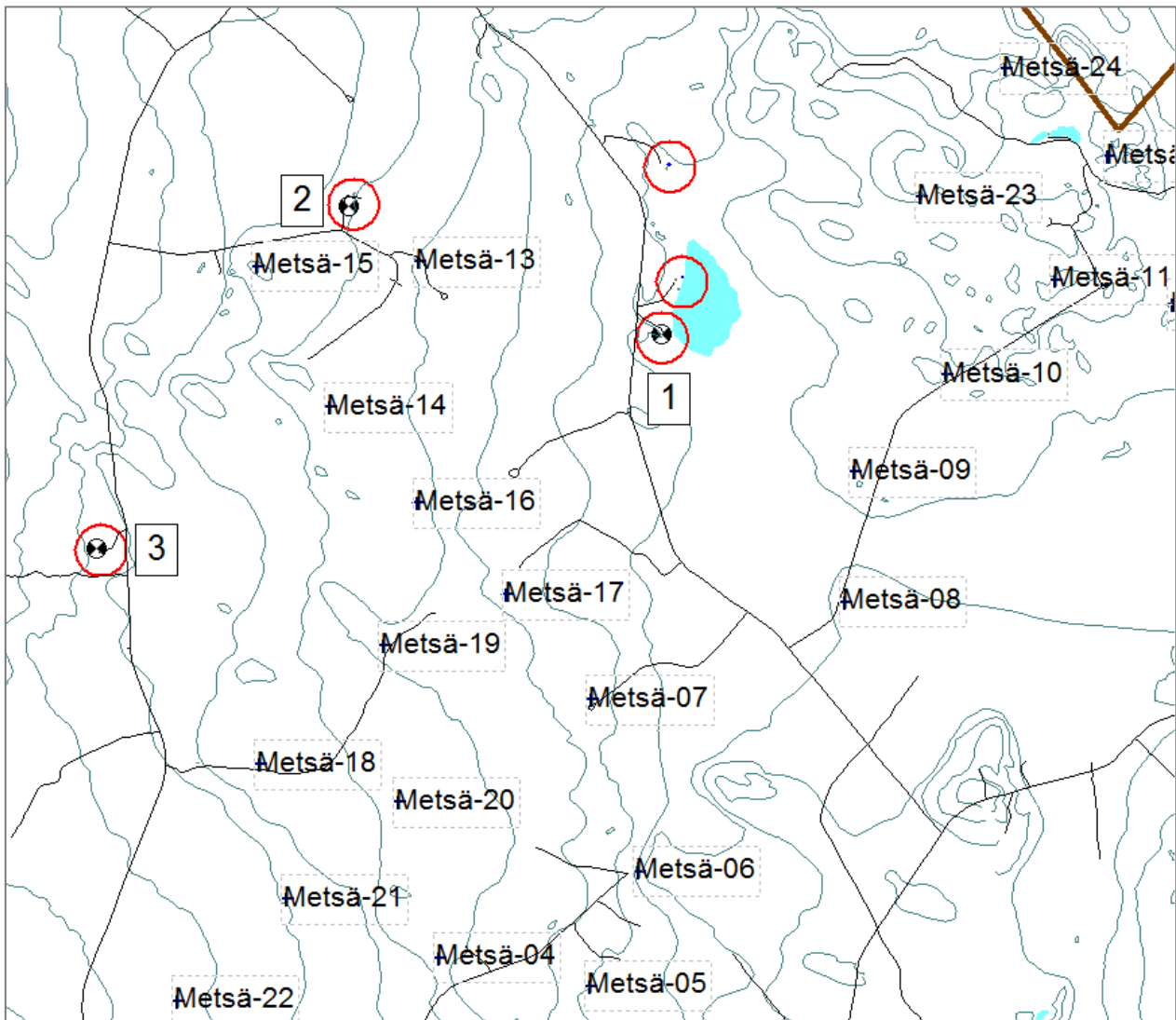
Taulukossa 10 on esitetty tarkastelupisteisiin lasketut pienitaajuisen äänen tasot sekä arviot sisätiloihin aiheutuvista äänitasoista. Laskennassa äänilähteinä huomioitiin neljä tarkastelupistettä lähinnä olevaa tuulivoimalaa.

Pienitaajuisen äänen osalta tarkastelu on tehty taajuuksvälille 20–200 Hz. Taajuuksvälin 20–40 Hz lähtöarvot on ekstrapoloitu taajuuksalueen 50–200 Hz tiedoista.

Sisä-äänitasot on arvioitu käyttäen hyväksi selvityksen [6] (taulukko 9) keskimääräisiä ääneneristävyyksiä pienitaajuiselle äänelle (200 Hz on arvioitu).

Kuvassa 3 on esitetty käytetyt tarkastelupisteet. Pisteet on sijoitettu ympäristön rakennuksille, joilla äänitaso on suurimmillaan. Tarkastelu on tehty sijoitusvaihtoehdolle VE2. Vaihtoehdossa VE1 sisä-äänitasot ovat samansuuruisia tai pienempiä.

Tarkastelu on tehty käyttäen lähtömelupäästönä 3 MW:n voimalan tietoja. Nimellisteholtaan suuremmassa 4,5 MW:n voimalassa pienitaajuisen äänen lähtöarvot ovat pienempiä.



Kuva 3. Pienitaajuisen äänen tarkastelupisteet.

Taulukko 9. DSO 1824 mukainen julkisivun keskimääräinen ääneneristävyys [6]

Taajuus	20 Hz	25 Hz	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
Eristävyys	7 dB	8 dB	11 dB	11 dB	13 dB	17 dB	20 dB	21 dB	20 dB	21 dB	21 dB

Taulukko 10. Tuulivoimaloiden julkisivuihin aiheuttamat sekä sisätiloihin arvioidut äänitasot

	Taajuuspainottamaton äänitaso [dB]										
Terssi- kaistan keski- taajuus	20 Hz	25 Hz	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
Piste	<i>Julkisivuun kohdistuva tunnin keskiäänitaso</i>										
1	57	54	50	48	46	45	43	41	38	35	32
2	63	60	56	54	52	51	49	47	44	42	38
3	56	54	50	47	46	45	42	41	37	34	31
	<i>Sisätiloihin arvioitu tunnin keskiäänitaso</i>										
1	50	45	39	37	33	28	23	20	18	14	11
2	56	51	45	43	39	34	29	26	24	20	17
3	49	45	39	36	33	28	22	20	17	13	10
	<i>Suunnitteluohjearvo</i>										
	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Arvioidut sisä-äänitasot ovat kaikilla taajuuskaistoilla vähintään 5 dB pienempiä kuin suunnitteluohjearvojen mukaiset suurimmat sallitut arvot.

7 TUULIJAKAUMAN VAIKUTUS TULOSSIIN

Pitkän aikajakson, esimerkiksi kuukauden tai vuoden, keskiäänitasoon vaikuttaa tuulen suuntajakauma ja tuulen nopeusjakauma. Tuulen suuntajakauma vaikuttaa melun leviämiseen ja tuulen nopeus tuulivoimaloiden melupäästöihin. Käytettävällä mallinnusmenetelmällä ei tuulijakauman vaikutusta saada kunnolla mallinnettua eikä sitä ole mallinnusohjeessa [1] esitetty tehtävänsä. Tuulen suunta- ja nopeusjakaumien aiheuttamaa pitkän ajan vaikutusta voidaan kuitenkin karkeasti arvioida aiemmin toisiin tarkastelu-kohteisiin tekemiemme selvitysten perusteella. Tuulen suuntajakauman vaikutus on, että pitkänajan keskiäänitaso on noin 1...4 dB melukartoissa esitettyjä keskiäänitasoja pienempi riippuen ilmansuunnasta. Tuulen nopeusjakauman vaikutus on arviolta yli 3 dB keskiäänitasoa pienentävä kaikissa ilmansuunnissa.

8 TULOSTEN TARKASTELUA

Ulkoalueiden melutaso

Laskentatulosten perusteella:

- Vaihtoehdossa VE1 yöajan suunnitteluohjearvon 35 dB(A) ylittävällä melualueella on kolme lomarakennusta ja lisäksi yhdellä lomarakennuksella taso on juuri 35 dB(A).
- Vaihtoehdossa VE2 yöajan suunnitteluohjearvon 35 dB(A) ylittävällä melualueella on neljä lomarakennusta.
- Itäpuolella olevalla metsästysmajalla äänitaso on eri tarkastelutilanteissa 37–41 dB(A). Pohjoispuolella olevalla metsästysmajalla äänitaso on eri tarkastelutilanteissa 38–41 dB(A).
- Osalla pohjoispuolella olevaa luonnonsuojelualuetta äänitaso ylittää 35 dB(A). Suurimmillaan äänitaso on 50 dB(A) sijoitusvaihtoehdon VE2 mukaisissa tilanteissa. Jos aluetta ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä, ei yöohjearvoa 35 dB(A) tule soveltaa.

Edellä mainituista lomarakennuksista kolme on tällä hetkellä tuulivoimapuiston maa-alueen vuokranantajien. Asuinrakennuksia tuulivoimaloiden vaikutusalueella ei ole.

Vaikka nimellisteholtaan 3 ja 4,5 MW:n tuulivoimaloiden kokonaisäänitehotasossa on 1,5 dB(A):n ero, ei voimaloiden ympäristöön aiheuttamassa äänitasossa ole juurikaan eroa. Tämä johtuu terssikaistakohtaisten äänitehotasojen eroista. Nimellisteholtaan 4,5 MW:n voimalassa yli 2000 hertsin taajuudella olevat äänitehotasot ovat suurempia vaikuttaen kokonaisäänitehotasoon, mutta korkeataajuiset äänet vaimenevat pienitaajuisia nopeammin. Näin ollen ympäristön melutasojen kannalta voimat ovat käytännössä melupäästöltään samanarvoisia.

Sijoitusvaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä eroa on melualueiden laajuudessa. Suurempi määrä voimaloita aiheuttaa laajemmat melualueet. Laajemmilla melualueilla ei kuitenkaan käytännössä ole kuin enemmän luonnonsuojelualuetta. Lisäksi lomarakennuksilla ja metsästysmajoilla äänitasot hieman kasvavat vaihtoehdossa VE2; muutos on välillä 1–3 dB(A).

Asuntojen pienitaajuinen sisämelutaso

Laskentatulosten perusteella tuulivoimaloiden aiheuttaman pienitaajuisen äänen taso alittaa asuin- ja lomarakennuksien sisätiloissa suunnitteluohjearvot kaikilla terssikaistoilla vähintään viidellä desibelillä kaikissa tilanteissa.

Lähtötietojen perusteella nimellisteholtaan suuremmassa 4,5 MW:n voimalassa pienitaajuisen äänen lähtöarvot ovat pienempiä tai yhtä suuria kuin 3 MW:n voimalassa.

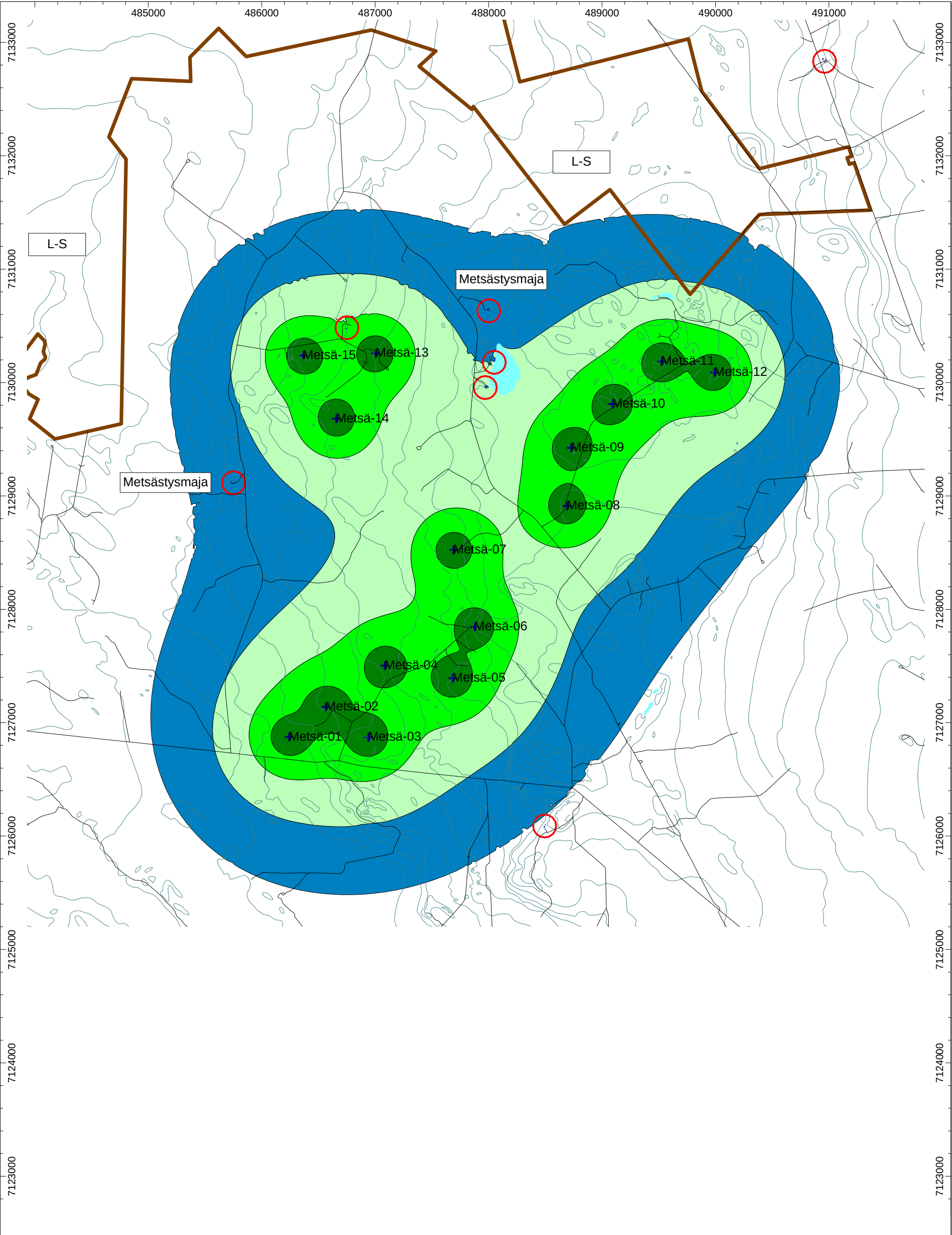
9 LISÄTIETOJA

Jani Kankare
Promethor Oy

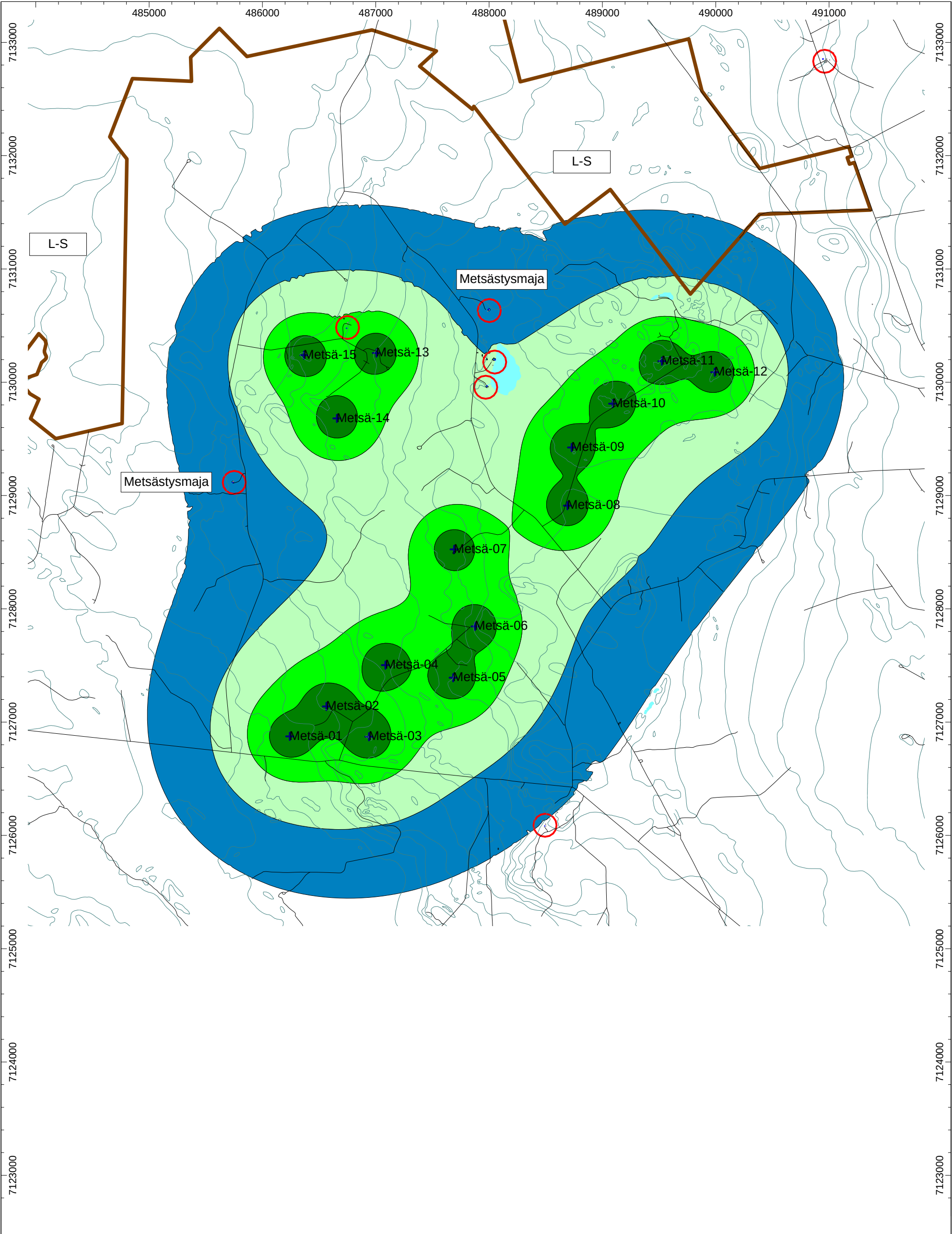
puh. 040 574 0028
sp. jani.kankare@promethor.fi

10 KIRJALLISUUS

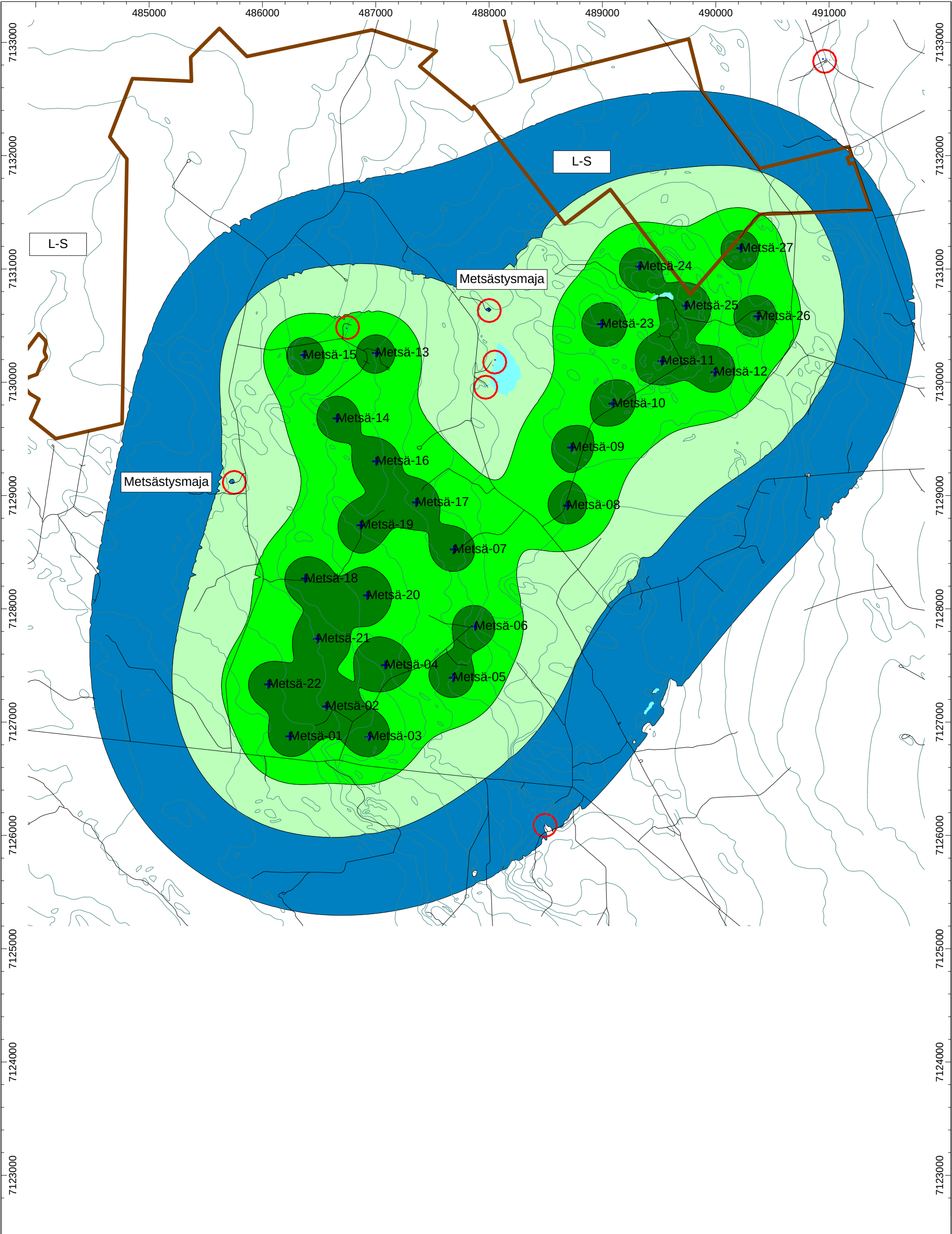
1. Ympäristöministeriö. Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2 / 2014.
2. Ympäristöministeriö. Ohjeita 4/2012. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu.
3. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 993/1992.
4. Sosiaali- ja terveysministeriö. Asumisterveysohje. 2003
5. ISO 9613-2:1996. Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 2: General method of calculation.
6. The Danish Ministry of the Environment. 2011. Statutory Order on Noise from Wind Turbines. Translation of Statutory Order no. 1284 of 15 December 2011. 14 s.



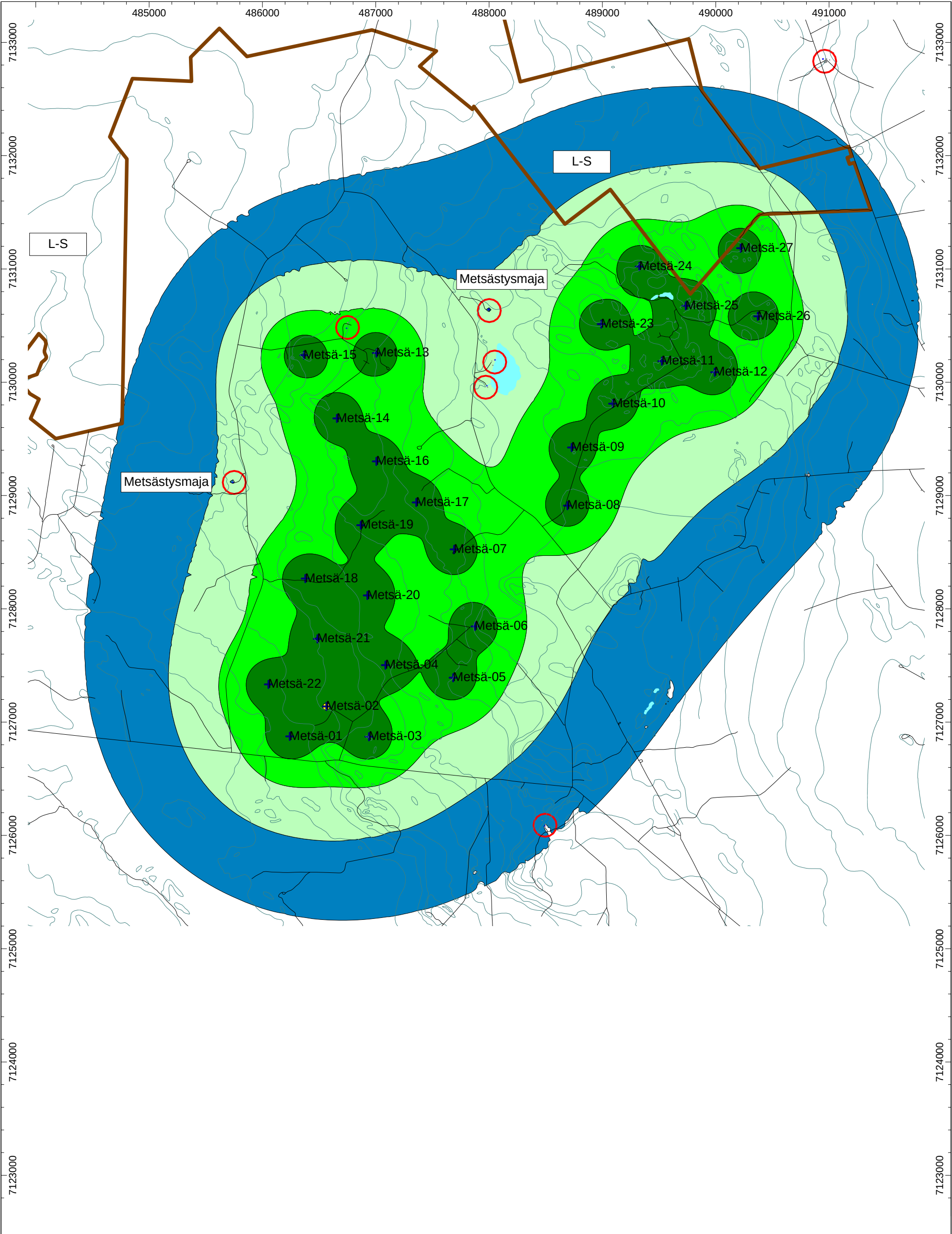
Liite 1.1 N W E S	> 35 dB(A) > 40 dB(A) > 45 dB(A) > 50 dB(A) > 55 dB(A) > 60 dB(A)	PR-Y2165-1	Mittakaava 1:32000 (A3)	Laskentakorkeus 4 m maan pinnasta
		Metsälamminkangas, Vaala. VE1 (15 turbiinia). 3 MW:n tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso LAeq voimalan suurimmalla äänitehotasolla LWA = 106,0 dB. Äänitehotaso vastaa tuulen nopeutta 7,1 m/s kymmenen metrin korkeudessa.		
		15.8.2014	PRMETHOR	



Liite 1.2 N W E S	> 35 dB(A) > 40 dB(A) > 45 dB(A) > 50 dB(A) > 55 dB(A) > 60 dB(A)	PR-Y2165-1	Mittakaava 1:32000 (A3)	Laskentakorkeus 4 m maan pinnasta
		Metsälamminkangas, Vaala. VE1 (15 turbiinia). 4,5 MW:n tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso LAeq voimalan suurimmalla äänitehotasolla LWA = 107,5 dB. Äänitehotaso vastaa tuulen nopeutta 10,0 m/s kymmenen metrin korkeudessa.		
		15.8.2014	PRMETHOR	



Liite 2.1	> 35 dB(A) > 40 dB(A) > 45 dB(A) > 50 dB(A) > 55 dB(A) > 60 dB(A)	PR-Y2165-1	Mittakaava 1:32000 (A3)	Laskentakorkeus 4 m maan pinnasta
		Metsälamminkangas, Vaala. VE2 (27 turbiinia). 3 MW:n tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso LAeq voimalan suurimmalla äänitehotasolla LWA = 106,0 dB. Äänitehotaso vastaa tuulen nopeutta 7,1 m/s kymmenen metrin korkeudessa.		
		15.8.2014	PR◉METHOR	



Liite 2.2	> 35 dB(A) > 40 dB(A) > 45 dB(A) > 50 dB(A) > 55 dB(A) > 60 dB(A)	PR-Y2165-1	Mittakaava 1:32000 (A3)	Laskentakorkeus 4 m maan pinnasta
		Metsäamminkangas, Vaala. VE2 (27 turbiinia). 4,5 MW:n tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso LAeq voimalan suurimmalla äänitehotasolla LWA = 107,5 dB. Äänitehotaso vastaa tuulen nopeutta 10 m/s kymmenen metrin korkeudessa.		
		15.8.2014	PRMETHOR	



VE1 sijoittelu

Finland ETRS-TM35FIN
Lon: 26°45'23" E
Lat: 64°16'59" N
Printed at: 10.4.2014



VE2 sijoittelu

Finland ETRS-TM35FIN
Lon: 26°45'23" E
Lat: 64°16'59" N
Printed at: 10.4.2014

Tuulivoimaloiden sijaintikoordinaatit

Tuulivoimala	Sijaintipaikan koordinaatit		
	X [m]	Y [m]	Z [m]
Metsä-1	486241	7126874	274
Metsä-2	486564	7127138	278
Metsä-3	486940	7126871	283
Metsä-4	487085	7127504	284
Metsä-5	487683	7127392	290
Metsä-6	487877	7127845	294
Metsä-7	487691	7128525	291
Metsä-8	488691	7128911	296
Metsä-9	488728	7129424	298
Metsä-10	489091	7129811	298
Metsä-11	489525	7130186	300
Metsä-12	489991	7130089	298
Metsä-13	487006	7130258	285
Metsä-14	486657	7129681	285
Metsä-15	486366	7130239	283
Metsä-16	487005	7129302	285
Metsä-17	487357	7128939	289
Metsä-18	486378	7128267	282
Metsä-19	486868	7128738	287
Metsä-20	486926	7128118	283
Metsä-21	486485	7127735	278
Metsä-22	486053	7127333	274
Metsä-23	488990	7130514	300
Metsä-24	489326	7131022	297
Metsä-25	489736	7130675	301
Metsä-26	490371	7130582	293
Metsä-27	490220	7131183	293

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-TM35FIN N2000