

VentusVis Oy
Kotkamills Oy

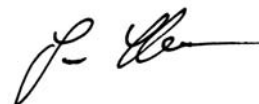
Turku 16.8.2012

Sivu 1(27)

TUULIVOIMALAPUISTON YMPÄRISTÖMELUSELVITYS

Kohde: Halla ja Kotkansaari, Kotka

Raportin vakuudeksi



Jani Kankare
Toimitusjohtaja, FM



HELSINKI

Porvoonkatu 9 A
00510 HELSINKI
puh (09) 321 2228
fax (09) 328 1050

www.promethor.fi

TURKU

Rautakatu 5 A 6
20520 TURKU
puh (02) 467 5110
fax (02) 467 5118

promet@promethor.fi

Sisällysluettelo

1	Yleistä.....	4
2	Tuulivoimaloiden sijainnit ja ympäristö.....	5
3	Ympäristömelun arviointi.....	6
	3.1 Mittaus ja laskenta	6
	3.2 Melua kuvaavat suureet	6
	3.3 Meluhaittojen arviointi.....	7
4	Tuulivoimaloiden melun suunnitteluohjeavot.....	7
	4.1 Ulkoalueiden melutaso.....	8
	4.2 Asuntojen pienitaajuinen sisämelutaso	8
5	Melutasojen laskenta	9
	5.1 Laskentamenetelmät.....	9
	5.2 Lähtötiedot	9
	5.2.1 Maastoprofiili ja rakennukset	9
	5.2.2 Tuulivoimaloiden melu.....	10
	5.2.3 Kotkamills Oy:n melulähteet.....	11
	5.3 Suoritetut laskennat.....	11
6	Laskentatulokset	12
	6.1 Ulkoalueiden melutaso.....	12
	6.2 Asuntojen A-painotettu sisämelutaso.....	15
	6.3 Asuntojen pienitaajuinen sisämelutaso	15
7	Asukasmääräanalyysi	19
8	Rakentamisen aikainen melu	20
9	Taustamelu ja hiljaiset alueet	20
10	Alueen muut tuulivoimahankkeet.....	21
11	Tuulijakauman vaikutus tuloksiin	22
	11.1 Tuulen suuntajakauman vaikutus	23
	11.2 Tuulen nopeusjakauman vaikutus.....	24
	11.3 Tuulen suuntajakauman ja nopeusjakauman yhteisvaikutus	25
12	Tulosten tarkastelua.....	25
	12.1 Ulkoalueiden melutaso.....	25
	12.2 Asuntojen pienitaajuinen sisämelutaso	26
	12.3 Yhteenveto eri vaihtoehtojen ulkomelutasoista	26
13	Lisätietoja	27

14	Kirjallisuus	27
Liite 1.	Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} tuulennopeudella 8 m/s, vaihtoehto 1.	
Liite 2.	Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} tuulennopeudella 8 m/s, vaihtoehto 2.	
Liite 3.	Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} tuulennopeudella 8 m/s, vaihtoehto 3.	
Liite 4.	Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} tuulennopeudella 8 m/s, vaihtoehto 1. Voimalat on vaimennettu strategian E mukaisesti.	
Liite 5.	Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} tuulennopeudella 8 m/s, vaihtoehto 2. Voimalat on vaimennettu strategian E mukaisesti.	
Liite 6.	Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} tuulennopeudella 8 m/s, vaihtoehto 3. Voimalat on vaimennettu strategian E mukaisesti.	
Liite 7.	Kotkamills Oy:n aiheuttama teollisuusmelu tehdasalueen lähiympäristössä.	
Liite 8.	Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitason L_{Aeq} muutos ΔL_{Aeq} vallitsevaan teollisuusmeluun verrattuna tuulennopeudella 8 m/s, vaihtoehdot 1 ja 3. Tehdasalueen lähiympäristö.	
Liite 9.	Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitason L_{Aeq} muutos ΔL_{Aeq} vallitsevaan teollisuusmeluun verrattuna tuulennopeudella 8 m/s, vaihtoehto 2. Tehdasalueen lähiympäristö.	
Liite 10.	Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitason muutos ΔL_{Aeq} vallitsevaan teollisuusmeluun verrattuna tuulennopeudella 8 m/s, vaihtoehdot 1 ja 3. Voimalat on vaimennettu strategian E mukaisesti. Tehdasalueen lähiympäristö.	
Liite 11.	Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitason muutos ΔL_{Aeq} vallitsevaan teollisuusmeluun verrattuna tuulennopeudella 8 m/s, vaihtoehto 2. Voimalat on vaimennettu strategian E mukaisesti. Tehdasalueen lähiympäristö.	
Liite 12.	Pienitaajuisen melun tarkastelupisteet.	
Liite 13.	Nykyiset melualueet ja hiljaiset alueet.	
Liite 14.	Alueen muut tuulivoimahankkeet.	

1 YLEISTÄ

Tässä selvityksessä esitetään Kotkan Hallan ja Kotkansaaren (Kotkamills Oy:n tehdasalue) alueille suunniteltujen tuulivoimaloiden aiheuttama ympäristömelu. Selvitys on tehty YVA-selostusta varten. Hankkeen vaihtoehdot ovat:

- VE0: tuulivoimatuotantoa ei toteuteta.
- VE1: Hallan alueelle rakennetaan neljä voimalaa ja Kotkansaaren alueelle rakennetaan neljä voimalaa.
- VE2: Hallan alueelle rakennetaan neljä voimalaa siten, että alueen pohjoisinta voimalaa siirretään etelämmäksi kuin vaihtoehdossa VE1. Kotkansaaren alueelle rakennetaan kolme voimalaa.
- VE3: Hallan alueelle rakennetaan viisi voimalaa ja Kotkansaaren alueelle rakennetaan neljä voimalaa.

Lisäksi vaihtoehtoja VE1 – VE3 tarkasteltiin siten, että tuulivoimaloiden melupäästöä pienennettiin vaimennusstrategian E mukaisesti.

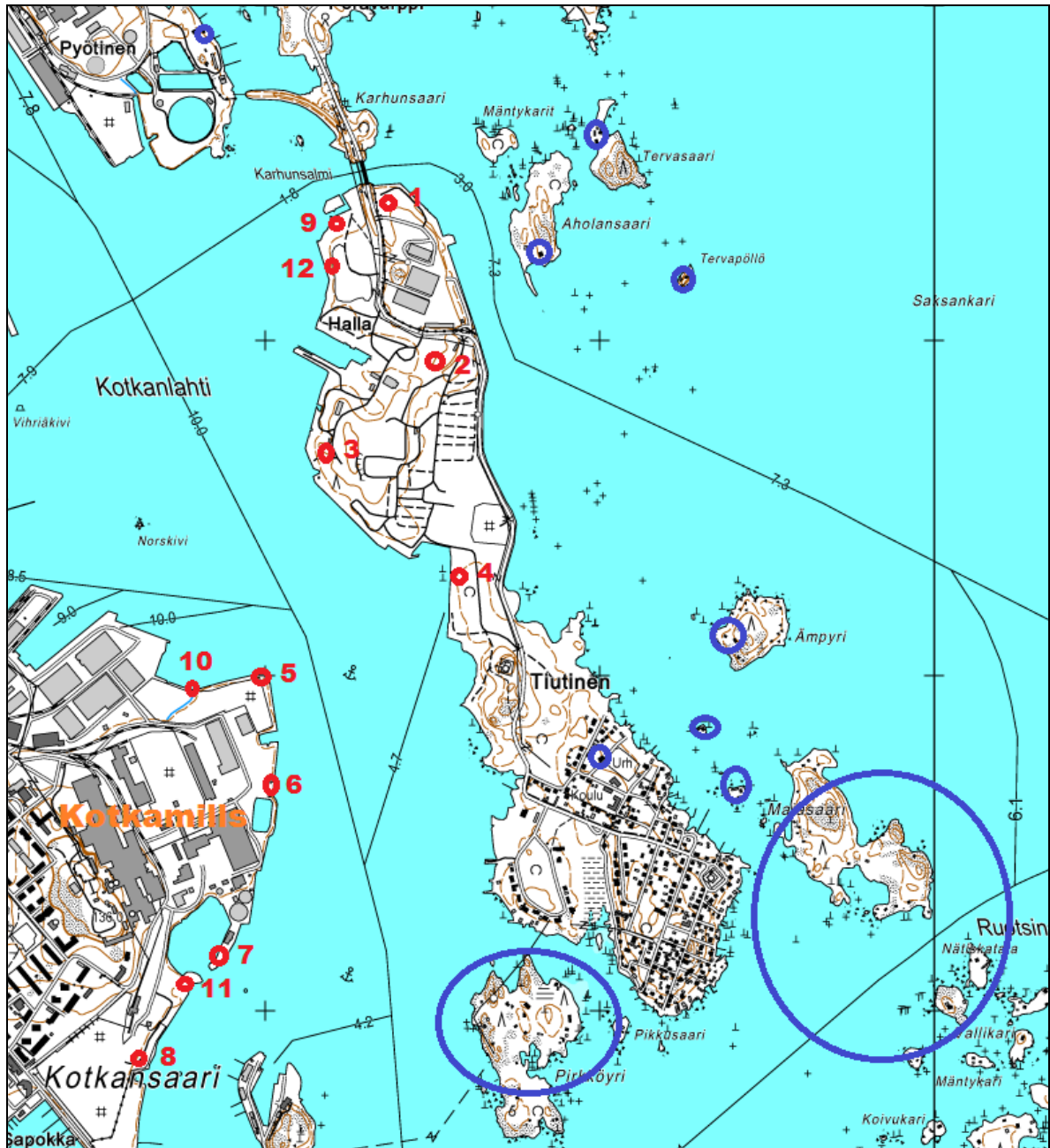
Meluselvitys perustuu laskennalliseen mallinnukseen, joka tehtiin käyttäen standardia ISO 9613-2 [1]. Melumallinnuksen lähtötietoina on käytetty tilaajan toimittamia tuulivoimaloiden (3 MW) äänitehotasoja.

Selvityksen ovat tehneet Tero Virjonen ja Jani Kankare.

2 TUULIVOIMALOIDEN SIJAINNIT JA YMPÄRISTÖ

Kuvassa 1 on esitetty tuulivoimaloiden mahdolliset sijoituspaikat numeroilla 1 - 12 sekä lähimmät lomarakennukset. Sijoitusvaihtoehdossa VE1 voimalat 1 - 8 ovat toiminnassa, vaihtoehdossa VE2 voimalat 2 - 4, 6 ja 9 - 11 ovat toiminnassa ja vaihtoehdossa VE3 voimalat 1 - 8 ja 12 ovat toiminnassa. Loma-asutus on merkitty kuvaan sinisillä rajauksilla. Mustat rakennukset ovat asuinrakennuksia lomakiinteistömerkintöjen ulkopuolella.

Etäisyys voimalasta 8 on lähimpään länsipuolella olevaan asuinrakennukseen noin 260 m. Etäisyys voimalasta 2 on lähimpään koillispuolella olevaan loma-asuntoon noin 450 m.



Tuulivoimaloiden mahdolliset sijoituspaikat on esitetty numeroilla 1 - 12.

3 YMPÄRISTÖMELUN ARVIOINTI

3.1 Mittaus ja laskenta

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

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

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

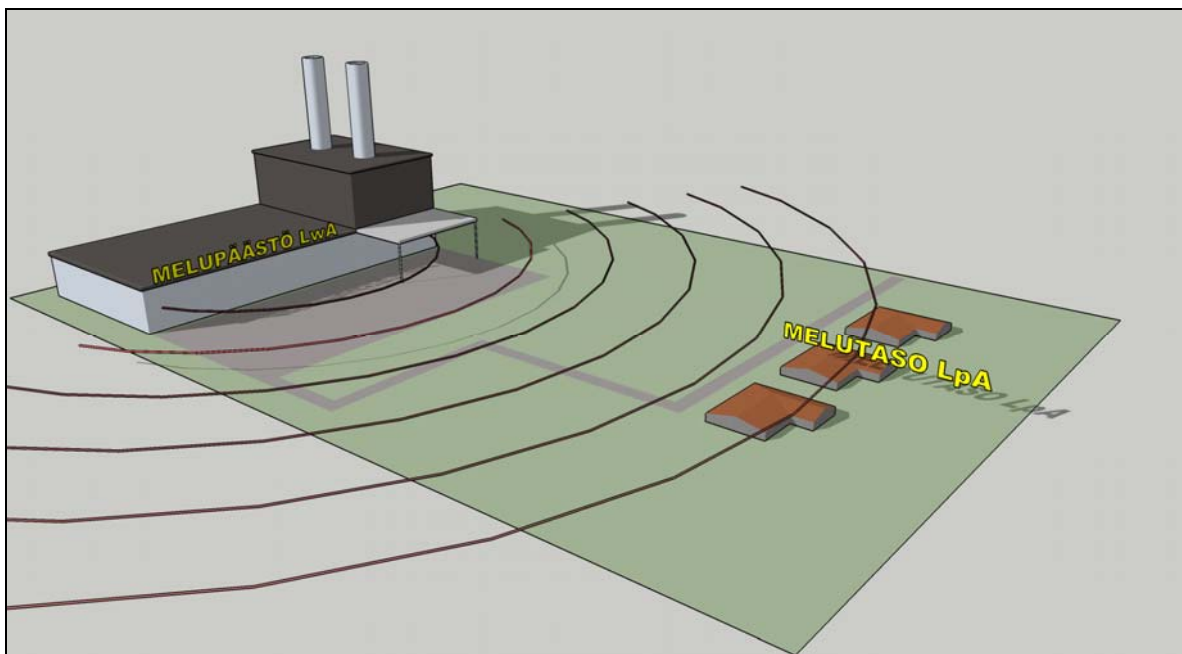
3.2 Melua kuvaavat suureet

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. Äänenpainetasomittarissa se toteutetaan mittaussignaalin suodattimella, joka jäljittelee ihmisen korvan ja kuuloaistin herkkyyttä erikorkuisille äänille.



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 melun 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 pienitajuksen melun voimakkuus.

4 TUULIVOIMALOIDEN MELUN SUUNNITTELUOHJEARVOT

Tuulivoimalan sijoituksen suunnitteluun ei ole olemassa määräysarvoja, joita melun tulisi täyttää. Ympäristöministeriön ohjeessa 4/2012 [2] on todettu, että melun häiritsevyydestä johtuen yleisesti käytettyjä valtioneuvoston päätöksen 993/1992 ohjearvoja ei tule soveltaa tuulivoimaloiden tapauksessa.

4.1 Ulkoalueiden melutaso

Ympäristöministeriö on ohjeessa [2] esittänyt suunnitteluohjearvot tuulivoimaloiden ympäristömelutasolle ulkoalueille. Arvot on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Suunnitteluohjearvot melun keskiäänitasolle L_{Aeq} ulkona

Alueen käyttötarkoitus	A-painotettu keskiäänitaso L_{Aeq} [dB(A)]	
	Klo 7–22	Klo 22–7
Asumiseen käytettävillä alueilla, loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamissa, virkistysalueilla	45	40
Loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamien ulkopuolella, leirintäalueilla, luonnonsuojelualueilla*	40	35
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: Mikäli tuulivoimalan äänen spektri sisältää melulle häiriintyvässä kohteessa tonaalisia tai kapeakaistaisia taajuuskomponentteja tai ääni on impulssimaista tai selvästi amplitudimoduloitua (äänen voimakkuus vaihtelee ajallisesti), lisätään laskenta- tai mittaustulokseen 5 dB ennen suunnitteluohjearvoon vertaamista.

4.2 Asuntojen pienitaajuinen sisämelutaso

Ympäristöministeriön ohjeessa [2] on annettu suunnitteluohjearvot pienitaajuiselle melulle asuntojen sisätiloissa. Arvot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Suunnitteluohjearvot pienitaajuiselle melulle sisätiloissa yöaikaan

Terssikaistan keskitaajuus (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 4.2 käyttäen standardia ISO 9613-2 [1].

Melumallinnuksen lähtötietoina on käytetty tilaajan toimittamia tuulivoimaloiden äänitehotasoja. Lähtötietojen perusteella määritetään äänilähteiden aiheuttama äänenpainetaso tarkastelupisteissä erilaiset ääntä vaimentavat ja vahvistavat tekijät huomioiden. Vaimennustekijöinä huomioidaan mm. geometrinen leviäminen, estevaimennus ja maavaimennus. Puuston melua vähentävää vaikutusta ei ole huomioitu.

Melumallinnuksen laskentatulokset vastaavat ”normaalitilanteessa” pitkän ajanjakson keskiäänitasoa. Normaalitilanteessa melulähteiden melupäästö on suuruudeltaan vakio. Tuulivoimaloiden tapauksessa näin ei ole, vaan melupäästö muuttuu tuulen nopeuden ja suunnan mukaan. Raportin liitteinä olevat melukartat vastaavatkin tietyn melupäästön mukaista tilannetta olosuhteissa, joissa melun leviäminen on suotuisaa samanaikaisesti kaikkiin ilmansuuntiin. Sääolosuhteiden vaikutusta pitkän ajanjakson keskiäänitasoon on tarkasteltu selvityksen luvussa 11.

Laskentatuloksen epävarmuus on sitä suurempi, mitä kauempana tarkastelupiste sijaitsee.

Taulukossa 3 on esitetty laskennassa käytetyt laskenta-asetukset.

Taulukko 3. Laskenta-asetukset

Parametri	Käytetty arvo
Laskentaruudukon koko	10 x 10 m ²
Laskentakorkeus	2 m
Melutason laskentaetäisyys	4000 m
Maanpinnan akustinen kovuus	Veden pinta 0 (kova) Rakennusten alue 0 (kova) Muu ympäristö 1 (pehmeä)
Rakennusten heijastus	Absorptiokerroin 0,2 (lähes täysin kova)
Heijastusten lukumäärä	1

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 punaisella

- muut rakennukset harmaalla.

Merkinnät perustuvat Maanmittauslaitoksen aineistoon. Yhden rakennuksen osalta käyttötarkoitus muutettiin ”asuinrakennus” → ”muu rakennus” Kotkan kaupungilta saadun tiedon perusteella.

5.2.2 Tuulivoimaloiden melu

Suunnitellut tuulivoimalat ovat 110 m roottorilla varustettuja 3 MW:n vaaka-akselisia voimaloita vaihdelaatikolla ja lapakulmasäädöllä, joiden roottori on ylävirran puolella. Voimaloiden tekniikka mahdollistaa melupäästöjen kontrolloinnin lähes portaattomalla säädöllä seitsemän eri vaimennusstrategian välillä. Strategiat ovat nimetty kirjaimin A:sta G:hen siten, että A on vähäinen vaimennus noin 1 dB(A) ja G on voimakas vaimennus noin 9 dB(A). Turbiinin kokonaismelupäästö on näillä strategioilla säädettävissä välillä 105,5–96,6 dB(A). Voimakkaampi melupäästöjen vähentäminen vähentää myös turbiinin energiantuottoa. Melun hallinta perustuu turbiinin roottorin pyörimisnopeuden hidastamiseen ja lapojen kulman säätöön. Meluntorjuntaominaisuudet ovat yleisiä nykyaikaisissa voimaloissa.

Tässä selvityksessä ”normaalin” käyttötilanteen lisäksi on mallinnettu vaimennettu tilanne (strategia E). Tuulivoimaloiden äänitehotasot eri tilanteille on esitetty taulukoissa 4 - 5 tuulen voimakkuudelle 8 m/s kymmenen metrin korkeudella maan pinnasta mitattuna. Myös pienemmät melupäästöt kuin nyt esitettävät ovat mahdollisia.

Taulukkoon 6 on laskettu vaimentamattoman tilanteen ja vaimennustilanteen E suurimmat äänitehotasot pienitaajuiselle melulle huomioiden kaikki tuulen nopeudet (6...10 m/s).

Taulukko 4. Tuulivoimalan äänitehotaso terssikaistoittain ilman vaimennustoimenpiteitä

Taajuus [Hz]	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
L_{WA} (dB)	73	78	80	85	87	92	94	95	95	96	96	95
Taajuus [Hz]	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
L_{WA} (dB)	95	96	93	92	90	89	86	82	78	72	65	57
A-painotettu kokonaisäänitehotaso $L_{WA} = 105,5$ dB(A)												

Taulukko 5. Tuulivoimalan äänitehotaso terssikaistoittain vaimennusstrategialla E

Taajuus [Hz]	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
L_{WA} (dB)	74	74	77	83	83	86	89	90	89	90	90	89
Taajuus [Hz]	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
L_{WA} (dB)	90	90	90	90	87	85	81	77	72	66	57	47
A-painotettu kokonaisäänitehotaso $L_{WA} = 100,5$ dB(A)												

Taulukko 6. Tuulivoimalan pienitaajuisen melun suurin äänitehotaso terssikaistoittain (vaimentamaton tilanne ja strategia E kaikilla eri tuulen nopeuksilla)

Taajuus [Hz]	50	63	80	100	125	160	200
L_w (dB)	106	106	104	104	103	105	105

5.2.3 Kotkamills Oy:n melulähteet

Kotkamills Oy:n tehtaan aiheuttama ympäristömelu mallinnettiin käyttäen hyväksi aikaisempaa meluselvitystä [8] sekä ko. selvityksen tekijöiden toimittamia lisätietoja (taajuuskohtaiset äänitehotasot, melulähteiden sijainnit,...). Melulähteitä tehdasalueella oli yhteensä 76 kpl.

5.3 Suoritetut laskennat

Raportissa on mallinnettu vaihtoehtojen 1 – 3 melutilanteet. Lisäksi samoista tilanteista on mallinnettu tilanteet, joissa tuulivoimaloiden melutasoa on vaimennettu strategian E mukaisesti. Tuulivoimaloiden aiheuttama melutason muutos Kotkamillsin tehtaan lähiympäristössä on myös tarkasteltu kaikissa tilanteissa.

Keskiäänitaso on laskettu äänitehotasolla, joka vastaa tuulen nopeutta 8 m/s kymmenen metrin korkeudella maanpinnasta.

Huom. Melukartoissa ei ole esitetty melutasoja vesialueiden päällä. Melukartat on esitetty niille alueille, joille tuulivoimaloiden aiheuttama melun keskiäänitaso ylittää 35 dB(A). Laskettu keskiäänitaso vastaa sekä päivä- että yöajan keskiäänitasoa mikäli sääolosuhteet pysyvät samanlaisina.

Lisäksi pienitaajuisen melun sisääänitasoja tarkasteltiin yhdeksässä (9) pisteessä. Tarkastelupisteiden sijainnit on esitetty liitteessä 12. Pienitaajuisen melun äänitehotasona on käytetty suurinta taajuuskohtaista äänitasoa.

6 LASKENTATULOKSET

6.1 Ulkoalueiden melutaso

Laskentatulokset tuulivoimaloiden aiheuttamasta melusta on esitetty liitteinä olevissa melukartoissa. Melukartoissa keskiäänitasot on esitetty 5 dB:n välein melualueina. Laskettu keskiäänitaso vastaa sekä päivä- että yöajan keskiäänitasoa olettaen säätilan pysyvän koko ajan melun leviämisen kannalta suotuisana ja tuulivoimaloiden melupäästön vakiona. Seuraavassa esitetään laskentatulokset tiivistetysti. Melukartoissa Hallan itäpuolella olevassa Aholansaaressa oleva lomarakennus on merkitty. Saadun tiedon mukaan kyseessä on UPM Kymmene Oyj:n omistuksessa oleva käytöstä poistettu lomarakennus. Rakennusta ei ole huomioitu tulosten tarkastelussa.

Vaihtoehtoon VE1 (ilman vaimennusta) aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} on

- yli 40 dB(A) 14 asuinrakennuksella Kotkansaaressa (suuri osa kerrostaloja)
- alle 40 dB(A) muilla asuinrakennuksilla
- yli 35 dB(A) 17 lomarakennuksella Hallan eteläpuolella (pienet saaret mukaan lukien)
- yli 35 dB(A) viidellä (5) lomarakennuksella Hallan pohjoispuolella (pienet saaret mukaan lukien)
- alle 35 dB(A) muilla lomarakennuksilla.

Vaihtoehtoon VE2 (ilman vaimennusta) aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} on

- yli 40 dB(A) viidellä (5) asuinrakennuksella Kotkansaaressa (suuri osa kerrostaloja)
- alle 40 dB(A) muilla asuinrakennuksilla
- yli 35 dB(A) kymmenellä lomarakennuksella Hallan eteläpuolella (pienet saaret mukaan lukien)
- yli 35 dB(A) viidellä (5) lomarakennuksella Hallan pohjoispuolella (pienet saaret mukaan lukien)
- alle 35 dB(A) muilla lomarakennuksilla.

Vaihtoehtoon VE3 (ilman vaimennusta) aiheuttama keskiäänitaso L_{Aeq} on

- yli 40 dB(A) 14 asuinrakennuksella Kotkansaaressa (suuri osa kerrostaloja)
- alle 40 dB(A) muilla asuinrakennuksilla
- yli 35 dB(A) 17 lomarakennuksella Hallan eteläpuolella (pienet saaret mukaan lukien)
- yli 35 dB(A) viidellä (5) lomarakennuksella Hallan pohjoispuolella (pienet saaret mukaan lukien)
- alle 35 dB(A) muilla lomarakennuksilla.

Vaihtoehdon VE1 (vaimennusstrategia E) aiheuttama keskiäänitaso $L_{Aeq, on}$

- yli 40 dB(A) kahdella (2) asuinrakennuksella Kotkansaaressa (kerrostaloja)
- alle 40 dB(A) muilla asuinrakennuksilla
- yli 35 dB(A) korkeintaan yhdellä (1) lomarakennuksella Hallan eteläpuolella (pienet saaret mukaan lukien)
- yli 35 dB(A) kahdella (2) lomarakennuksella Hallan pohjoispuolella (pienet saaret mukaan lukien)
- alle 35 dB(A) muilla lomarakennuksilla.

Vaihtoehdon VE2 (vaimennusstrategia E) aiheuttama keskiäänitaso $L_{Aeq, on}$

- alle 40 dB(A) kaikilla asuinrakennuksilla
- yli 35 dB(A) 1...3 lomarakennuksella Hallan pohjoispuolella (pienet saaret mukaan lukien)
- alle 35 dB(A) muilla lomarakennuksilla.

Vaihtoehdon VE3 (vaimennusstrategia E) aiheuttama keskiäänitaso $L_{Aeq, on}$

- yli 40 dB(A) kahdella (2) asuinrakennuksella Kotkansaaressa (kerrostaloja)
- alle 40 dB(A) muilla asuinrakennuksilla
- yli 35 dB(A) korkeintaan yhdellä (1) lomarakennuksella Hallan eteläpuolella (pienet saaret mukaan lukien)
- yli 35 dB(A) kahdella (2) lomarakennuksella Hallan pohjoispuolella (pienet saaret mukaan lukien)
- alle 35 dB(A) muilla lomarakennuksilla.

Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitason kasvu verrattuna nykyiseen tehdasmeluun tuulivoimaloiden sijoitusvaihtoehtoilla VE1 ja VE3 Kotkamills Oy:n tehtaan läheisyydessä on

- Kotkansaaren kerrostalojen piha-alueilla +0...6 dB(A) ilman vaimennustoimenpiteitä
- itäpuolella (lähisaaret) luokkaa +1...2 dB(A) ilman vaimennustoimenpiteitä
- Kotkansaaren kerrostalojen piha-alueilla +0...2 dB(A), kun vaimennusstrategian E mukainen melunvaimennus on toteutettu (eli vähäinen)
- itäpuolella (lähisaaret) alle 1 dB(A), kun vaimennusstrategian E mukainen melunvaimennus on toteutettu (eli vähäinen).

Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitason kasvu verrattuna nykyiseen tehdasmeluun tuulivoimaloiden sijoitusvaihtoehtoilla VE2 Kotkamills Oy:n tehtaan läheisyydessä on

- Kotkansaaren kerrostalojen piha-alueilla +0...4 dB(A) ilman vaimennustoimenpiteitä
- itäpuolella (lähisaaret) luokkaa +1 dB(A) ilman vaimennustoimenpiteitä
- Kotkansaaren kerrostalojen piha-alueilla +0...1 dB(A), kun vaimennusstrategian E mukainen melunvaimennus on toteutettu
- itäpuolella (lähisaaret) alle 1 dB(A), kun vaimennusstrategian E mukainen melunvaimennus on toteutettu.

HUOM! Melun muutosmelukarttoja tarkasteltaessa on huomioitava, että tarkastelu on tehty suhteessa Kotkamills Oy:n tehtaan aiheuttamaan meluun, ei kokonaismeluun johon kuuluvat myös esim. tieliikenteen melu. Tarkastelualueen rajoilla tuulivoimaloiden aiheuttama kokonaismelun lisääntyminen onkin todennäköisesti esitettyä pienempää. Tehdasmelun vaikutusalueen ulkopuolella melutasojen kasvu voi olla edellä esitettyä suurempaa. Luotettavaa tietoa näiden alueiden nykyisestä kokonaismelutilanteesta ei kuitenkaan ollut käytettävissä ja näin ollen muutosta ei voitu arvioida.

Yleisesti

On mahdollista, että tuulivoimaloista aiheutuu havaittavissa olevaa amplitudimoduloitua melua, jolloin laskentatuloksiin tulisi tehdä +5 dB korjaus. Amplitudimoduloidun melun esiintyminen voidaan nykytietämyksellä selvittää vain todellisilla mittauksilla tarkastelukohteissa.

Koska tuulivoimalat on sijoitettu 300...600 m etäisyydelle toisistaan, yhdistyvät eri voimaloiden melualueet osittain. Melulähteiden yhteisvaikutus on havaittavissa pääasiassa tuulivoimaloiden välisillä alueilla, mutta myös tuulivoimalapuiston reunoilla yhteysvaikutus on havaittavissa. Yksittäisen tuulivoimalan 35 dB(A):n meluvyöhyke on vaimentamattomien voimaloiden tapauksessa noin 100 m lähempänä voimalaa kuin kaikkien voimaloiden yhteismeluvyöhyke ko. voimalan vaikutusalueella.

6.2 Asuntojen A-painotettu sisämelutaso

Tuulivoimaloiden aiheuttama kokonaismelun keskiäänitaso loma- tai asuinrakennuksen julkisivuun on suurimmillaan noin 45 dB(A). Koska normaalisti rakennetun loma- tai asuinrakennuksen julkisivun ääneneristävyys on arviolta vähintään 20...25 dB, voidaan asuntojen sisämelutason arvioida alittavan Asumisterveysohjeen A-painotetun kokonaissäätöarvon 35 dB(A) ja yöarvon 30 dB(A)[10].

6.3 Asuntojen pienitaajuinen sisämelutaso

Taulukoissa 8–10 on esitetty tarkastelupisteisiin lasketut pienitaajuiset (50–200 Hz) melutasot eri vaihtoehdoissa (VE1–VE3) sekä arviot sisämelutasoista. Tarkastelussa on melulähteinä huomioitu suunnitellut uudet tuulivoimalat.

Pienitaajuisen melun osalta tarkastelu on tehty taajuusvälille 50–200 Hz. Taajuusvälin 20–40 Hz lähtömelutasotietoja ei ole käytettävissä.

Sisämelutasot on arvioitu käyttäen hyväksi tanskalaisen rakennuksen keskimääräistä äänieristystä pienillä taajuuksilla [3] (taulukko 7). Tanskalaisen rakennuksen eristävyys voidaan arvioida vastaavan suomalaisen lomarakennuksen keskimääräistä äänieristystä. Samaa eristävyysarvoa on käytetty sekä lomarakennuksille että vakituksille asuinrakennuksille.

Taulukoiden 8–10 arvioidut sisämelutasot ovat vähintään 6 dB pienempiä kaikissa pisteissä kaikilla taajuuskaistoilla kuin suunnitteluohjeiden mukaiset suurimmat sallitut arvot.

Tarkastelupisteet A, D, E ja G ovat lomarakennuksia, muut pisteet ovat vakituksia asuinrakennuksia.

Taulukko 7. Tanskalaisen rakennuksen julkisivun keskimääräinen ääneneristävyys

Taajuus	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
ΔL	11 dB	14 dB	18 dB	18 dB	18 dB	18 dB	18 dB

Taulukko 8. Tuulivoimaloiden julkisivuihin aiheuttamat sekä sisätiloihin arvioidut melutasot tarkastelupisteissä. Tuulivoimaloiden sijoitusvaihtoehto VE1.

Taajuuspainottamaton äänitaso [dB]							
Terssikaista-taajuus	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
Piste	<i>Julkisivuun kohdistuva keskiäänitaso</i>						
A	43	43	41	35	35	37	35
B	43	43	41	35	34	36	34
C	41	41	39	36	36	37	37
D	48	48	46	43	42	44	42
E	44	44	42	39	38	40	39
F	47	47	45	39	38	40	39
G	45	45	43	40	39	41	40
H	49	49	47	43	42	44	41
I	42	42	40	38	37	39	38
	<i>Sisätiloihin arvioitu keskiäänitaso</i>						
A	32	29	23	17	17	19	17
B	32	29	23	17	16	18	16
C	30	27	21	18	18	19	19
D	37	34	28	25	24	26	24
E	33	30	24	21	20	22	21
F	36	33	27	21	20	22	21
G	34	31	25	22	21	23	22
H	38	35	29	25	24	26	23
I	31	28	22	20	19	21	20
	<i>Suunnitteluohjearvot</i>						
	44	42	40	38	36	34	32

Taulukko 9. Tuulivoimaloiden julkisivuihin aiheuttamat sekä sisätiloihin arvioidut melutasot tarkastelupisteissä. Tuulivoimaloiden sijoitusvaihtoehto VE2.

Taajuuspainottamaton äänitaso [dB]							
Terssikaista-taajuus	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
Piste	<i>Julkisivuun kohdistuva keskiäänitaso</i>						
A	43	43	41	35	34	36	34
B	43	42	41	35	34	36	34
C	40	40	38	35	34	36	35
D	47	47	45	42	41	43	41
E	44	44	42	38	38	39	38
F	46	46	44	38	38	39	38
G	44	43	41	39	38	40	39
H	46	46	44	42	41	43	40
I	43	43	41	38	37	39	37
	<i>Sisätiloihin arvioitu keskiäänitaso</i>						
A	32	29	23	17	16	18	16
B	32	28	23	17	16	18	16
C	29	26	20	17	16	18	17
D	36	33	27	24	23	25	23
E	33	30	24	20	20	21	20
F	35	32	26	20	20	21	20
G	33	29	23	21	20	22	21
H	35	32	26	24	23	25	22
I	32	29	23	20	19	21	19
	<i>Suunnitteluohjearvot</i>						
	44	42	40	38	36	34	32

Taulukko 10. Tuulivoimaloiden julkisivuihin aiheuttamat sekä sisätiloihin arvioidut melutasot tarkastelupisteissä. Tuulivoimaloiden sijoitusvaihtoehto VE3.

Taajuuspainottamaton äänitaso [dB]							
Terssikaista-taajuus	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
Piste	<i>Julkisivuun kohdistuva keskiäänitaso</i>						
A	45	44	42	42	36	38	36
B	44	44	42	42	35	37	36
C	43	42	41	41	37	39	38
D	48	48	46	46	42	44	42
E	45	45	43	43	38	40	39
F	47	47	45	45	38	40	39
G	45	45	43	43	40	41	40
H	49	49	47	47	42	44	41
I	42	42	40	40	38	39	38
	<i>Sisätiloihin arvioitu keskiäänitaso</i>						
A	34	30	24	24	18	20	18
B	33	30	24	24	17	19	18
C	32	28	23	23	19	21	20
D	37	34	28	28	24	26	24
E	34	31	25	25	20	22	21
F	36	33	27	27	20	22	21
G	34	31	25	25	22	23	22
H	38	35	29	29	24	26	23
I	31	28	22	22	20	21	20
	<i>Suunnitteluohjearvot</i>						
	44	42	40	38	36	34	32

7 ASUKASMÄÄRÄANALYYSI

Tuulivoimaloiden eri meluvyöhykkeille olevien asukkaiden määrät laskettiin siten, että kaikki rakennuksissa olevat ihmiset määritettiin kuuluvaksi meluvyöhykkeelle, jos vähintään puolet rakennuksen julkisivusta ”kosketi” meluvyöhykettä. Taulukossa 11 on esitetty laskennan tulokset asuinrakennusten osalta. Taulukossa 12 on esitetty meluvyöhykkeillä olevien lomarakennuksien määrät. Asukasmäärätiedot Promethor Oy:n toimittamiin aluerajauksiin saatiin Kotkan kaupungilta.

Taulukko 11. Yli 40 dB(A):n meluvyöhykkeellä olevien asukkaiden määrät asuinrakennuksissa eri vaihtoehdoissa (ei vaimennustoimenpiteitä)

Tilanne	VE1	VE2	VE3
Keskiäänitaso yli 40 dB(A) (yöajan suunnitteluohjearvo)	776	286	776

Vaimennusstrategialla E yli 40 dB(A):n meluvyöhykkeen asukasmäärät pienenevät huomattavasti. Esimerkiksi VE2:ssa asukkaita on tällöin 0 kpl ko. meluvyöhykkeellä.

Taulukko 12. Lomarakennusten määrät eri meluvyöhykkeillä eri vaihtoehdoissa (ei vaimennustoimenpiteitä)

Tilanne	VE1	VE2	VE3
Keskiäänitaso 35...40 dB(A)	20	15	20
Keskiäänitaso 40...45 dB(A)	3	1	3
Keskiäänitaso yli 45 dB(A)	0	0	0
Päiväajan suunnitteluohjearvon ylittävällä alueella olevien lomarakennusten määrä	3	1	3
Yöajan suunnitteluohjearvon ylittävällä alueella olevien lomarakennusten määrä	23	16	23

Vaimennusstrategialla E yli 35 dB(A):n meluvyöhykkeen rakennusmäärät pienenevät huomattavasti (melualueella rakennuksia on 0...2 kpl edellä esitetyillä kriteereillä).

8 RAKENTAMISEN AIKAINEN MELU

Rakentamisen aikainen melu koostuu lähinnä työkoneiden aiheuttamasta melusta sekä liikenteen melusta. Melua syntyy mm. perustusten tekovaiheessa ja tuulivoimalan pystyttämisen yhteydessä. Etäisyydet lähimpiin mahdollisesti häiriintyviin kohteisiin ovat kuitenkin niin suuria, että rakentamisen aikainen melutaso jää alhaiseksi. Lisäksi rakennusaika, jolloin melua syntyy, on varsin lyhyt. Kokonaisuudessaan rakentamisen aikaisen melun määrän ja sen vaikutusten voidaan arvioida olevan hyvin vähäisiä.

9 TAUSTAMELU JA HILJAISET ALUEET

Tarkastelualueen yleisestä melutilanteesta (taustamelu) on tehty useita selvityksiä Viatek Oy:n toimesta [4 - 7]. Lisäksi Pöyry Finland Oy (Jaakko Pöyry Group) on tehnyt Kotkamills Oy:n tehdasaluetta koskevia meluselvityksiä [8 - 9]. Näiden selvitysten pohjalta liitteen 5 karttaan on merkitty tarkasteltavan alueen päiväajan melualueita, hiljaisia alueita (melua alle 30 dB(A)) sekä kaksi mittaustulosta. Hiljaisten alueiden kartoituksessa [6] hiljaiset alueet oli ulotettu Kotkamills Oy:n tehdasalueelle asti. Koska selvityksessä oli huomioitu vain oleelliset tiemelulähteet, voidaan hiljaisen alueen ulottumista tehdasalueelle pitää epätodennäköisenä. Tehdasalueen hiljainen alue on poistettu liitteen 13 kartasta.

Liitteeseen 13 on eroteltu eri tarkastelualueet kirjaimin (A - H) tarkastelun helpottamiseksi.

Alue A:

- alue on selvityksen [6] mukaan ns. hiljainen alue. Tämä ei kuitenkaan välttämättä pidä paikkansa, sillä alueella on runsaasti asutusta ja tästä aiheutuvaa katuliikennettä. Lisäksi Kotkamills Oy:n tehdasalue aiheuttaa alueelle havaittavaa ympäristömelua
- tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso alueelle on noin 25–40 dB(A)
- tuulivoimaloiden aiheuttama melu saattaa nostaa keskiäänitasoa vähäisesti (0...1 dB(A)).

Alue B:

- alue on selvityksen [6] mukaan ns. hiljainen alue. Tämä ei kuitenkaan todennäköisesti pidä paikkaansa, sillä Kotkamills Oy:n aiheuttama melu on täällä todennäköisesti yli 30 dB(A) (mallinnuksen mukaan). ”Hiljainen alue” on kuitenkin merkitty selvityksen mukaisesti karttaan
- tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso alueelle on noin 30 dB(A)
- tuulivoimaloiden aiheuttama melu saattaa nostaa keskiäänitasoa 0...3 dB(A).

Alue C:

- alue on selvityksen [6] mukaan ns. hiljainen alue
- tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso alueelle on noin 20–25 dB(A) (vaimennettu/vaimentamaton)
- tuulivoimaloiden aiheuttama melu voi ajoittain olla kuultavissa loma-asunnoilla.

Alue D:

- alue ei ole ns. hiljainen alue
- tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso alueelle on noin 25–30 dB(A)
- tuulivoimaloiden aiheuttama melu voi paikoin olla kuultavissa.

Alue E:

- keskusta-alue on taustamelun osalta äänekäs. Tie- ja raideliikenne sekä Kotkamills Oy:n toiminta aiheuttavat merkittävimmän taustaaäänen
- tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso alueelle on noin 20–45 dB(A)
- tuulivoimaloiden aiheuttama melu on paikoin kuultavissa, mutta taustamelultaan voimakkailla alueilla tuulivoimaloiden melu ”häviää” taustameluun.

Alue F:

- alue on satama-aluetta, eikä siten melulle herkkää aluetta.

Alue G:

- aiempien selvitysten mukaan alueen taustamelutaso on melko alhainen. Tieliikenne ja teollisuus todennäköisesti kuitenkin aiheuttavat esitettyä laajemman melualueen
- tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso on noin 25–55 dB(A)
- tuulivoimaloiden aiheuttama melu on paikoin kuultavissa.

Alue H:

- aiempien selvitysten mukaan alueen taustamelutaso on melko alhainen. Hallantien liikennettä tai teollisuuden aiheuttamaa melua ei selvityksissä kuitenkaan ole huomioitu
- tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso on vaimentamattomassa tilanteessa Hallan alueelle yli 45 dB(A) ja Aholansaaren ja Tervasaaren alueilla 35–45 dB(A) (vaimennusstrategian E tilanteessa tasot ovat 5 dB(A) pienempiä)
- tuulivoimaloiden aiheuttama melu on kuultavissa.

10 ALUEEN MUUT TUULIVOIMAHANKKEET

Hallan ja Kotkansaaren alueiden luoteispuolelle on myös suunnitteilla tuulivoimalahankkeita. Hankkeet sijoittuvat Hietasen ja Karhulan alueille. Näiden hankkeiden tuulivoimaloiden sijainnit on esitetty liitteessä 14 (väritetyt ympyrät). Välimatka näiden hankkeiden ja tarkasteltavan hankkeen lähimpien tuulivoimaloiden välillä on yli 2 km. Täten eri hankkeiden melun yhteisvaikutus jää pieneksi. Lisäksi alue, jolla melun yhteisvaikutus on oletettavasti suurinta, on Hietasen teollisuusaluetta (autojen varastoalue), mikä ei ole melun kannalta oleellinen alue. Ainut asuttu alue, jolla tuulivoimapuistojen yhteisvaikutuksilla saattaa olla merkitystä, on Popinniemen alue. Tällä alueella ei kuitenkaan ole odotettavissa suunnitteluohjearvojen ylityksiä olettamalla kaikki tuulivoimalat melupäästöiltään vastaavanlaisiksi kuin tässä selvityksessä tarkastellut voimalat.

11 TUULIJAKAUMAN VAIKUTUS TULOSSIIN

Pitkän aikajakson, esimerkiksi kuukauden tai vuoden, keskiäänitasoon vaikuttaa tuulen suuntajakauma ja tuulen nopeusjakauma. Tuulen suuntajakauma vaikuttaa melun leviämiseen ja tuulen nopeus tuulivoimalan melupäästöön.

TuuliSaimaa Oy on suorittanut hankealueella tuulimittauksia marraskuusta lähtien. Seuraavilla sivuilla on tarkasteltu mitattujen tuulitietojen vaikutusta pitkän aikavälin keskiäänitasoon.

11.1 Tuulen suuntajakauman vaikutus

Taulukossa 13 on esitetty mitattu tuulen suuntajakauma ja tästä arvioitu vaikutus pitkän aikajakson keskiäänitasoon eri tarkastelusuunnissa verrattuna lyhyen aikajakson keskiäänitasoon (melukarttojen keskiäänitasoihin). Arvio on tehty seuraavasti:

- laskettu koillisesta, kaakosta, lounaasta ja luoteesta tulevan tuulen määrä. Kussakin ilmansuunnassa on huomioitu neljä asteväliä. Esimerkiksi kaakosta tulevan tuulen osalta arvot asteilla 90–180 (todellisuudessa tämä väli sisältää tuulen väliltä 75–195°)
- melun esiintymismäärän perusteella on laskettu vaikutus pitkän aikajakson keskiäänitasoon. Toisin sanoen on oletettu, että melua havaitaan luoteen suunnassa vain, kun tuulee kaakosta (tuulisektori 75 – 195°). Vaikutus lasketaan kaavalla: vaikutus = $10 * \log(x \% / 100 \%)$, missä x = tuulisektorin suhteellinen osuus
- todellisuudessa tuulivoimaloiden melua kuuluu myös hieman sivutuulella. Tämä on huomioitu vähentämällä vaikutuksesta kaksi desibeliä.

⇒ vaikutus esimerkiksi luoteen suunnassa saadaan seuraavasti (kaakkoistuuli):

$$10 * \log(37,1 \% / 100 \%) + 2 = -2 \text{ dB(A)}$$

Taulukko 13. Tuulen suuntajakauma ja tästä arvioitu vaikutus pitkän aikajakson keskiäänitasoon

Sektorin pääsuunta (°)	Esiintymismäärä (%)	Tuulen suunta	Vaikutus pitkän aikajakson keskiäänitasoon
0	5,6	Koillisesta 22,2 %	Lounaan suunnassa melutaso on 4 dB(A) lyhyen aikajakson keskiäänitasoa pienempi.
30	3,8		
60	6,3		
90	6,5		
90	6,5	Kaakosta 37,1 %	Luoteen suunnassa melutaso on 2 dB(A) lyhyen aikajakson keskiäänitasoa pienempi.
120	8,7		
150	9,0		
180	12,9		
180	12,9	Lounaasta 43,8 %	Koillisen suunnassa melutaso on 1 dB(A) lyhyen aikajakson keskiäänitasoa pienempi.
210	12,7		
240	12,6		
270	5,6		
270	5,6	Luoteesta 27,5 %	Kaakon suunnassa melutaso on 3 dB(A) lyhyen aikajakson keskiäänitasoa pienempi.
300	8,3		
330	8,0		
0	5,6		

11.2 Tuulen nopeusjakauman vaikutus

Tuulen nopeudella on vaikutus tuulivoimalan melupäästöön. Maksimimelupäästö saavutetaan tuulen nopeuden ollessa 12 m/s tuulivoimalan napakorkeudella. Tätä pienemmillä tuulen nopeuksilla melupäästö on pienempi ja suuremmilla yhtä suuri (hyvin suurissa tuulennopeuksissa voimala pysäytetään). Tuulivoimalan valmistajalta saaduissa tuotetiedoissa äänitehotaso on esitetty eri tuulennopeuksille 1 m/s välein.

Toimitetussa tuulimittausdatassa on tieto tuulennopeuden jakaumasta kuhunkin ilmansuuntaan (30 asteen sektoreissa). Tämän tiedon ja tuulivoimalan äänitehotasojen perusteella voidaan laskea tuulivoimalan pitkän aikajakson melupäästö kuhunkin ilmansuuntaan. Taulukossa 14 on esitetty esimerkkinä tuulivoimalan äänitehotaso pohjoisen suuntaa, kun suuntasektorista 180 ° tulleen tuulen nopeusjakauma huomioidaan.

Taulukko 14. Tuulen suuntasektorin 180° nopeusjakauma ja tästä laskettu kokonaisäänitehotaso

Tuulen nopeus (m/s) napakorkeudella	Esiintymismäärä (%) tuulen suuntasektorissa 180°	Äänitehotaso eri tuulen nopeuksilla (dB(A)) (ei vaimennettu)	Äänitehotaso eri tuulen nopeuksilla (dB(A)) (vaimennusstrategia E)
<= 1	0,1	90,1	90,1
<= 2	2,0	90,1	90,1
<= 3	5,5	90,1	90,1
<= 4	8,3	90,1	90,1
<= 5	7,9	91,2	90,2
<= 6	8,2	94,6	90,3
<= 7	8,6	98,3	92,6
<= 8	5,3	101,5	95,7
<= 9	5,2	104,2	98,7
<= 10	4,6	105,3	100,3
<= 11	5,8	105,7	100,6
<= 12	7,9	105,2	100,2
<= 13	8,7	104,9	99,9
<= 14	6,3	104,8	99,7
<= 15	5,5	104,8	99,7
<= 16	2,9	104,8	99,7
<= 17	2,7	104,8	99,7
<= 18	2,0	104,8	99,7
<= 19	1,2	104,8	99,7
<= 20	0,8	104,8	99,7
<= 21	0,3	104,8	99,7
<= 22	0,0	104,8	99,7
	Summa 100 %	Tuulen nopeuksien esiintymismäärien suhteen painotettu kokonais-äänitehotaso 102,7 dB(A)	Tuulen nopeuksien esiintymismäärien suhteen painotettu kokonais-äänitehotaso 97,7 dB(A)

Eri suuntien tuulennopeusjakaumien perusteella määritetyt kokonaisäänitehotasot ovat vaimentamattomalle tuulivoimalalle 99,2...102,7 dB(A). Strategian E mukaisesti vaimennetun tuulivoimalan on vastaavasti 94,3...97,7 dB(A).

Melukarttojen laskennassa ”perusäänitehotasona” on käytetty 105,5 dB(A) vaimentamattomalle tilanteelle ja 100,5 dB(A) strategian E mukaiselle tilanteelle.

11.3 Tuulen suuntajakauman ja nopeusjakauman yhteisvaikutus

Edellä olevan tarkeastelun perusteella pitkän aikajakson keskiäänitaso voi olla pienempi kuin lyhyen aikajakson. Suuntajakaumasta johtuva vaikutus on 1–4 dB(A) ja tuulennopeusjakaumasta johtuva vastaavasti vähintään 3 dB(A). Yhteensä vaikutukset ovat siten vähintään 4 dB(A).

Edellä esitetyn perusteella pitkän aikajakson keskiäänitason voidaan arvioida olevan vähintään 4 dB(A) pienempi kuin lyhyen aikajakson keskiäänitason kaikissa ilmansuunnissa.

12 TULOSTEN TARKASTELUA

12.1 Ulkoalueiden melutaso

Laskentatulosten perusteella (ilman mahdollista +5 dB korjausta)

- vaihtoehto VE2 on melutasojen kannalta paras
 - yöajan suunnitteluohjearvot ylitetään viidellä asuinrakennuksella (suunnitteluohjearvot ylittävälle melulle altistuvia asukkaita on 286 kpl) ja 15 lomarakennuksella, kun vaimennustoimenpiteitä ei ole tehty
 - strategian E mukaisella vaimennuksella ei yhtään asukasta tai lomarakennusta altistu suunnitteluohjearvojen ylittävälle melulle (UPM:n käytöstä poistettua lomarakennusta ei ole huomioitu)
- vaihtoehdot VE1 ja VE3 eivät eroa melualueiden osalta toisistaan merkittävästi ja ovat vaihtoehtoa VE2 huonompia
 - VE1:ssä ja VE3:ssa yöajan suunnitteluohjearvot ylitetään 14 asuinrakennuksella (asukkaita 776 kpl) ja 22 lomarakennuksella, kun vaimennustoimenpiteitä ei ole tehty
 - strategia E mukaisella vaimennuksella saavutetaan lähes yhtä hyvät tulokset kuin VE2:n vaimennetussa tilanteessa
- suunnitteluohjearvojen ylitykset koskevat pääasiassa yöaikaa. Päiväajan suunnitteluohjearvot ylitetään vain yksittäisillä lomarakennuksilla vaimentamattomassa tilanteessa. Vaimennetuissa (E) tilanteissa ei päiväajan suunnitteluohjearvoja ylitetä yhdelläkään mahdollisesti häiriintyvällä kohteella
- mikäli tuulivoimaloiden melu on tarkastelupisteissä luonteeltaan kapeakaistaista tai amplitudimoduloitua tulee laskentatuloksiin lisätä +5 dB ennen tulosten vertaamista suunnitteluohjearvoihin. Tällöin huomattavasti useampia asuin- ja lomarakennuksia altistuu suunnitteluohjearvoa voimakkaammalle melulle

- tuulivoimaloiden tuottaman melun vaikutus ympäristöön on suurimmillaan Hallan ympäristön pienissä saarissa, joissa taustamelu on suhteellisen pientä. Kotkansaaren alueella ja mantereella tuulivoimalat saattavat olla osin kuultavissa, mutta taustamelu on todennäköisesti tätä suurempaa
- tuulivoimaloiden aiheuttama melu ei todennäköisesti vaikuta hiljaisten alueiden laajuuteen
- mikäli tarkastelussa käytettäisiin pitkän ajanjakson keskiäänitasoa, voitaisiin melukarttojen melutasoa pienentää kaikkialla vähintään 4 dB (luvun 11 mukainen tarkastelu).

12.2 Asuntojen pienitaajuinen sisämelutaso

Laskentatulosten perusteella suunniteltujen tuulivoimaloiden aiheuttaman pienitaajuisen melun taso alittaa tarkastelupisteillä Ympäristöministeriön esittämät suunnitteluohjearvot eri taajuuksilla vähintään 6 dB kaikissa tarkasteluvaihtoehdoissa.

Pienitaajuisen melun osalta ei ole tarkasteltu taajuusaluetta 20–40 Hz, koska tietoa tuulivoimaloiden äänitehotasoista ko. taajuusalueella ei ollut.

12.3 Yhteenveto eri vaihtoehtojen ulkomelutasoista

Taulukossa 15 on esitetty eri tilanteissa tuulivoimaloiden melun suunnitteluohjearvoja suuremmalle melutasolle altistuvien rakennusten määrät. Määrät on laskettu melukarttojen mukaisista tuulivoimaloiden aiheuttamista melutasoista, ts. pitkän ajanjakson vaikutusta ei ole huomioitu.

Taulukko 15. Eri laskentatilanteissa suunnitteluohjearvoja suuremmalle melutasolle altistuvien rakennusten määrät

Tilanne	Melun suunnitteluohjearvot [dB]			
	Vakituiset asuinrakennukset		Lomarakennukset	
	Päivällä 45 dB(A)	Yöllä 40 dB(A)	Päivällä 40 dB(A)	Yöllä 35 dB(A)
VE1 ilman vaimennusta	2	14	4	22
VE2 ilman vaimennusta	0	5	3	15
VE3 ilman vaimennusta	2	14	4	23
VE1 vaimennus-strategia E	0	2	0	3
VE2 vaimennus-strategia E	0	0	0	0
VE3 vaimennus-strategia E	0	2	0	3

Taulukon 15 mukaan melun kannalta **paras vaihtoehto on VE2, kun vaimennustoimenpiteet on tehty strategian E mukaisesti**. Tämä vaihtoehto myös lisää kokonaismelutasoa ympäristössä kaikkein vähiten Kotkamillsin tehtaan läheisyydessä. Vaihtoehdoista eniten melutasoa suhteessa vallitsevaan teollisuusmeluun lisäävät tilanteet ilman melun vaimennusta. Vaimennetuista (strategia E) tilanteista VE2 on vähiten melua

lisäävä vaihtoehto. Vaihtoehtojen VE1 ja VE3 melua lisäävä vaikutus on tarkastellulla alueella yhtä suuri.

13 LISÄTIETOJA

Jani Kankare
Promethor Oy

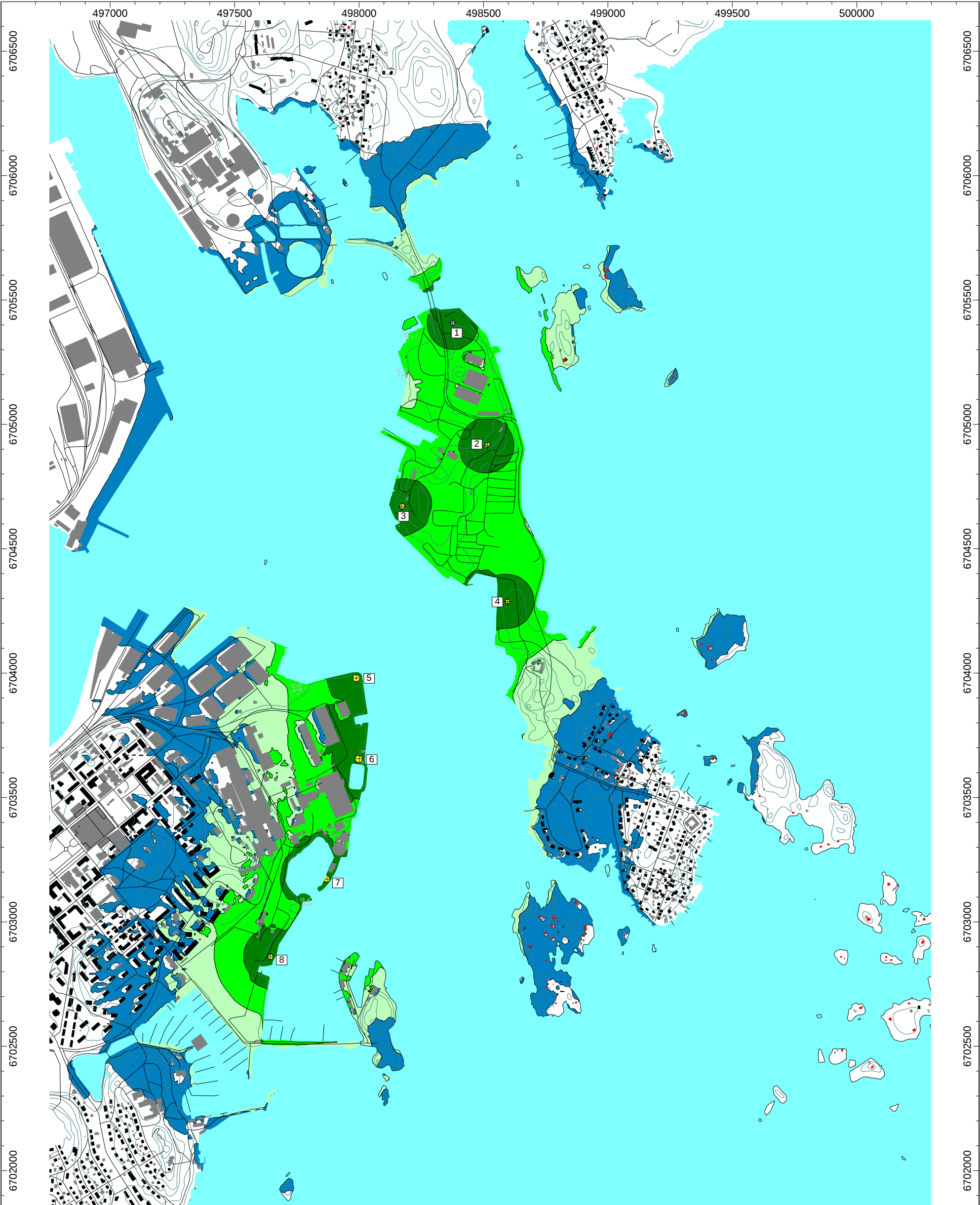
puh. 040 574 0028
sp. jani.kankare@promethor.fi

Tero Virjonen
Promethor Oy

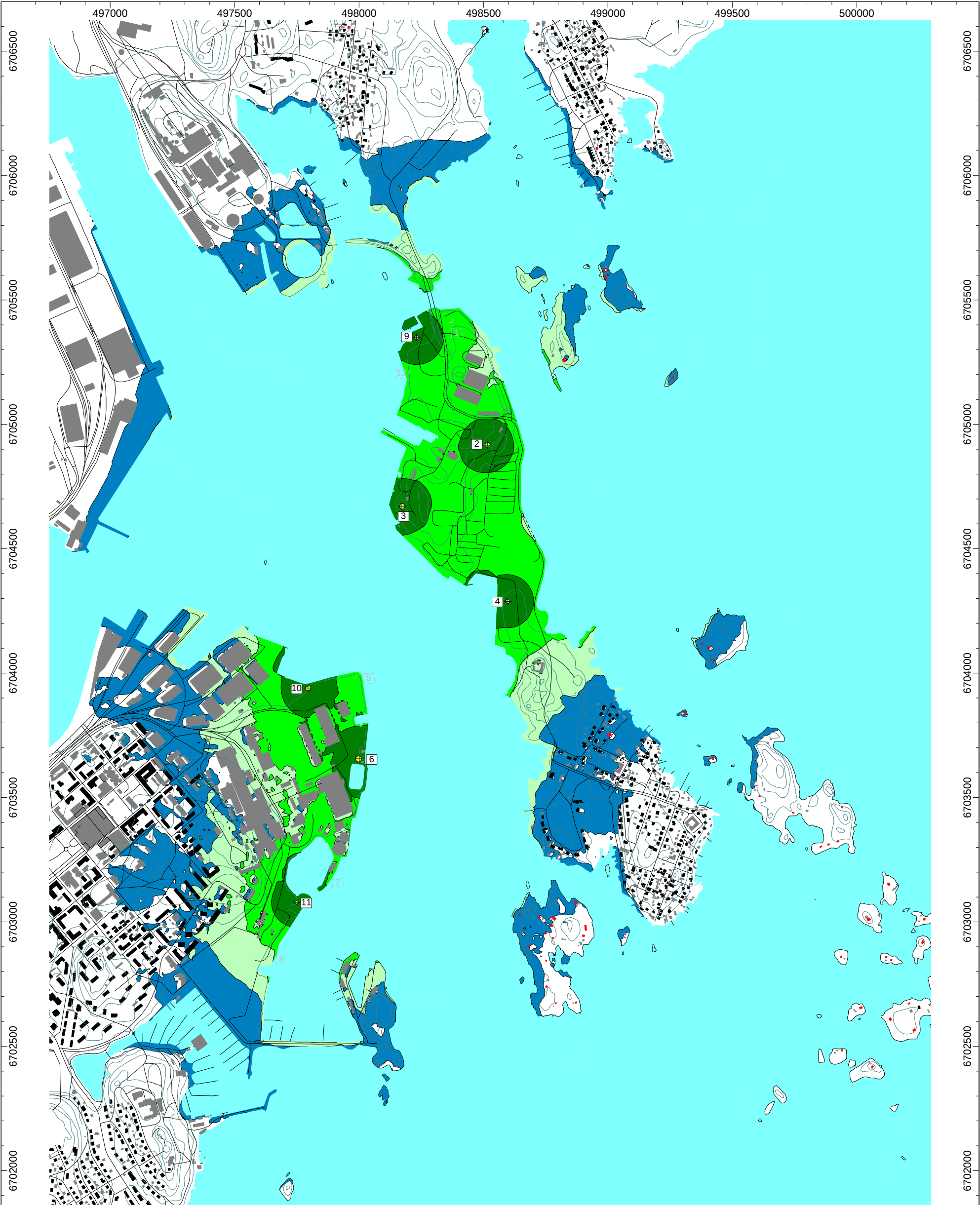
puh. 040 082 3557
sp. tero.virjonen@promethor.fi

14 KIRJALLISUUS

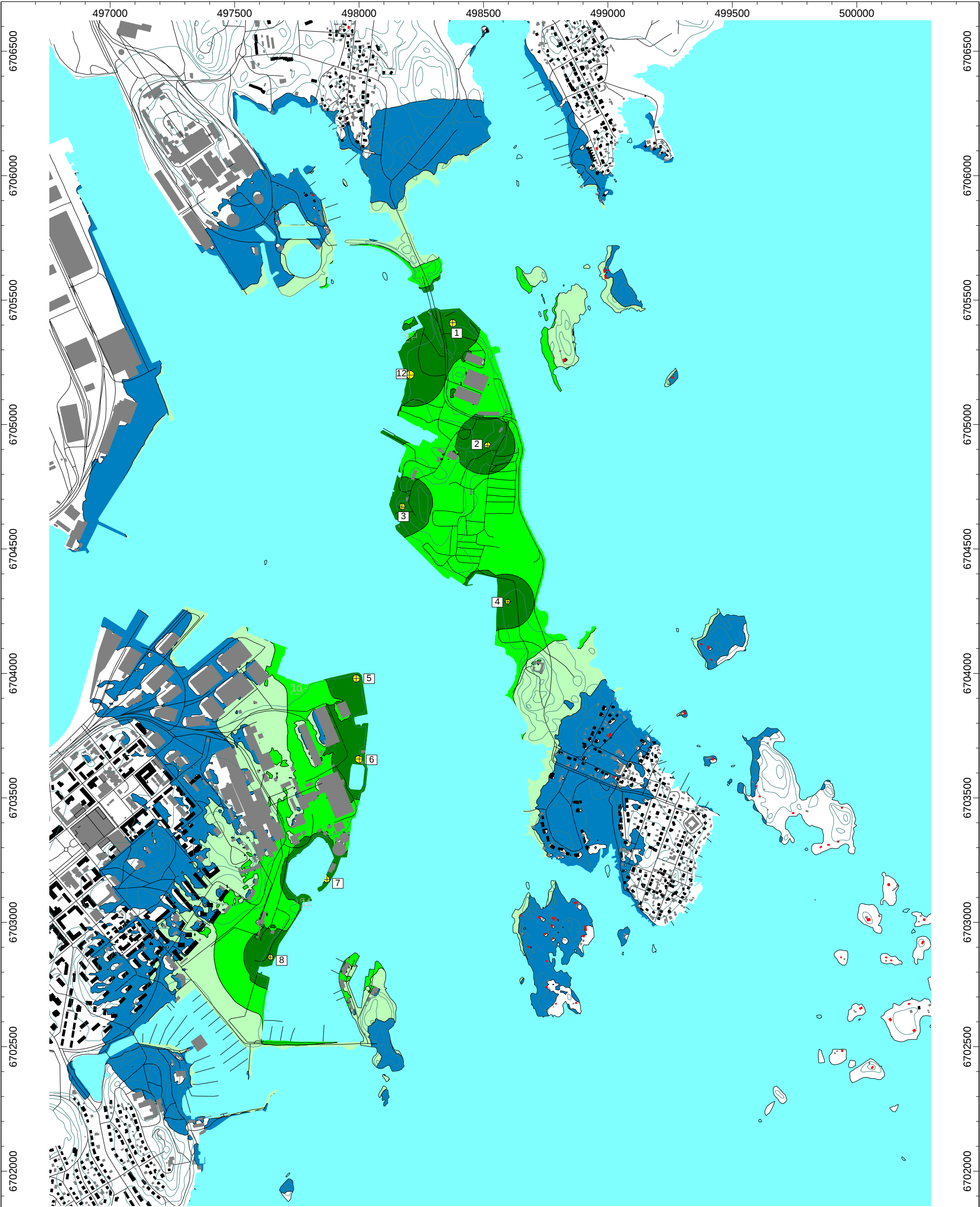
1. ISO 9613-2:1996. Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 2: General method of calculation.
2. Ympäristöministeriö. Ohjeita 4/2012. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu.
3. Ympäristöministeriö, Ari Saarinen. Tuulivoimaloiden meluvaikutukset, tuulivoimarakentamisen neuvottelupäivä 17.11.2011, powerpoint-esitys.
4. Viatek, Kotkan alueen meluselvitys, Tieliikenne, Kotkan Kaupunki 3/2003.
5. Viatek, Kotkan alueen meluselvitys, Raideliikenne- ja teollisuusmelu, Kotkan Kaupunki 4/2003.
6. Viatek, Kotkan alueen meluselvitys, Hiljaisten alueiden kartoitus, Kotkan Kaupunki 5/2003.
7. Viatek, Kotkan kaupungin meluntorjuntaohjelma 2003-2007, Kotkan Kaupunki 6/2003.
8. Electrowatt-Ekono, Stora Enso Kotka, Jäähdytystornin meluselvitys, 60O04759.Q860-001, 6.9.2004.
9. Pöyry Finland Oy, Kotkamills Oy, Kotkan tehtaan melumittaukset 2011, 16ENN0083.10, 28.6.2011.
10. Sosiaali- ja terveysministeriö. Asumisterveysohje. 2003.



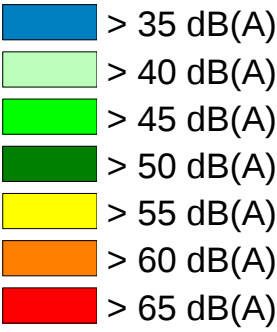
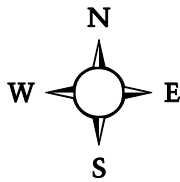
Liite 1	 > 35 dB(A) > 40 dB(A) > 45 dB(A) > 50 dB(A) > 55 dB(A) > 60 dB(A) > 65 dB(A)	PR-Y1892	Mittakaava 1:15000 (A3)	Laskentakorkeus 2 m maan pinnasta
		Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso L _{Aeq} . Tuulen voimakkuus 8 m/s (10 m korkeudella). Vaihtoehto 1. Ei melun vaimennusta.		
		16.8.2012		



Liite 2	 > 35 dB(A) > 40 dB(A) > 45 dB(A) > 50 dB(A) > 55 dB(A) > 60 dB(A) > 65 dB(A)	PR-Y1892	Mittakaava 1:15000 (A3)	Laskentakorkeus 2 m maan pinnasta
		Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso LAeq. Tuulen voimakkuus 8 m/s (10 m korkeudella). Vaihtoehto 2. Ei melun vaimennusta.		
		16.8.2012		



Liite
3



PR-Y1892

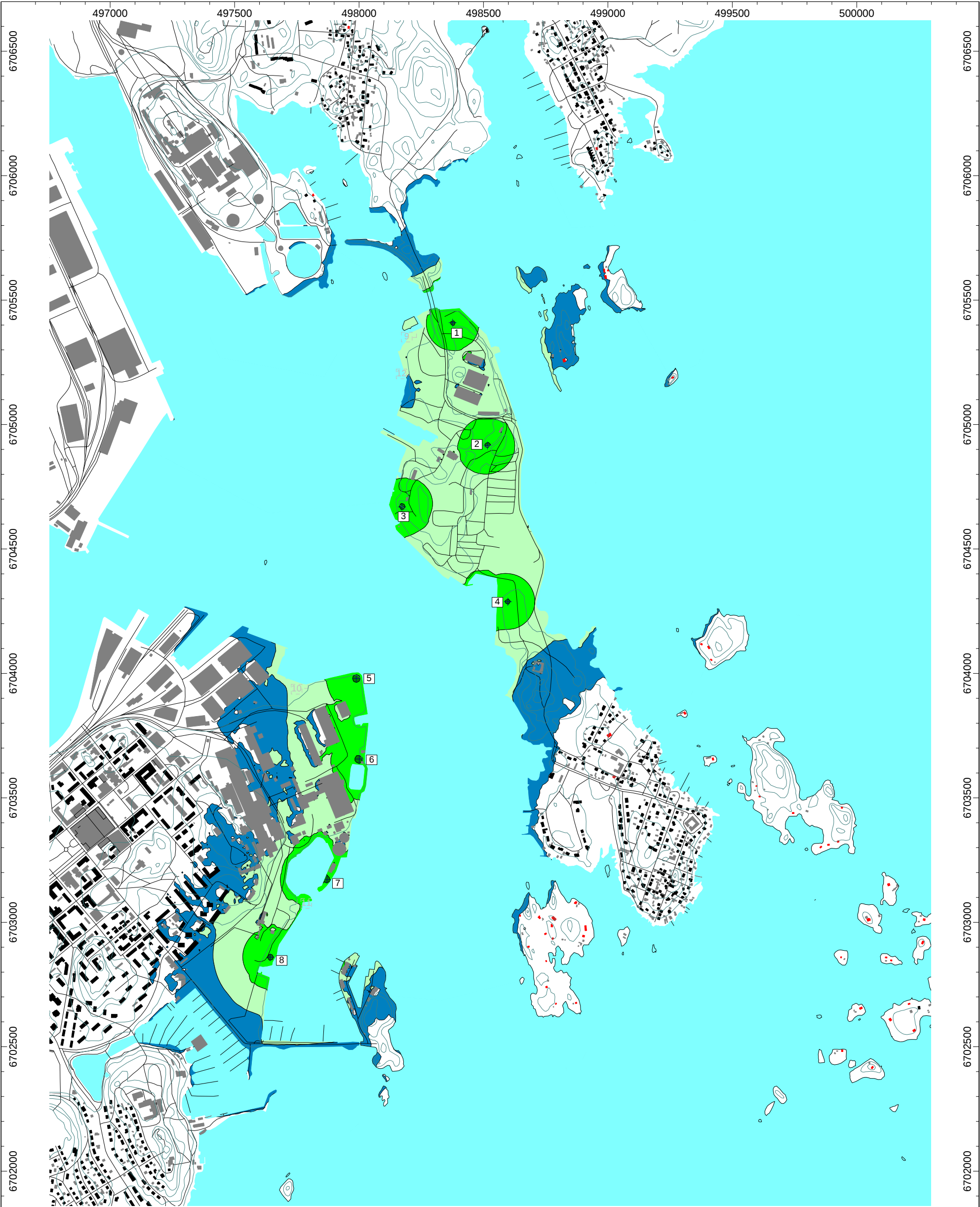
Mittakaava
1:15000 (A3)

Laskentakorkeus
2 m maan pinnasta

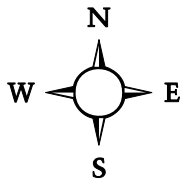
**Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso LAeq.
Tuulen voimakkuus 8 m/s (10 m korkeudella).
Vaihtoehto 3. Ei melun vaimennusta.**

16.8.2012

PRMETHOR



Liite
4



- > 35 dB(A)
- > 40 dB(A)
- > 45 dB(A)
- > 50 dB(A)
- > 55 dB(A)
- > 60 dB(A)
- > 65 dB(A)

PR-Y1892

Mittakaava
1:15000 (A3)

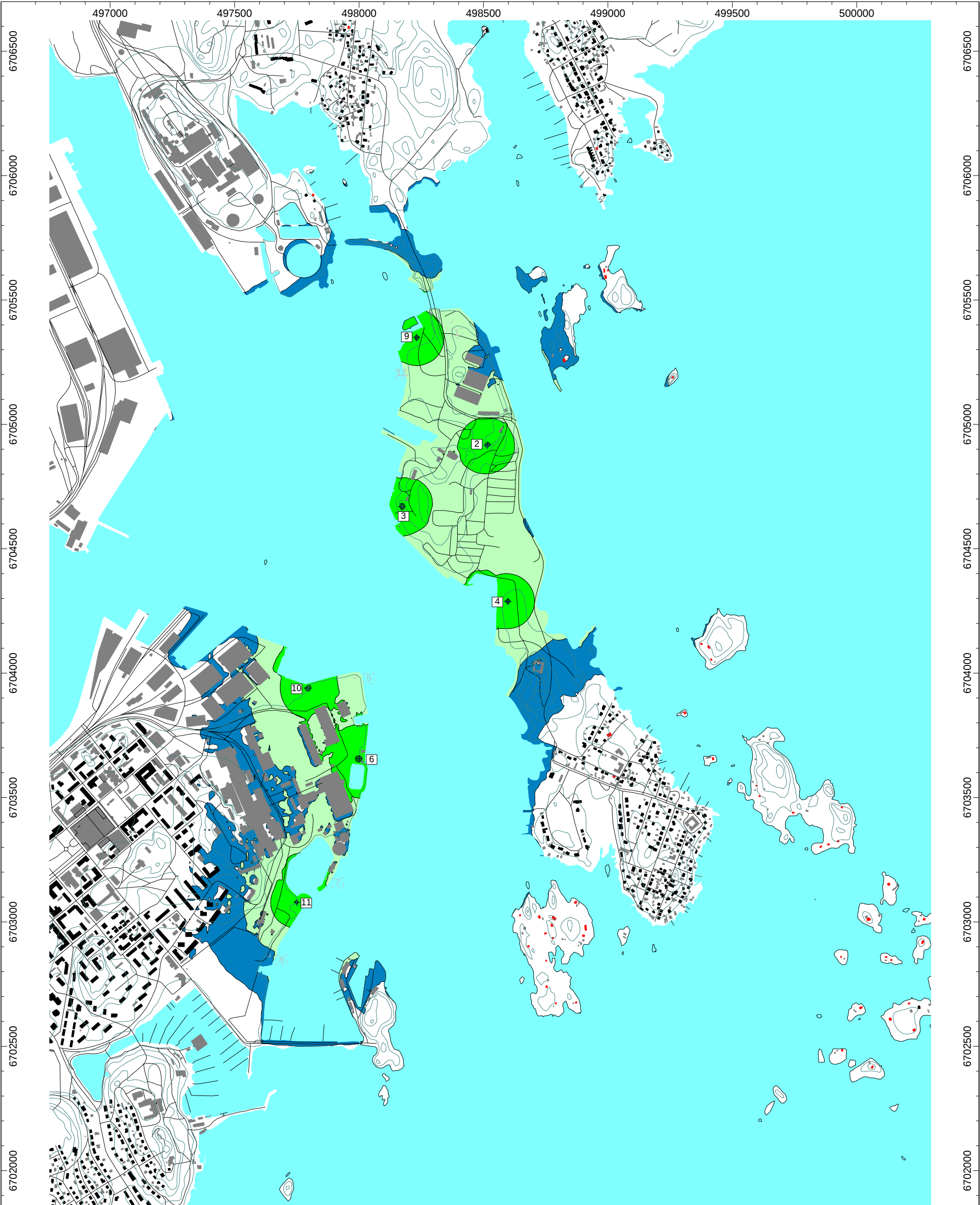
Laskentakorkeus
2 m maan pinnasta

**Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso LAeq
Vaihtoehto 1**

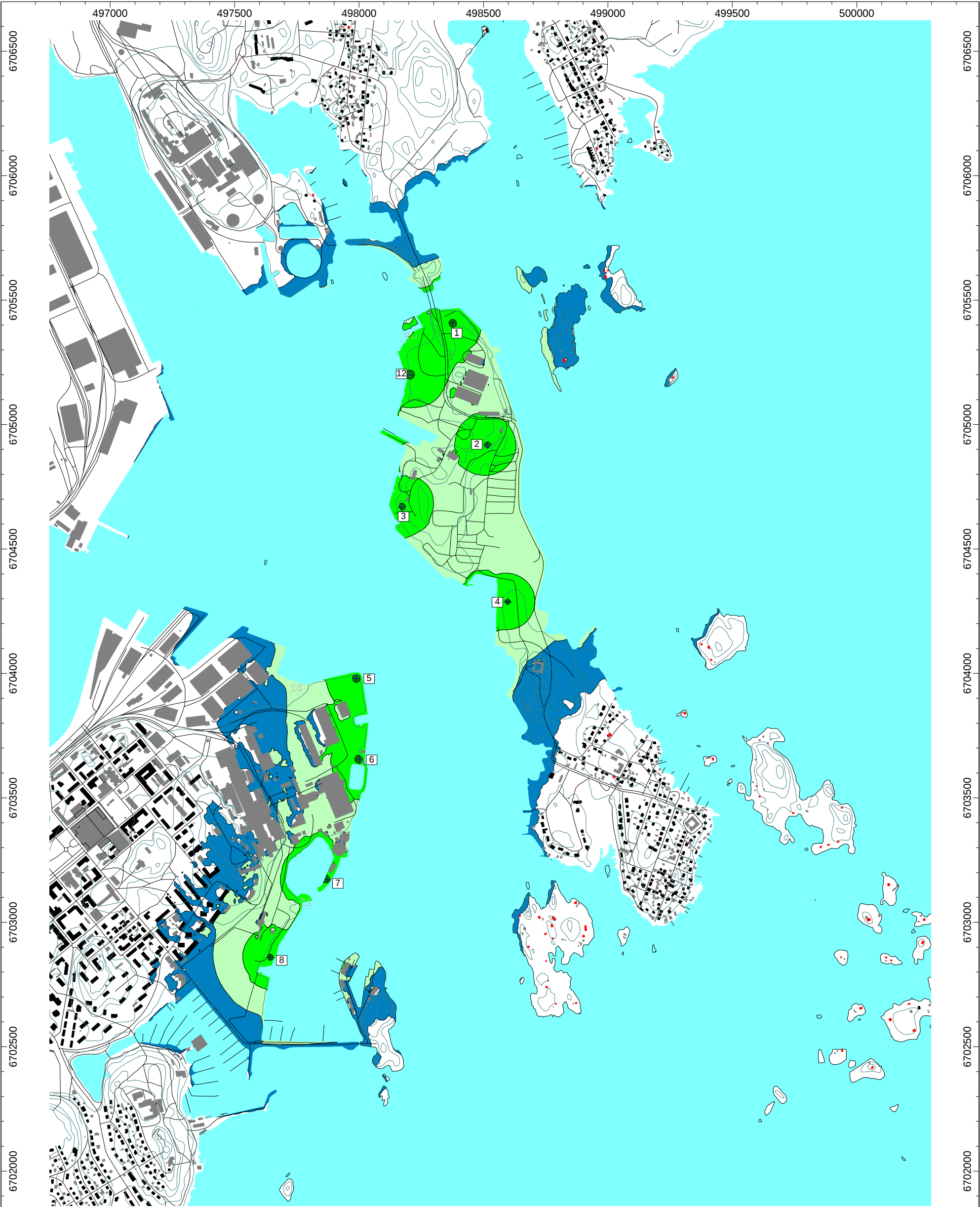
**Tuulen voimakkuus 8 m/s (10 m korkeudella)
Voimalat vaimennettu: LWA = 100,5 dB (strategia E)**

16.8.2012

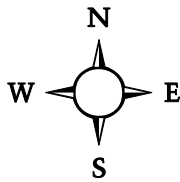
PR©METHOR



Liite 5	 	PR-Y1892	Mittakaava 1:15000 (A3)	Laskentakorkeus 2 m maan pinnasta
		Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso LAeq Vaihtoehto 2 Tuulen voimakkuus 8 m/s (10 m korkeudella) Voimalat vaimennettu: LWA = 100,5 dB (strategia E)		
		16.8.2012	PR◉METHOR	



Liite
6



- > 35 dB(A)
- > 40 dB(A)
- > 45 dB(A)
- > 50 dB(A)
- > 55 dB(A)
- > 60 dB(A)
- > 65 dB(A)

PR-Y1892

Mittakaava
1:15000 (A3)

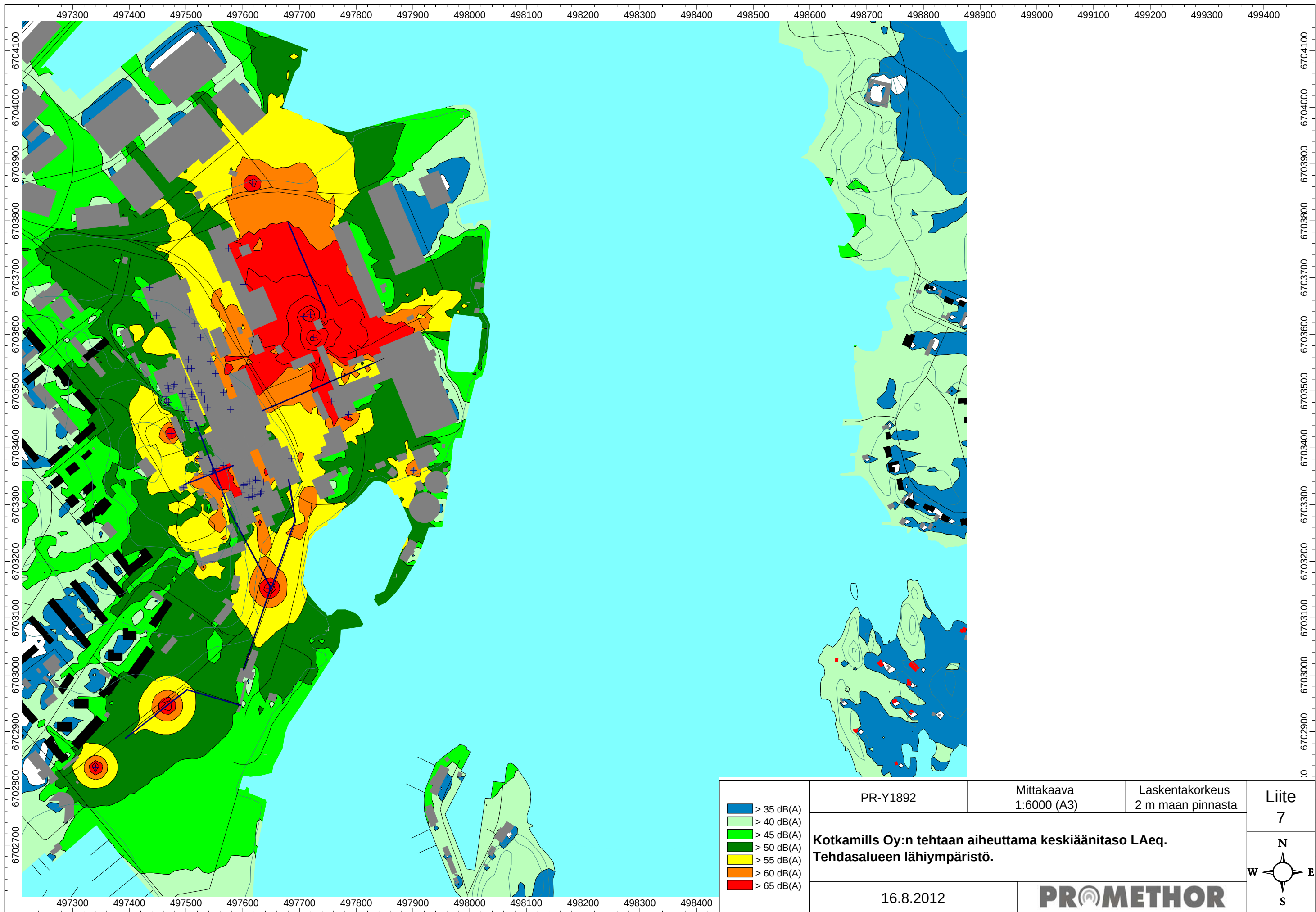
Laskentakorkeus
2 m maan pinnasta

**Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitaso LAeq
Vaihtoehto 3**

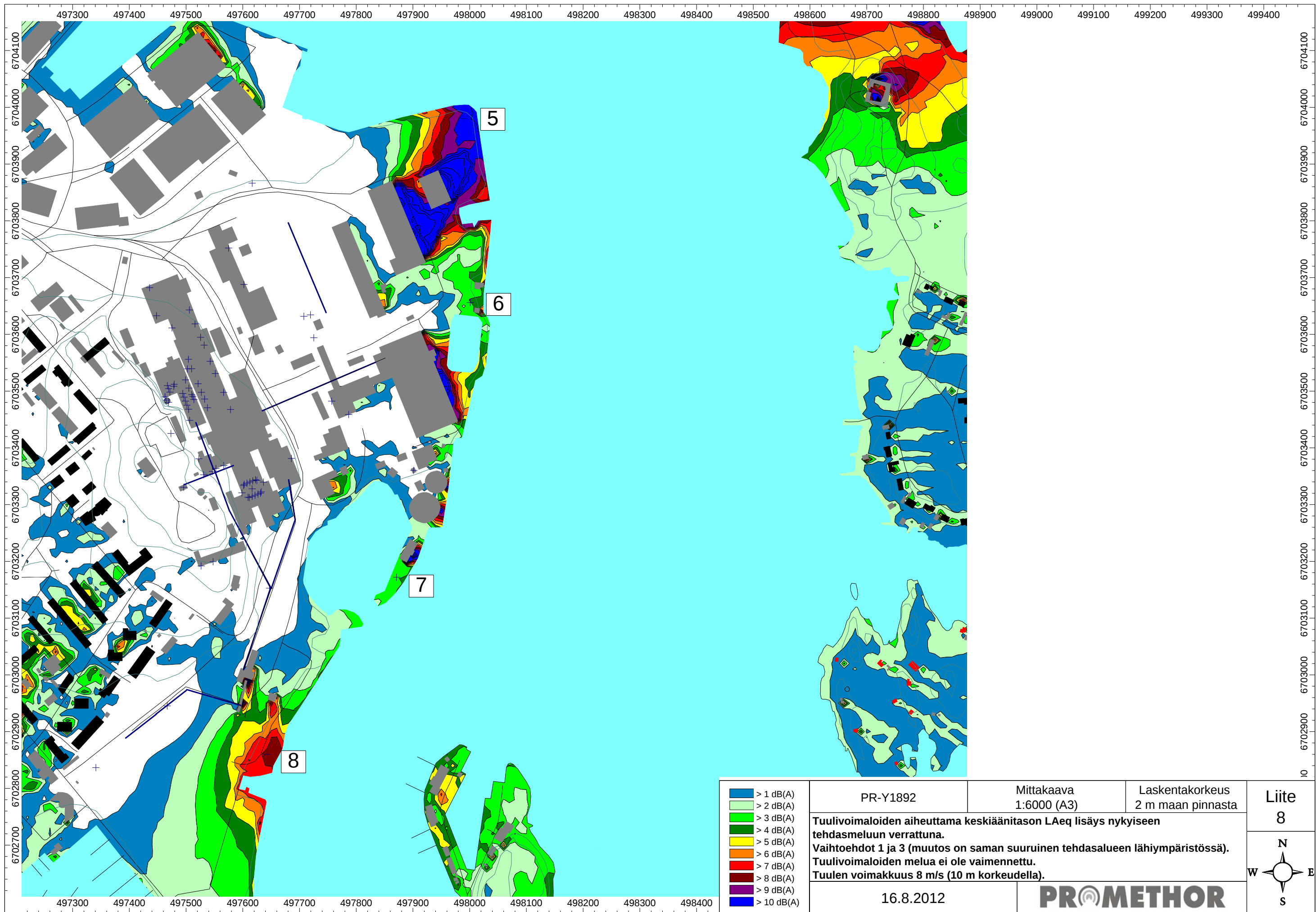
**Tuulen voimakkuus 8 m/s (10 m korkeudella)
Voimalat vaimennettu: LWA = 100,5 dB (strategia E)**

16.8.2012

PR©METHOR



> 35 dB(A) > 40 dB(A) > 45 dB(A) > 50 dB(A) > 55 dB(A) > 60 dB(A) > 65 dB(A)	PR-Y1892	Mittakaava 1:6000 (A3)	Laskentakorkeus 2 m maan pinnasta
	Kotkamills Oy:n tehtaan aiheuttama keskiäänitaso LAeq. Tehtasalueen lähiympäristö.		
	16.8.2012	PR◉METHOR	



PR-Y1892

Mittakaava
1:6000 (A3)

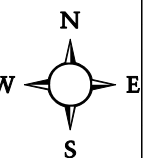
Laskentakorkeus
2 m maan pinnasta

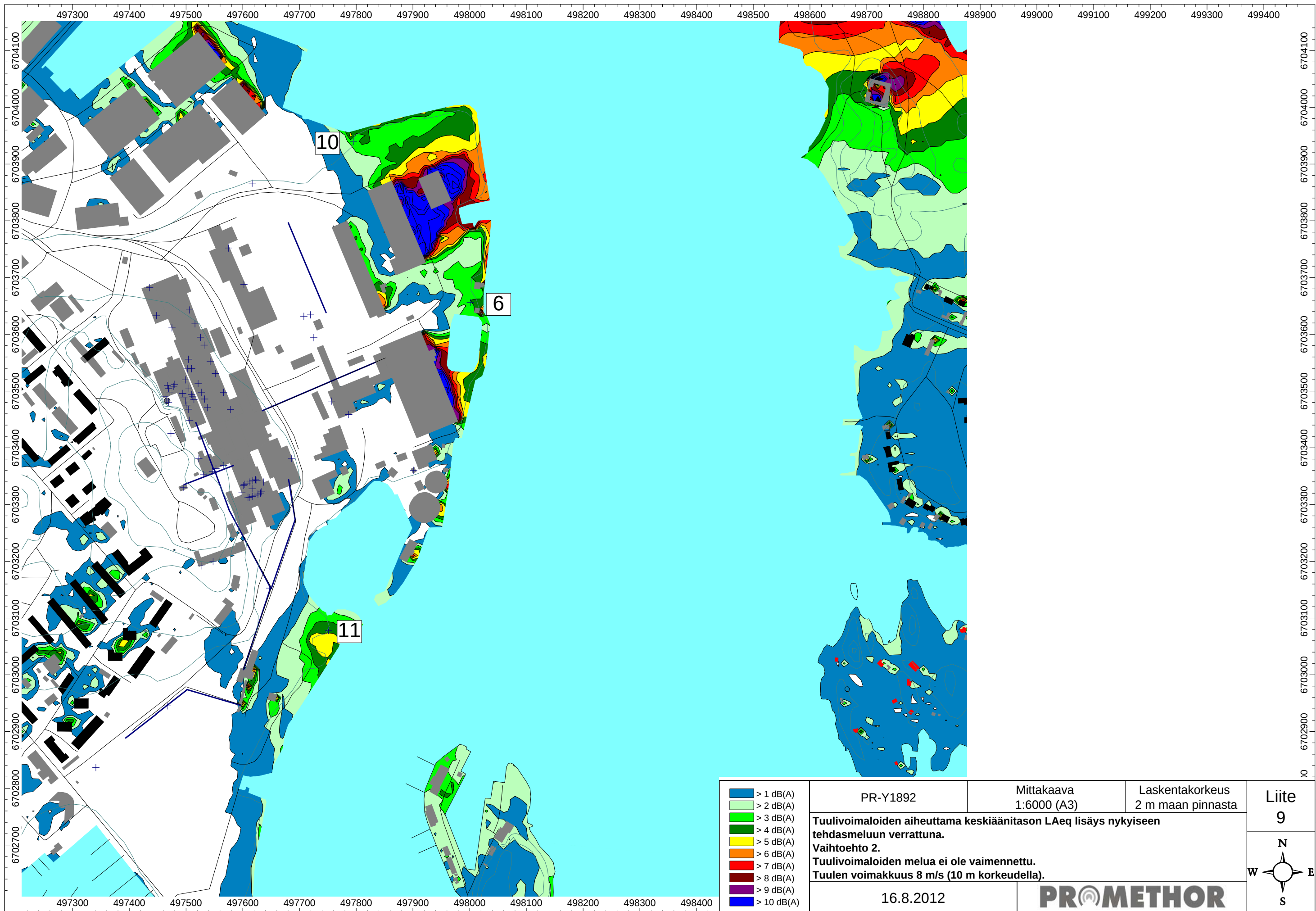
Liite
8

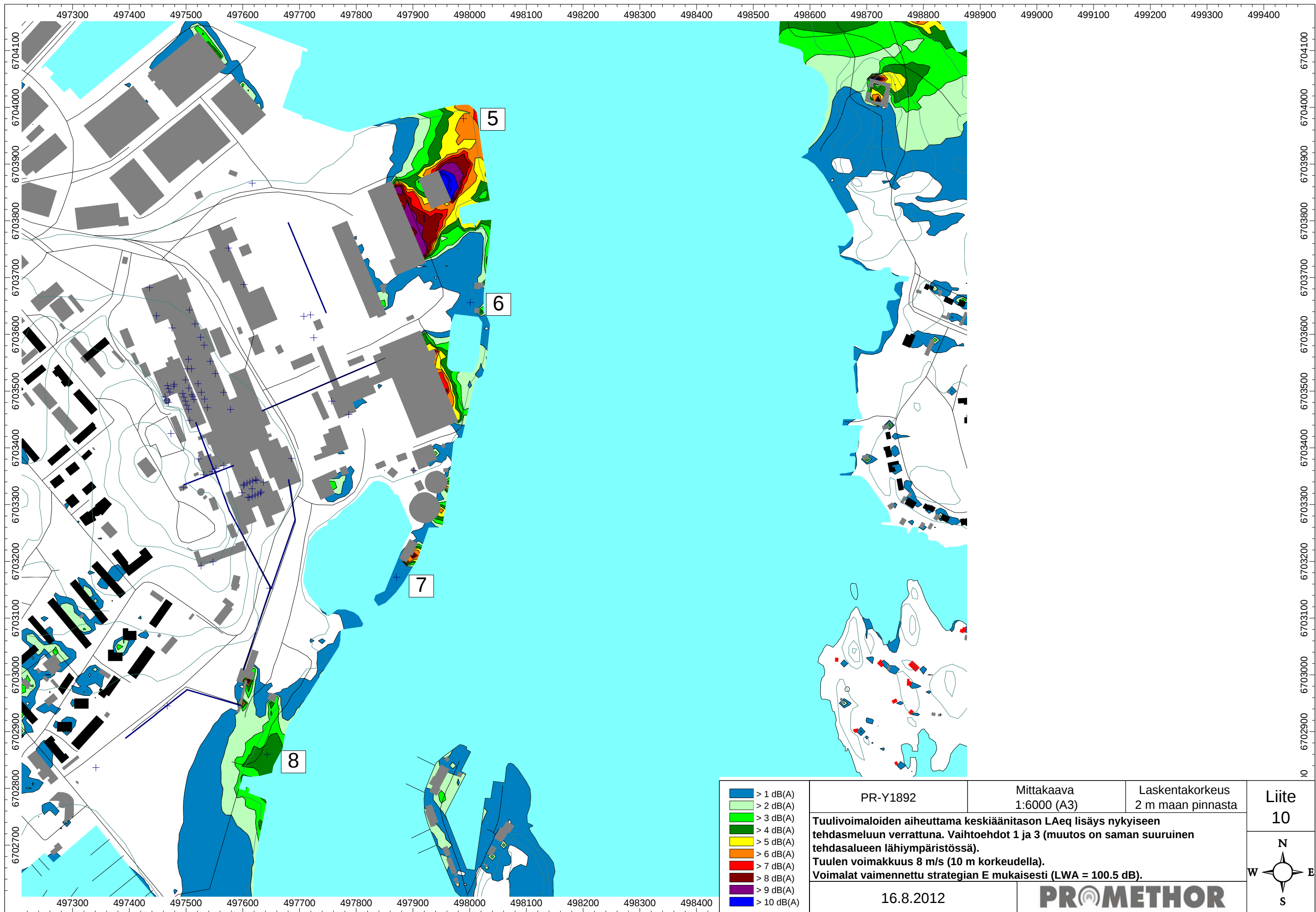
Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitason L_{Aeq} lisäys nykyiseen
tehdasmeluun verrattuna.
Vaihtoehdot 1 ja 3 (muutos on saman suuruinen tehdasalueen lähiympäristössä).
Tuulivoimaloiden melua ei ole vaimennettu.
Tuulen voimakkuus 8 m/s (10 m korkeudella).

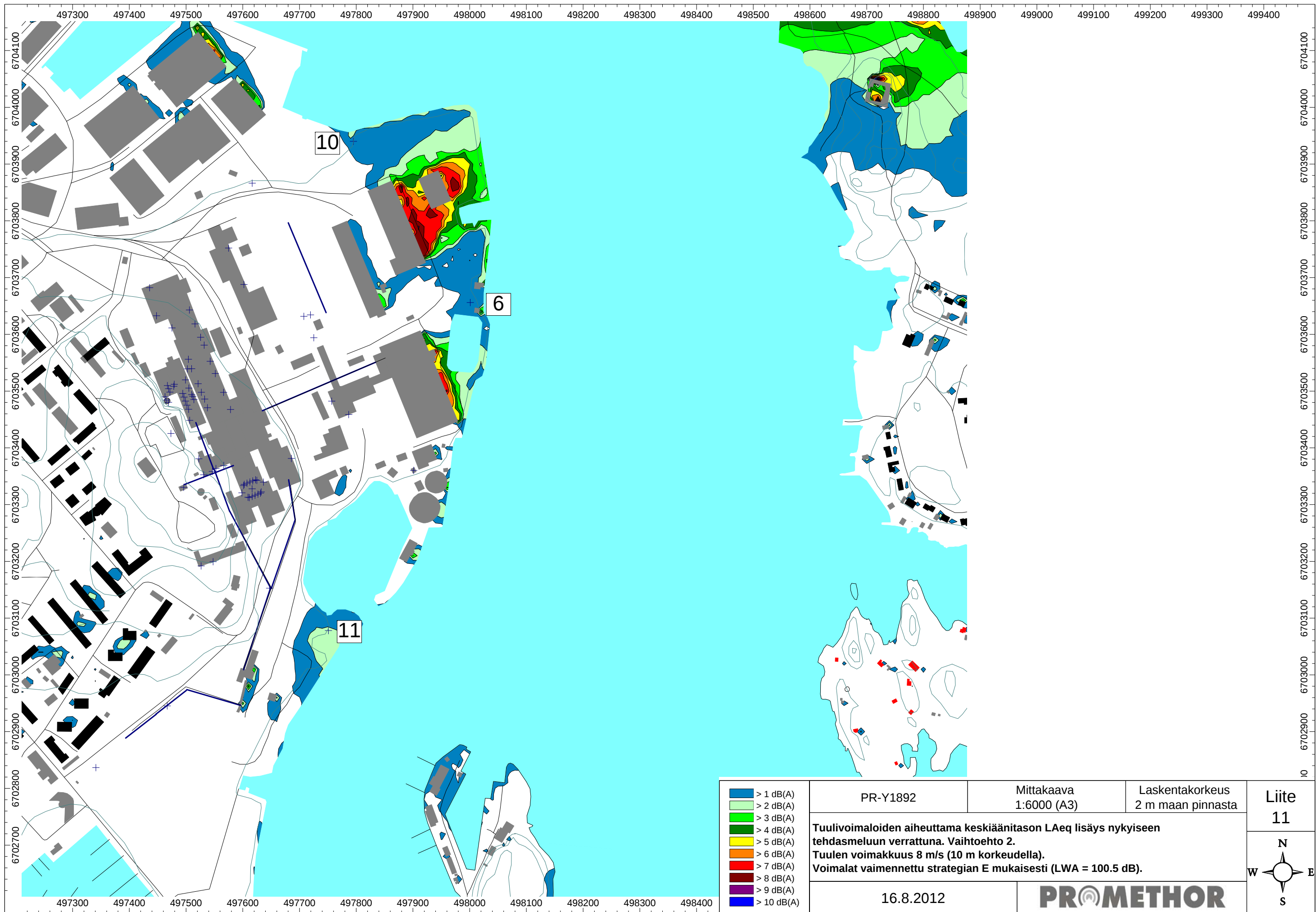
16.8.2012

PRMETHOR









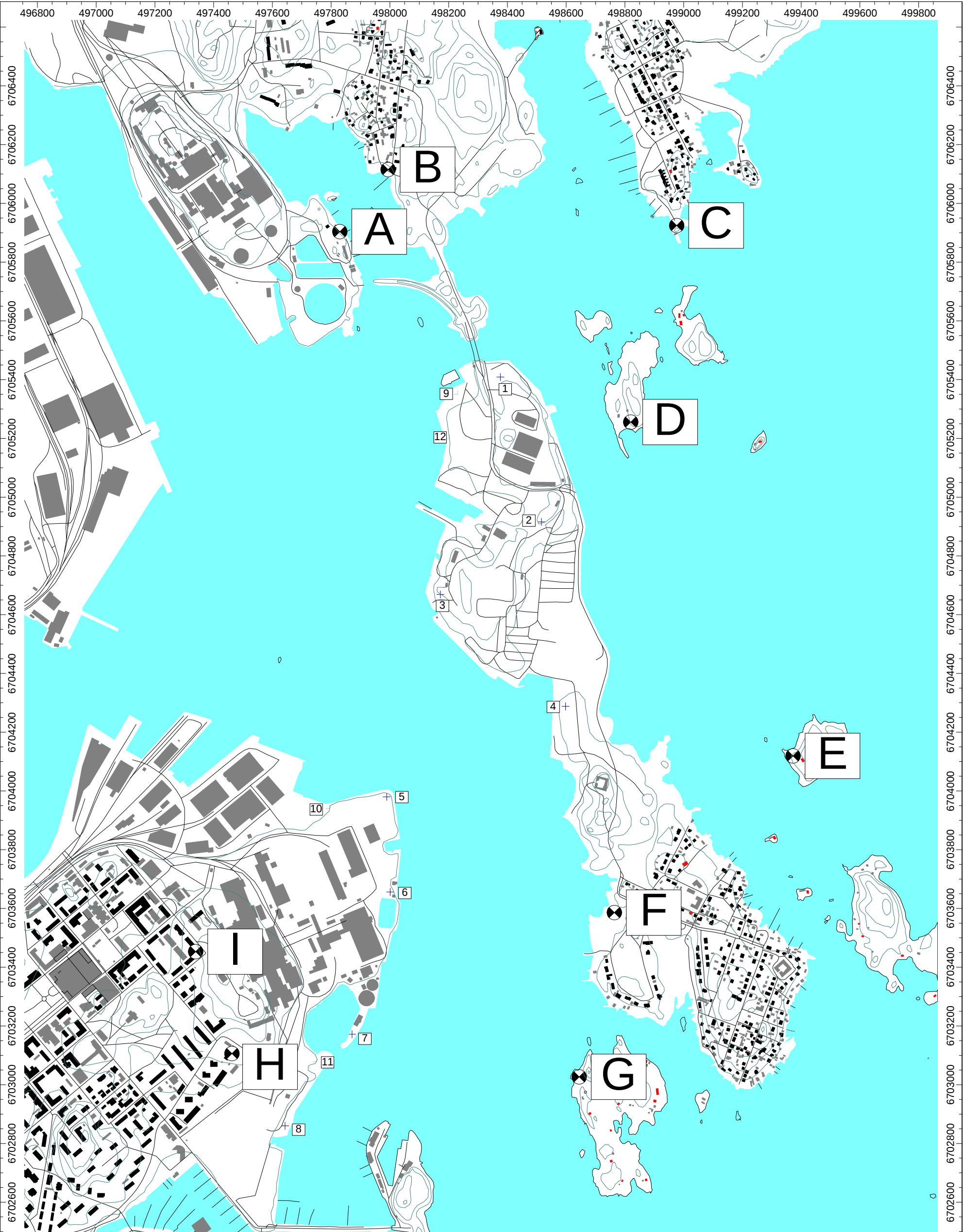
- > 1 dB(A)
- > 2 dB(A)
- > 3 dB(A)
- > 4 dB(A)
- > 5 dB(A)
- > 6 dB(A)
- > 7 dB(A)
- > 8 dB(A)
- > 9 dB(A)
- > 10 dB(A)

PR-Y1892	Mittakaava 1:6000 (A3)	Laskentakorkeus 2 m maan pinnasta
Tuulivoimaloiden aiheuttama keskiäänitason LAeq lisäys nykyiseen tehdasmeluun verrattuna. Vaihtoehto 2. Tuulen voimakkuus 8 m/s (10 m korkeudella). Voimalat vaimennettu strategian E mukaisesti (LWA = 100.5 dB).		
16.8.2012	PRMETHOR	

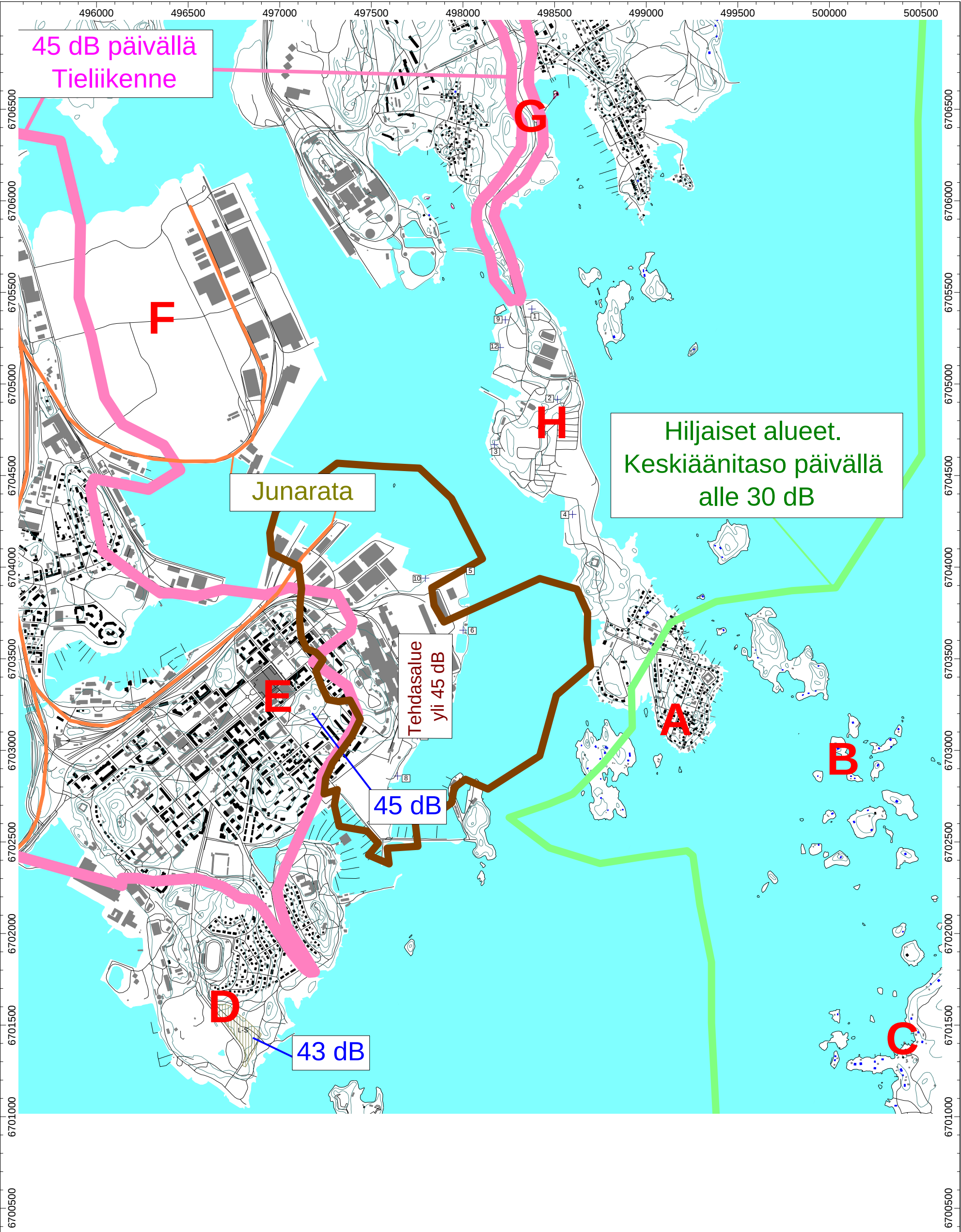
Liite
11

W

N
E
S



Liite 12	PR-Y1892		Mittakaava 1:12500 (A3)	Laskentakorkeus 2 m maan pinnasta
	Pienitaajuisen melun tarkastelupisteet.			
	16.8.2012			



Liite 13	PR-Y1892		Mittakaava 1:20000 (A3)	Havaintokorkeus 2 m maan pinnasta
	Tarkastelualueen taustamelu sekä hiljaiset alueet Päiväaika klo 7 - 22 Rajat perustuvat aiempiin selvityksiin			
	16.8.2012			

