

LIITE 17

Pesolan-Korkeanmaan tuulivoimahankkeen
meluselvitys

Vastaanottaja
Suomen Hyötytuuli Oy
Saba Tuuli Oy Ab

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
14.8.2014

Viite
1510005264

PESOLAN - KORKEANMAAN TUULI- VOIMAPUISTO, SOINI MELUMALLINNUS

PESOLAN - KORKEANMAAN TUULIVOIMAPUISTO,
SOINI
MELUMALLINNUS

Päivämäärä 14.8.2014
Laatija Arttu Ruhanen
Tarkastaja Janne Ristolainen

Tuulivoimahankkeen meluselvitys

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 05/2014
aineistoa.

http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata_lisenssi_versio1_20120501

Viite 1510005264

SISÄLTÖ

1.	YLEISTÄ	1
2.	MELUN OHJEARVOT	1
2.1	Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukaiset ohjearovot	1
2.2	Ympäristöministeriön ohjeen "Tuulivoimarakentamisen suunnittelu" suunnitteluarovot	2
3.	MELUMALLINNUKSEN TIEDOT	3
3.1	Tuulivoimalatiedot	3
3.2	Melulaskenta	4
3.3	Maastomalli	6
4.	TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	6
4.1	Mallinnuksen tulokset	6
4.2	Häiritsevyysskorjaukset	7
4.3	Melutasot verrattuna VNp 993/1992 melutason yleisiin ohjearovoihin	7
4.4	Melutasot verrattuna Ympäristöministeriön ohjeen "Tuulivoimarakentamisen suunnittelu" suunnitteluarovoihin	8
4.5	Pienitaajuinen melu	9
4.6	Alueen yleiset tuuliolosuhteet ja niiden vaikutus melutasojen esiintyvyyteen	11

1. YLEISTÄ

Saba Tuuli Oy Ab ja Suomen Hyötytuuli Oy suunnittelevat tuulivoimahankkeita Soinin kunnan Pesolan ja Korkeanmaan alueille. Suomen Hyötytuulen tavoitteena on rakentaa Pesolan alueella 23 tuulivoimalan laajuinen tuulivoimapuisto ja Saba Tuulen tavoitteena on rakentaa Korkeanmaan alueelle 25 tuulivoimalan laajuinen tuulivoimapuisto. Tässä selvityksessä on mallinnettu tuulivoimalaitosten aiheuttamat melutasot niiden ympäristössä. Meluselvitys liittyy Rambollissa laadittavaan hankkeiden ympäristövaikutusten arviointiin (YVA).

Melumallinnus tehtiin Ympäristöministeriön hallinnon ohjeita 2/2014 ”Tuulivoimaloiden melun mallintaminen” raportin mukaisilla laskentaparametreilla. Koska kyseessä on YVA-vaiheen selvitys, on meluvyöhykkeiden mallinnuksessa käytetty laskentamallia ISO 9613-2. Pientaajuisen melun tarkastelu tehtiin soveltaen DSO 1284 mukaista menetelmää YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti.

Selvityksessä tutkittiin eri esimerkkituulivoimalaitosten aiheuttamia melutasoja ympäristössä ja hanketta iteroitiin melumallinnustulosten perusteella.

Työ on tehty hankkeen ympäristövaikutusten arviointiin liittyen Saba Tuuli Oy:n ja Suomen Hyötytuuli Oy:n toimeksiannosta. Ramboll Finland Oy:ssä YVA-hankkeen projektipäällikkönä toimii FM (maantiede) Kirsi Lehtinen. Melumallinnuksen ja raportoinnin on tehnyt projektipäällikkö ins. (AMK) Janne Ristolainen ja suunnittelija ins. (AMK) Arttu Ruhanen.

2. MELUN OHJEARVOT

2.1 Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukaiset ohjearvot

Valtioneuvosto on antanut melutason yleiset ohjearvot (Valtioneuvoston päätös 993/92). Päätöstä sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyvyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyssä. Päätös ei koske ampuma- ja moottoriurheiluratojen melua. Päätöstä ei myöskään sovelleta teollisuus-, katu- ja liikennealueilla eikä melusuoja-alueiksi tarkoitetuilla alueilla. Taulukossa 1 on esitetty päivä- ja yöajan ohjearvot ulkona ja sisällä.

Taulukko 1. VNp 993/1992 mukaiset yleiset melutason ohjearvot

Ulkona	L _{Aeq} , enintään	
	Päivällä (07–22)	Yöllä (22–07)
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	50 dB ¹⁾
Uudet asuinalueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevat	55 dB	45 dB ¹⁾
Loma-asumiseen käytettävät alueet ³⁾ , leirintäalueet ja virkistysalueet taajamien ulkopuolella sekä luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB ²⁾
Sisällä		
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoontumistilat	35 dB	-
Liike- ja toimistohuoneet	45 dB	-

¹⁾ Oppilaitoksia palvelevilla alueilla ei sovelleta yöohjearvoa

²⁾ Yöohjearvoa ei sovelleta sellaisilla luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä

³⁾ Loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamassa voidaan soveltaa asumiseen käytettävien alueiden ohjearvoja

L_{Aeq} = melun A-painotettu keskiäänitaso (ekvivalenttitaso)

Jos melu sisältää impulsseja tai ääneksiä tai on kapeakaistaista, mittaustuloksiin lisätään 5 dB ennen niiden vertaamista ohjearvoihin. Impulssimaisuus- tai kapeakaistaisuuskorjaus tehdään sille ajalle, jolloin melu on impulssimaista tai kapeakaistaista.

2.2 Ympäristöministeriön ohjeen "Tuulivoimarakentamisen suunnittelu" suunnittelu-arvot Ympäristöministeriö asetti 30.9.2010 työryhmän, jonka tehtävänä oli valmistella ehdotus tuulivoimarakentamisen kaavoitusta, vaikutusten arviointia ja lupamenettelyjä koskevaksi ohjeistukseksi. Työryhmän raportti "Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012 – Tuulivoimarakentamisen suunnittelu" julkaistiin heinäkuussa 2012. Melun osalta ohjeessa on todettu, etteivät Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukaiset melutaso yleiset ohje-arvot sovellettu tuulivoimamelun haittojen arviointiin ja ohjeessa annetaan suunnitteluohje-arvot tuulivoimamelulle. Toisaalta Ympäristöministeriön ELY:n alueidenkäyttövastaaville lähettämässä tiedotteessa (Nunu Pesu 24.9.2012) on todettu, että "Tuulivoimamelun suunnitteluohje-arvoja ei ole tarkoitettu sovellettavaksi jo rakennettuihin ja käytössä oleviin tuulivoimaloihin. Tuulivoimamelun suunnitteluohje-arvoja ei myöskään sovelleta jo lainvoiman saaneisiin kaavoihin tai lupiin."

Ympäristöministeriön ohjeessa on sanottu suunnitteluohje-arvoista seuraavaa:

"Tuulivoimarakentamisen suunnitteluohje-arvot ovat riskienhallinnan ja suunnittelun apuväline. Niiden avulla voidaan tunnistaa tuulivoimarakentamiseen parhaiten soveltuvat alueet. Näillä suunnitteluohje-arvoilla pyritään varmistamaan, ettei tuulivoimaloista aiheudu kohtuutonta häiriötä ja että esimerkiksi asuntojen sisämelutasot pysyvät asumisterveysohjeen mukaisina." Seuraavassa taulukossa on eritelty tuulivoimarakentamista koskevat ulkomelutason suunnitteluohje-arvot.

Taulukko 2. Tuulivoimarakentamisen ulkomelutason suunnitteluohje-arvot

	L _{Aeq} Päiväajalle (07–22)	L _{Aeq} Yöajalle (22–07)
Asumiseen käytettävillä alueilla, loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamissa, virkistysalueilla	45 dB	40 dB
Loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamien ulkopuolella, leirintäalueilla, luonnonsuojelualueilla*	40 dB	35 dB
Muilla alueilla (esim. teollisuusalueilla)	ei sovelleta	ei sovelleta

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

L_{Aeq} = melun A-painotettu keskiäänitaso (ekvivalenttitaso)

On huomattava, että taulukon suunnitteluohje-arvoja sovelletaan vain asumiseen, loma-asumiseen ja virkistykseen käytettävillä alueilla sekä leirintä- ja luonnonsuojelualueilla.

Tuulivoimarakentamisen ulkomelutason suunnitteluohje-arvot määritetään A-taajuuspainotettuna keskiäänitasona L_{Aeq} erikseen päiväajan (klo 7-22) ja yöajan (klo 22-7) osalta. Kyse ei ole hetkelisistä enimmäisäänitasoista.

Mikäli tuulivoimalan ääni on laadultaan erityisen häiritsevää eli 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 suunnitteluohje-arvoon vertaamista.

Ulkomelutason suunnitteluohje-arvojen lisäksi asuntojen sisätiloissa käytetään Terveystasojen (763/94) sisältövaatimuksiin pohjautuen asumisterveysohjeen mukaisia taajuuspainotattomia tunnin keskiäänitasoon L_{eq,1h} perustuvia suunnitteluohje-arvoja koskien pienitaajuisia melua. Sisämelutasot voidaan arvioida ulkomelutasojen perusteella ottamalla huomioon rakennusten vaipan ääneneristävyys.

Taulukko 3. Yöaikaisen pienitaajuisen sisämelun ohje-arvot terssikaistoittain (Asumisterveysohje, STM:n oppaita 2003:1)

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

Oppaassa mainituista häiritsevyysskorjauksista on todettava, että niitä ei lisätä automaattisesti tuulivoimalaitosten meluun, sillä melutason alhaisemmat suunnitteluohjearvot huomioivat jo tuulivoimalaitosten melun muuta melua häiritsevemmän luonteen. Lisäys tehdään ainoastaan siinä tapauksessa, että melu voidaan todeta erityisen häiritseväksi tarkastelupisteessä (esim. asutuksen tai loma-asuntojen kohdalla).

Ympäristöministeriön julkaisemassa ohjeessa 2/2014 "Tuulivoimalaitosten melun mallintaminen" on todettu häiritsevyysskorjausten soveltamisesta YVA-vaiheen selvityksissä seuraavaa:

"Äänen mahdollinen kapeakaistaisuus ja pienitaajuisten komponenttien osuus äänen spektrissä selvitetään. Melun impulssimaisuuden ja merkityksellisen sykinän (amplitudimodulaatio) vaikutukset sisältyvät lähtökohtaisesti valmistajan ilmoittamiin melupäästön takuuarvoihin, eikä niiden tarkastelua tässä yhteydessä edellytetä. Sanktio voidaan huomioida laskennan lähtöarvoissa, mikäli tiedetään tuulivoimalan melupäästön sisältävän kapeakaistaisia/tonaalisia komponentteja ja voidaan näiden erityispiirteiden olevan kuulohavainnoin erotettavissa ja ohjeistuksen mukaisesti todennettavissa melulle altistuvalla alueella. Kapeakaistaisuus/tonaalisuus arvioidaan ympäristöministeriön tuulivoimaloiden melupäästön mittaushjeen mukaan. Muussa tapauksessa sanktiota ei sovelleta melun mallinnuksessa."

3. MELUMALLINNUKSEN TIEDOT

3.1 Tuulivoimalatiedot

Hankevaihtoehto 1 sisältää yhteensä 48 tuulivoimalaa, joista 23 sijaitsee Pesolan alueella ja 25 kpl Korkeanmaan alueella. Hankevaihtoehto 2 sisältää vain Pesolan alueen voimalaitokset ja hankevaihtoehto 3 vain Korkeanmaan alueen voimalaitokset. Mallinnuksessa käytetty voimaloiden napakorkeus oli 140 metriä.

Taulukko 4. Tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS-TM35FIN)

Pesola			Korkeanmaa		
Layout 31.1.2014			Layout 13.3.2014		
Tunnus	I	P	Tunnus	I	P
1	363848	6981195	1	359787	6978607
2	363997	6981781	2	360990	6979170
3	363561	6982243	3	360903	6980946
4	364415	6982457	4	360373	6979032
5	364134	6982894	5	361532	6979066
6	364582	6983258	6	362137	6979329
7	365149	6983126	7	362829	6979407
8	365207	6983591	8	360930	6979753
9	364741	6983756	9	361529	6979635
10	364518	6984457	10	361875	6980134
11	364428	6984853	11	362441	6979900
12	364776	6985260	12	363280	6979919
13	363468	6984831	13	361035	6980365
14	362488	6985326	14	362276	6980607
15	361755	6984914	15	363259	6980649
16	361498	6985379	16	363292	6981166
17	362199	6985756	17	361494	6980821
18	362867	6986101	18	360843	6981654
19	362098	6986251	19	362236	6981315
20	362669	6986800	20	361825	6981760
21	362810	6984900	21	360287	6981612
22	363289	6985445	22	362883	6982225
23	364583	6984170	23	362264	6982352
			24	360974	6982386
			25	361659	6982534

Mallinnuksia tehtiin taulukossa 5 esitetyillä tuulivoimalamallien variaatioilla.

Taulukko 5. Mallinnusvariaatiot

Mallinnus-tilanne	Hanke-vaihto-ehto	Voimalat	Tuulivoimamalli	Äänitehotaso L _{WA}
1	VE1	Pesola 1-23 + Korkeanmaa 1-25	Nordex N117/3000	106,0 dB
2	VE2	Pesola 1-23	Nordex N117/3000	106,0 dB
3	VE3	Korkeanmaa 1-25	Nordex N117/3000	106,0 dB
4	VE1	Pesola 1-23	Vestas V126-3.3MW	107,5 dB
		Korkeanmaa (15 kpl) 1-6 + 8-10 + 13 + 17-18 + 20-21 + 24	Nordex N117/3000	106,0 dB
		Korkeanmaa (10 kpl) 7 + 11-12 + 14-16 + 19 + 22- 23 +25	Vestas V112-3.0MW	106,5 dB
5	VE2	Pesola 1-23	Vestas V126-3.3MW	107,5 dB
6	VE3	Korkeanmaa (15 kpl) 1-6 + 8-10 + 13 + 17-18 + 20-21 + 24	Nordex N117/3000	106,0 dB
		Korkeanmaa (10 kpl) 7 + 11-12 + 14-16 + 19 + 22- 23 +25	Vestas V112-3.0MW	106,5 dB

Liitteessä 7 on esitetty tuulivoimaloiden akustiset tiedot.

Melupäästöarvot syötettiin meluvyöhykelaskentaan ja reseptoripistelaskentaan 1/1 -oktaavikaistoittain voimalan taajuusjakauman mukaisesti. Pienitaajuisen melun laskenta tehtiin laitosmallin ilmoitettuihin 1/3 -oktaavikaistatietoihin perustuen. Nordex on antanut Nordex N117/3000 -laitoksen kokonaisäänitehotasolle takuun, samoin Vestas V126 - 3,3MW laitoksen osalta. Vestasin V112-laitoksen osalta melupäästöarvo ei ole ns. taattu arvo.

Nordex N117/3000 ja Vestas V126 laitoksille käytettiin tilaajan toimittamia laitosten teknisiä selosteita, joista ilmeni 1/3 -oktaavikaista-arvot. Vestas V112-3.0MW tuulivoimalaitosten äänitehotasona mallinnuksessa käytettiin kirjallisuudesta peräisin olevia melutietoja (Assessment of low-frequency noise from wind turbines in Maastricht, Møller, H ym.).

3.2 Melulaskenta

Melulaskennat tehtiin Ympäristöministeriön hallinnon ohjeita 2/2014 "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen" raportin mukaisilla laskentaparametreilla ja -menetelmillä. Liitteessä 8 on esitetty melulaskentojen oleelliset lähtötiedot esim. laskentaparametrit.

Melumallinnukset on tehty SoundPlan 7.1 -melulaskentaohjelmaa ja siihen sisältyvää ISO 9613-2 -melulaskentamallia käyttäen. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta www.soundplan.eu.

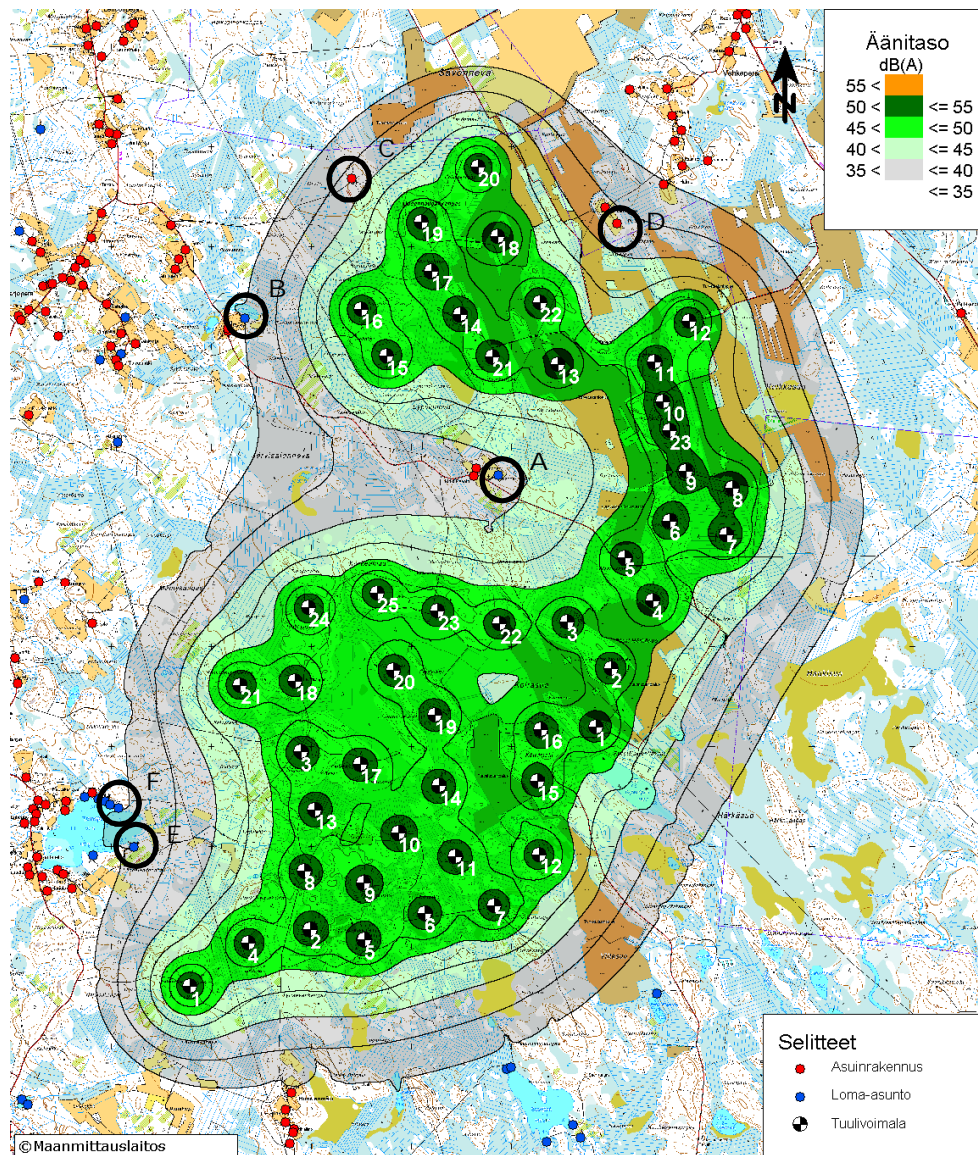
ISO 9613-2 -mallissa tuulen nopeutta tai suuntaa ei voida varioida, vaan laskentamallissa on oletuksena lievä myötätuuli melulähteestä laskentapisteeseen päin. Malli huomioi kolmiulotteisessa laskennassa mm. maastonmuodot sekä etäisyysvaimentumisen, ilman ääniabsorption, esteet, heijastukset ja maanpinnan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

melulle on kohtuullisessa myötätuulitilanteessa annettu 100–1000 m laskentaetäisyyksillä ± 3 dB. Arvo on ilmoitettu tilanteessa, jossa lähteen maksimikorkeus on 30 metriä maanpinnan yläpuolella.

Meluvyöhykelaskennat on tehty laskentapisteverkkoon ja ohjelma interpoloi melutasot laskentapisteidenvälisille alueille. Lisäksi tehtiin reseptoripistelaskentoja yksittäisiin tarkastelupisteisiin. Reseptoripisteiden tuloksista käy ilmi tarkat keskiäänitasot (LAeq) kyseisten rakennusten kohdalla.

Pienitaajuuden melun tarkastelu tehtiin YM:n ohjeessa 2/2014 esitetyn mukaisesti. Melupäästötietona käytettiin 1/3-oktaavikaistatietoja taajuuksiväliltä 20–200 Hz. Pienitaajuisista melua tarkasteltiin taulukossa 5 esitetyistä mallinnustilanteissa 1, 4, 6 ja 7. Taajuuspainottomien terssi-kaistakohtaisten melutasojen laskenta tehtiin reseptoripisteisiin A, D ja E. Rakennuksen sisälle aiheutuvia pienitaajuisia melutasoja arvioitiin DSO 1284 laskentamenetelmässä esitettyjen asuintalon julkisivun ilmäeneristävyyssarvojen avulla.

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



Kuva 1. Reseptoripisteiden sijainti, pohjalla mallinnustilanteen 1 melukuva (VE1: 106,0 dB)

3.3 Maastomalli

Laskennassa käytetty maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan 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 kolmen kilometrin etäisyydellä laitoksista sijaitsevien altistuvien kohteiden välinen maanpinnan korkeusero on alle 60 metriä.

4. TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Mallinnuksen tulokset

Laskennalliset meluvyöhykkeet (A-painotettu keskiäänitaso) on esitetty liitteissä 1-6. Melukuviin on merkitty asuin- ja lomarakennukset värikoodein Maanmittauslaitoksen maastotietokannan tietojen pohjalta. Melukuvissa on esitetty mallinnustulokset ilman mahdollisia häiritsevyy- tai muita korjauksia.

Melukuvissa esitetyt keskiäänitasot kuvaavat tilannetta, jossa tuulennopeus on koko päivä- tai yöajan 8 m/s 10 m korkeudella maanpinnasta. Todellisuudessa tuulennopeus vaihtelee päivä- ja yöaikana ja todellinen päivä- tai yöajan keskiäänitaso vaihtelee sen mukaisesti. Myös tuulen suunta vaikuttaa melun leviämiseen.

Koska tässä vaiheessa suunnittelua päätöstä lopullisesta tuulivoimalaitosmallista ei ole tehty, selvityksessä tutkittiin eri esimerkkituulivoimalaitosten aiheuttamia melutasoja ympäristössä ja hanketta iteroitiin melumallinnustulosten perusteella. Eri esimerkkivoimalaitosmalleilla on erilainen melupäästö, jonka johdosta Pesolan ja Korkeanmaan alueille haettiin melun kannalta optimaalista vaihtoehtoa. Eri laitosmallit antavat kuvaa meluvaikutusten vaihteluvälistä jota voidaan hyödyntää hankkeen riskienarvioinnissa sekä meluvaikutusten arvioinnissa.

Taulukko 6. A-painotetut melutasot eniten melulle altistuvien kohteiden kohdalla (ulkomelutaso)

Reseptori	ETRS-TM35FIN		L _{Aeq} , dB					
			Mallinnustilanne					
	E / Ion	N / Iat	1	2	3	4	5	6
			VE1	VE2	VE3	VE1	VE2	VE3
A, Vanha-Pesola	362869	6983714	39,7	38,3	33,9	41,9	40,8	35,1
B, Iso-Syväri	360344	6985287	35,5	35,1	25,3	37,9	37,6	26,2
C, Heinäaho	361408	6986681	38,5	38,4	22,5	40,9	40,8	23,8
D, Halmepelto	364054	6986236	38,5	38,4	22,7	41,0	40,9	24,3
E, Torasjärvi etelä	359233	6979992	35,4	21,2	35,2	35,7	24,2	35,4
F, Torasjärvi pohjoinen	359077	6980380	34,8	19,7	34,7	35,2	22,7	35,0

Liitteessä 1 on esitetty mallinnustilanteen 1 melukuva (VE1). 40 dB ylittävällä melualueella ei ole asuin- tai lomarakennuksia. Mallinnuksen mukaan kuusi vakituista asuintaloa ja kolme loma-asuntoa jää tuulivoimalaitosten aiheuttaman 35–40 dB melualueelle.

Liitteessä 2 on esitetty mallinnustilanteen 2 melukuva (VE2). 40 dB ylittävällä melualueella ei ole asuin- tai lomarakennuksia. Mallinnuksen mukaan kuusi vakituista asuintaloa ja kaksi loma-asuntoa jää tuulivoimalaitosten aiheuttaman 35–40 dB melualueelle.

Liitteessä 3 on esitetty mallinnustilanteen 3 melukuva (VE3). Mallinnuksen mukaan yksi loma-asunto jää tuulivoimalaitosten aiheuttaman 35–40 dB melualueelle. 40 dB ylittävällä melualueella ei ole asuin- tai lomarakennuksia.

Liitteessä 4 on esitetty mallinnustilanteen 4 melukuva (VE1). 40–45 dB melualueella on viisi asuinrakennusta ja yksi loma-asunto. Mallinnuksen mukaan kuusi vakituista asuintaloa ja kolme loma-asuntoa jää tuulivoimalaitosten aiheuttaman 35–40 dB melualueelle.

Liitteessä 5 on esitetty mallinnustilanteen 5 melukuva (VE2). 40–45 dB melualueella on viisi asuinrakennusta ja yksi loma-asunto. Kuusi asuintaloa ja yksi lomarakennus jää tuulivoimalaitosten aiheuttaman 35–40 dB melualueelle.

Liitteessä 6 on esitetty mallinnustilanteen 6 melukuva (VE3). 40 dB ylittävällä melualueella ei ole asuin- tai lomarakennuksia. Kaksi asuintaloa ja kaksi lomarakennusta jää tuulivoimalaitosten aiheuttaman 35–40 dB melualueelle.

4.2 Häiritsevyyskorjaukset

Ympäristöministeriön mallinnusohjeen 2/2014 mukaan YVA-vaiheen meluselvityksessä ei edellytetä melun impulssimaisuuden ja merkityksellisen sykinnän (amplitudimodulaatio) tarkastelua, vaan oletetaan että kyseiset vaikutukset sisältyvät laitostuotajan ilmoittamiin melupäästön taakuarvoihin.

Nordex N117/3000 sekä Vestas V112-3.0MW eivät käytettävissä olevien tietojen mukaan aiheuta kapeakaistaista melua.

Vestas V126-3.3MW:n taajuusjakaumasta käy ilmi, että 125 Hz:n terssikaistalla taajuuspainotetun äänitehotaso on noin 5 dB suurempi kuin viereisten kaistojen keskiarvo. Muun muassa Asumisterveysohjeessa (oppaita 2003:1) kapeakaistaisuuskorjaus on esitetty tehtäväksi, jos mitatun melun lineaarinen terssipainetaso on vähintään 5 dB suurempi kuin viereisten terssipainetasojen keskiarvo ja lisäksi kapeakaistaisuuden on oltava kuultavissa.

Mallinnusohjeen mukaan melun kapeakaistaisuudelle/tonaalisuudelle edellytettävä +5 dB:n korjaus tehdään vain sellaisissa tapauksissa, jos erityispiirteet ovat kuultavissa melulle altistuvassa kohteessa ja tuulivoimalan melupäästön tiedetään sisältävän kapeakaistaisuutta. Melun kapeakaistainen luonne tyyppillisesti vielä vähenee etäisyyden kasvaessa melulähteestä kuuntelupisteeseen.

Koska Vestas V126-3.3MW:n melupäästön kapeakaistaisuus on lievää ja kapeakaistaisuus tavanomaisesti vähenee etäisyyden kasvaessa muutamiin satoihin metreihin ja tuulivoimamelun sekoittuessa alueen taustameluun, ei melun arvioida olevan kapeakaistaista enää asutuksen kohdalla.

4.3 Melutasot verrattuna VNp 993/1992 melutason yleisiin ohjearvoihin

Mallinnuksen mukaan kaikissa seitsemässä mallinnustilanteessa tuulivoimalaitosten melutasot alittavat laitosten suurimmilla äänitehotasoilla laskettuna VNp 993/1992 mukaiset päivä- ja yöajan ohjearvot vakituiseen asutuksen ja loma-asuinalueiden kohdalla.

4.4 Melutasot verrattuna Ympäristöministeriön ohjeen "Tuulivoimarakentamisen suunnittelu" suunnitteluarvoihin

VE1

Hankevaihtoehdon 1 mukaisia melutilanteita tutkittiin kahdessa mallinnustilanteessa (1 ja 4).

Mallinnustilanteessa 1, jossa kaikki laitokset on Nordex N117/3000, jää tuulivoimaloiden aiheuttama melutaso vakituksella asutuksella päiväajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 7-22}$) 45 dB ja yöajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 22-7}$) 40 dB alle. Loma-asuinalueilla melutasot alittaa päiväajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 7-22}$) 40 dB ja yöajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 22-7}$) 35 dB. Yöajan suunnitteluohjearvo ylittyy Pesolantien varressa, sekä Torasjärven rannassa sijaitsevan yksittäisen loma-asunnon osalta.

Mallinnustilanteessa 4 Pesolan alueen tuulivoimalat ovat Vestas V126-3.3MW mallisia ja Korkeanmaan alueella voimalapaikasta riippuen, joko Nordex N117/3000 tai Vestas V112-3.0MW. Kaikkien asuintalojen kohdalla alitetaan päiväajan suunnitteluohjearvo ($L_{Aeq\ 7-22}$) 45 dB. Viiden asuintalon kohdalla melutaso on yli yöajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 22-7}$) 40 dB. Melutaso Torasjärven loma-asuinalueella on alle päiväajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 7-22}$) 40 dB, ja yöajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 22-7}$) 35 dB tasolla tai alle. Päiväajan suunnitteluohjearvo ylittyy Pesolantien varressa yhden loma-asunnon osalta. Yöajan suunnitteluohjearvoon verrattuna melutaso ylittyy kolmen yksittäisen loma-asunnon osalta.

VE2

Hankevaihtoehdon 2 mukaisia melutilanteita tutkittiin kahdessa mallinnustilanteessa (2 ja 5).

Mallinnustilanteessa 2 Pesolan alueen tuulivoimalat mallinnettiin Nordex N117/3000 mukaisilla melupäästöarvoilla. Tällöin melutaso on kaikkien vakituisten asuintalojen kohdalla alle päiväajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 7-22}$) 45 dB sekä yöajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 7-22}$) 40 dB. Loma-asuinalueiden kohdalla melutaso alittaa päiväajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 7-22}$) 40 dB ja yöajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 22-7}$) 35 dB. Pesolantien varressa sijaitsevan yksittäisen loma-asunnon osalta ylittyy yöajan suunnitteluohjearvo.

Mallinnustilanteessa 5 Pesolan alueen tuulivoimalat ovat Vestas V126-3.3MW mallisia. Kaikkien asuintalojen kohdalla alitetaan päiväajan suunnitteluohjearvo ($L_{Aeq\ 7-22}$) 45 dB. Viiden asuintalon kohdalla melutaso on yli yöajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 22-7}$) 40 dB. Melutaso loma-asuinalueilla on alle päiväajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 7-22}$) 40 dB ja yöajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 22-7}$) 35 dB. Päivä- ja yöajan suunnitteluohjearvo ylittyy Pesolantien varressa sijaitsevan yksittäisen loma-asunnon osalta. Iso-Syvärin rannassa sijaitsevan saunamökin osalta yöajan suunnitteluohjearvo ylittyy hieman.

VE3

Hankevaihtoehdon 3 mukaisia melutilanteita tutkittiin kahdessa mallinnustilanteessa (3 ja 6).

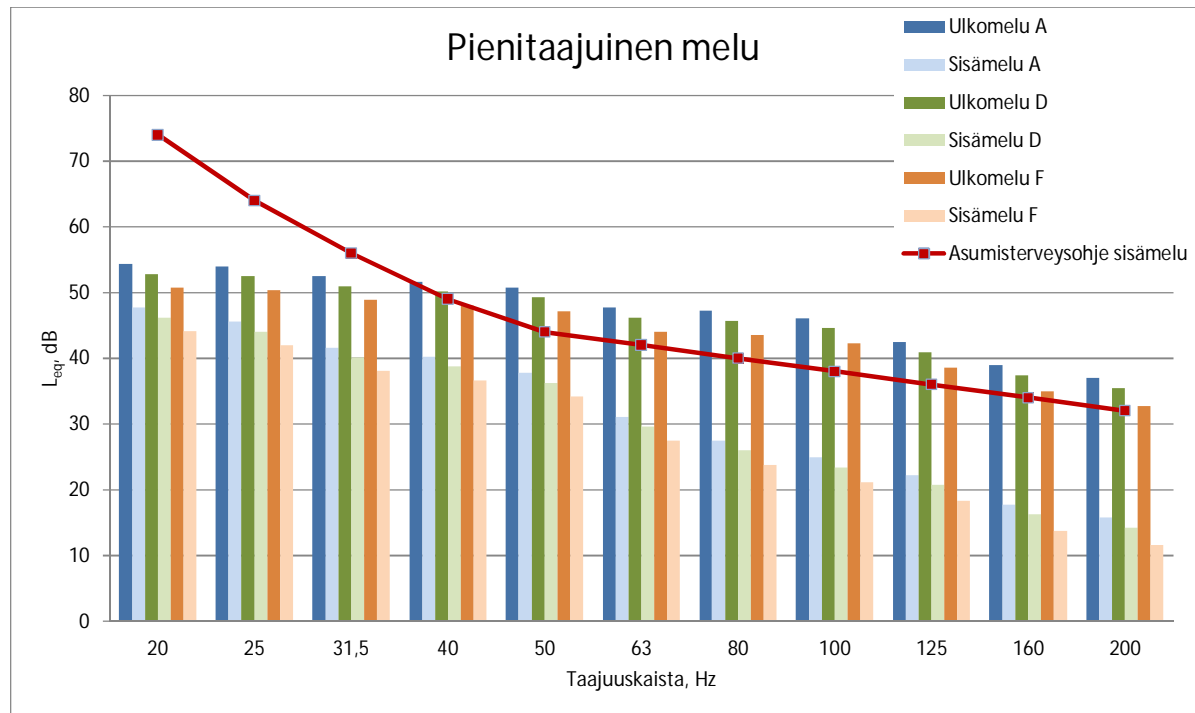
Mallinnustilanteessa 3 Korkeanmaan alueen tuulivoimalat mallinnettiin Nordex N117/3000 mukaisilla melupäästöarvoilla. Vakituisten asuintalojen kohdalla melutaso on alle päiväajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 7-22}$) 45 dB sekä yöajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 7-22}$) 40 dB. Loma-asuinalueiden kohdalla melutaso alittaa päiväajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 7-22}$) 40 dB ja yöajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 22-7}$) 35 dB. Torasjärven rannalla sijaitsevan yksittäisen loma-asunnon osalta ylittyy yöajan suunnitteluohjearvo.

Mallinnustilanteessa 6 tuulivoimalat ovat Korkeanmaan alueella voimalapaikasta riippuen, joko Nordex N117/3000 tai Vestas V112-3.0MW. Asuintalojen kohdalla melutaso on alle päiväajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 7-22}$) 45 dB ja yöajan suunnitteluohjearvo ($L_{Aeq\ 22-7}$) 40 dB. Loma-asuinalueella melutaso on alle päiväajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 7-22}$) 40 dB ja yöajan suunnitteluohjearvon ($L_{Aeq\ 22-7}$) 35 dB. Torasjärven rannassa melutaso on alle päiväajan suunnitteluohjearvon, mutta ylittää yksittäisen lomarakennuksen osalta hieman yöajan suunnitteluohjearvon.

4.5 Pienitaajuinen melu

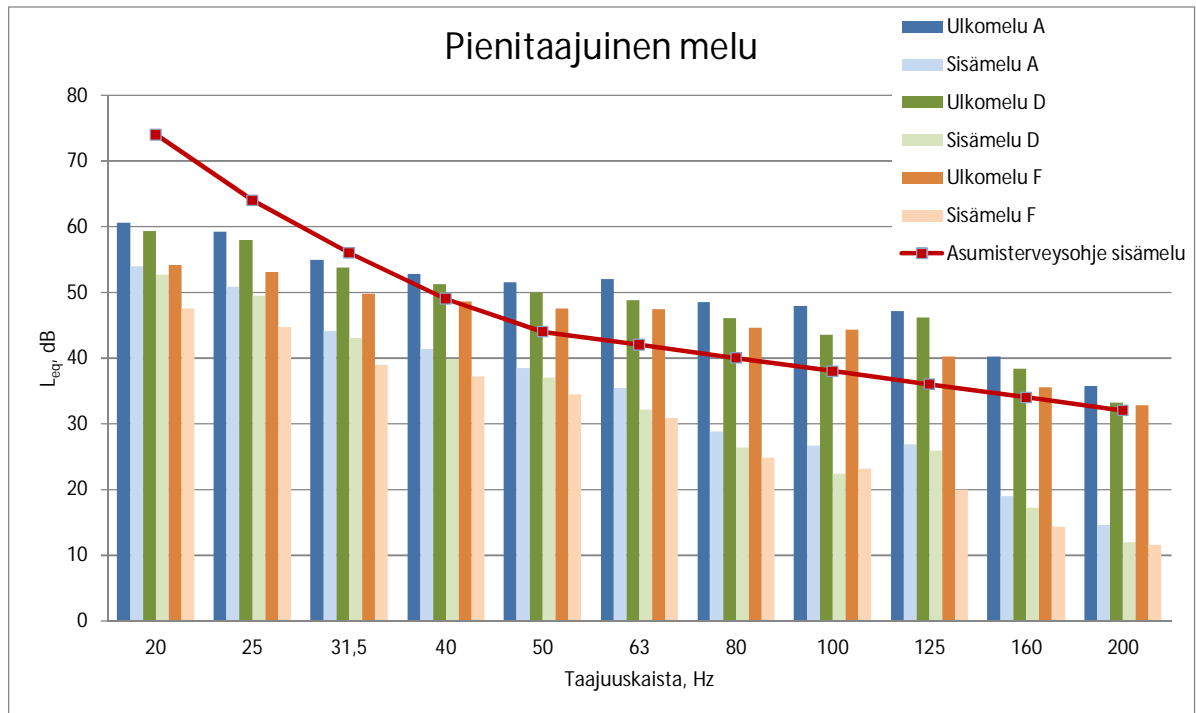
Pienitaajuinen melua laskettiin kolmeen reseptoripisteeseen neljässä mallinnustilanteessa (1, 4, 5 ja 6), joista kaksi on VE1 mukaisia tilanteita ja yhdet VE2 ja VE3. Rakennuksen sisälle aiheutuvia pienitaajuisia melutasoja arvioitiin DSO 1284 laskentamenetelmässä esitettyjen asuintalon julkisivun ilmajääneristävyyssarvojen avulla. DSO 1284 -menetelmän mukaiset ääneneristävyyssarvot (äänitasoero ΔL) kuvaavat tyypillisen tanskalaisen asuintalon ilmajääneristävyyttä, jotka vastaavat kohtuullisen hyvin Suomessa käytettyjä rakenteita.

Mallinnustilanteen 1 (VE1) lasketut pienitaajuinen melun tasot (L_{Leq}) on esitetty kuvassa 2. Asumisterveysohjeen mukaisiin pienitaajuinen melun sisätilojenohjearvoihin verrattuna reseptoripisteessä A rakennuksen ulkovaipan vaadittava äänitasoero ΔL on 40–200 Hz:n välisillä terssikaistoilla noin 3...8 dB. Reseptoripisteessä D ulkomelutasot 40–200 Hz:n terssikaistoilla ovat 1...7 dB suurempia kuin sisätilojen ohjearvot. Reseptoripisteessä F sisätilojen yöajan ohjearvoihin verrattuna vaadittava äänitasoero ΔL on 50–200 Hz:n välisillä terssikaistoilla noin 1...4 dB. Kaikissa reseptoripisteissä 20–31,5 Hz:n terssikaistoilla jo ulkomelutasot alittavat sisämelun ohjearvot.



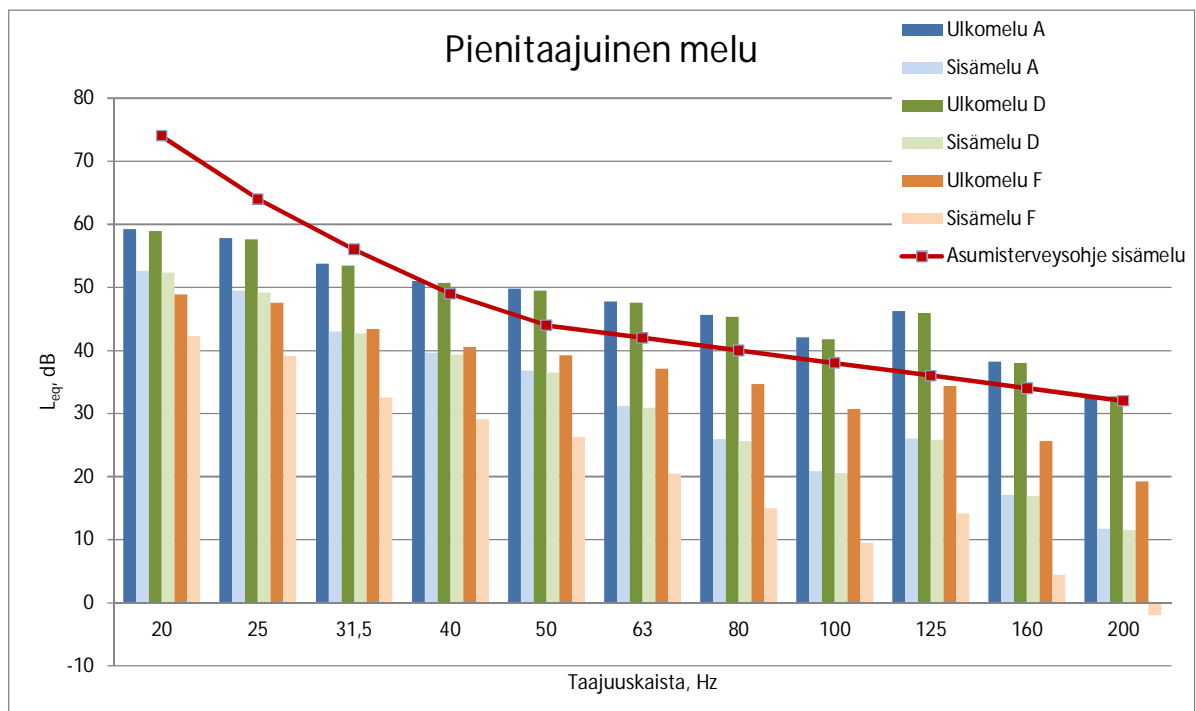
Kuva 2. Mallinnustilanteen 1 (VE1: Pesola ja Korkeanmaa 106,0 dB) mukaiset pienitaajuinen melun laskentatulokset

Mallinnustilanteen 4 (VE1) lasketut pienitaajuinen melun tasot (L_{Leq}) on esitetty kuvassa 3. Asumisterveysohjeen mukaisiin pienitaajuinen melun sisätilojenohjearvoihin verrattuna reseptoripisteessä A rakennuksen ulkovaipan vaadittava äänitasoero ΔL on 40–200 Hz:n välisillä terssikaistoilla noin 4...11 dB. Reseptoripisteessä D ulkomelutasot 40–200 Hz:n terssikaistoilla ovat 1...10 dB suurempia kuin sisätilojen ohjearvot. Reseptoripisteessä F sisätilojen yöajan ohjearvoihin verrattuna vaadittava äänitasoero ΔL on 50–200 Hz:n välisillä terssikaistoilla noin 1...6 dB. Kaikissa reseptoripisteissä 20–31,5 Hz:n terssikaistoilla jo ulkomelutasot alittavat sisämelun ohjearvot.



Kuva 3. Mallinnustilanteen 4 (VE1: Pesola 107,5 dB ja Korkeanmaa 106,0/106,5 dB) mukaiset pienitaajuisten melun laskentatulokset

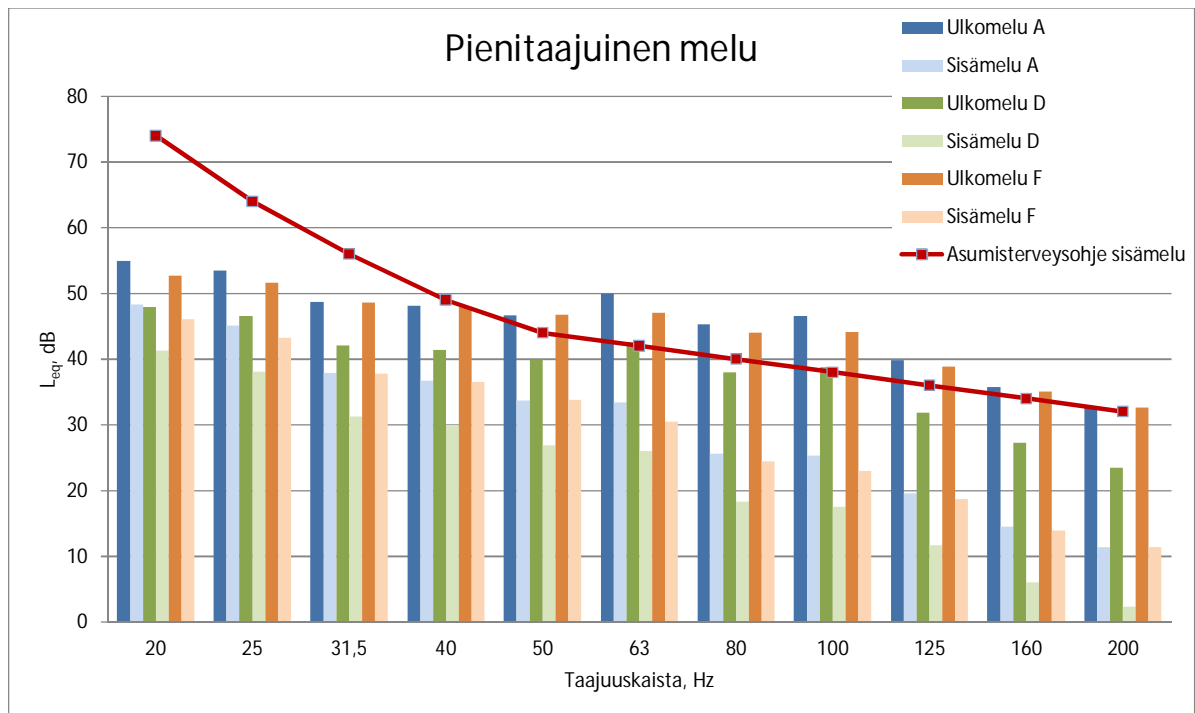
Mallinnustilanteen 5 (VE2) lasketut pienitaajuisten melun tasot (L_{Leq}) on esitetty kuvassa 4. Reseptoripisteissä A ja D asumisterveysohjeen mukaisiin pienitaajuisten melun sisätilojenohjearvoihin verrattuna rakennuksen ulkovaipan vaadittava äänitasoero ΔL on 40–200 Hz:n välisillä terssikaistoilla noin 1...10 dB ja 20–31,5 Hz:n terssikaistoilla jo ulkomelutasot alittavat sisämelun ohjearvot. Reseptoripisteessä F ulkomelutasot ovat pienempiä kuin sisätilojen ohjearvot.



Kuva 4. Mallinnustilanteen 5 (VE2: Pesola 107,5 dB) mukaiset pienitaajuisten melun laskentatulokset

Mallinnustilanteen 6 (VE3) lasketut pienitaajuisten melun tasot (L_{Leq}) on esitetty kuvassa 5. Reseptoripisteessä A asumisterveysohjeen mukaisiin pienitaajuisten melun sisätilojenohjearvoihin verrattuna rakennuksen ulkovaipan vaadittava äänitasoero ΔL on 50–200 Hz:n välisillä terssikaistoilla noin 1...9 dB ja 20–40 Hz:n terssikaistoilla ulkomelutasot alittavat sisämelun ohjearvot. Re-

septoripisteessä D 63 Hz:n ja 100 Hz:n terssikaistoilla ulkomelutasot on 1 dB suuremmat kuin sisätilojen ohjearvot ja muilla terssikaistoilla pienempiä kuin sisäohjearvot. Reseptoripisteessä F sisätilojen yöajan ohjearvoihin verrattuna vaadittava äänitasoero ΔL on 50–200 Hz:n välisillä terssikaistoilla noin 1...6 dB ja 20–40 Hz:n terssikaistoilla ulkomelutasot alittavat sisämelun ohjearvot.



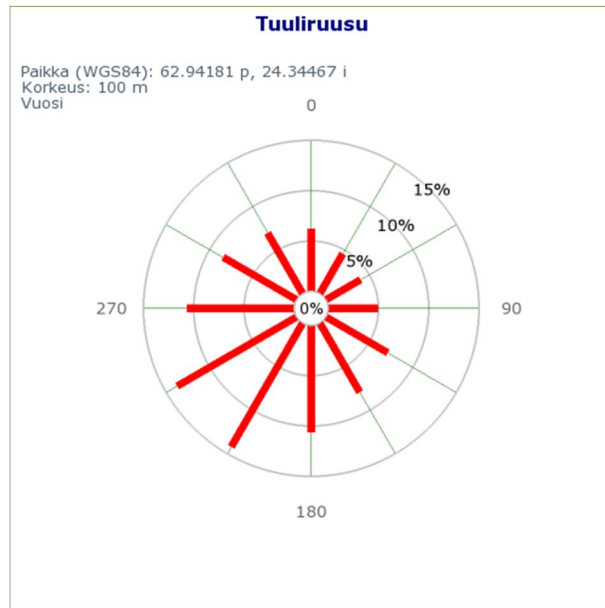
Kuva 5. Mallinnustilanteen 6 (VE3: Korkeanmaa 106,0/106,5 dB) mukaiset pienitaajuisen melun laskentatulokset

Kun huomioidaan ulkoseinän ääneneristävyyttä DSO 1284 -menetelmässä mainittujen arvojen mukaisesti, alittavat terssikohtaiset melutasot ohjearvot. Tulokset osoittavat, että ympäristön rakennusten kohdalla normaalia rakentamistapaa vastaava ilmaääneneristys riittää vaimentamaan tuulivoimalaitosten pienitaajuisen melun ohjearvojen alle kaikissa tarkastelluissa mallinnustilanteissa. Tulosten perusteella voidaan todeta, että pienitaajuinen melu alittaa ohjearvot myös kauempana tuulivoimaloita, koska laskennan periaatteiden mukaan pienitaajuinen melu vaimenee etäisyyden kasvaessa.

Asumisterveysohjeen mukaan päiväajan pienitaajuiselle melulle voidaan hyväksyä noin 5 dB suurempia arvoja kuin yöaikana.

- 4.6 Alueen yleiset tuuliolosuhteet ja niiden vaikutus melutasojen esiintyvyyteen
Tuuliolosuhteet vaikuttavat tuulivoimalaitoksen meluntuottoon. Meluntuotto ei kasva lineaarisesti tuulennopeuden mukana ja äänitehotason voimistuminen pysähtyy tai alkaa laskea yleensä noin 7-11 m/s tuulennopeudella. Hiljaisemmalla tuulennopeudella voimalaitoksen äänitehotaso saattaa olla merkittävästi maksimiarvoa hiljaisempi.

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 äänekäyntä mahdollista tilannetta.

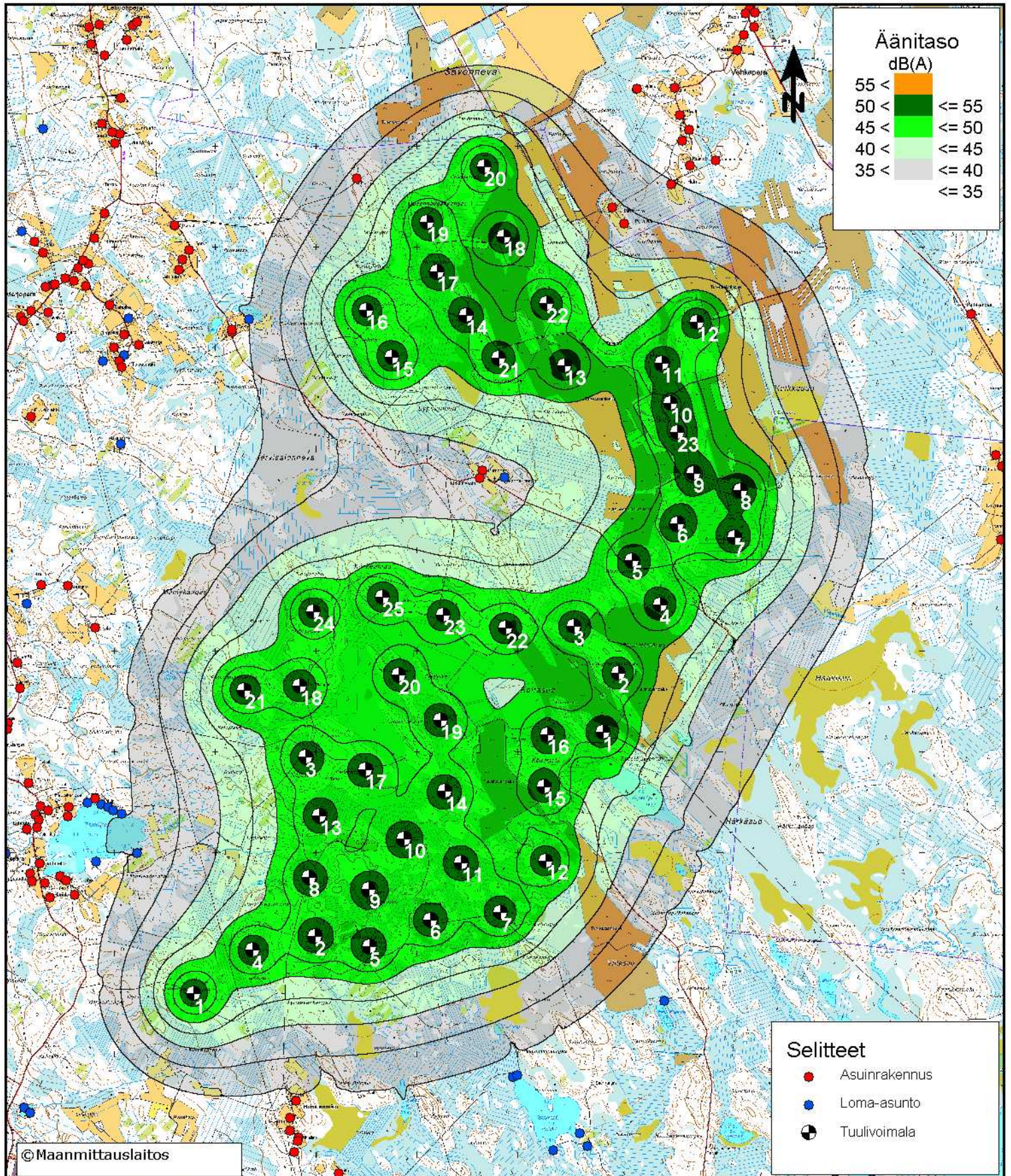


Kuva 6. Tuuliruusu Suomen Tuuliatlaksesta

Tuulennopeuden lisäksi myös tuulensuunta vaikuttaa melun leviämiseen. Pesolan – Korkeanmaan alueella vallitseva tuulensuunta on lounaasta. Tällöin mallinnuksen mukaisia melutasoja voi esiintyä useimmin voimaloiden koillispuolella. Myös länsi- ja etelätuulet ovat kuvan 6 tuuliruusun perusteella suhteellisen yleisiä. Hankealueen etelä- ja länsipuolella mallinnuksen mukaisten melutasojen esiintyminen on harvinaisempaa.

LIITTEET

- Liite 1 Meluvyöhykekartta mallinnustilanne 1 (VE1, 48 voimalaa): L_{WA} 106,0 dB
- Liite 2 Meluvyöhykekartta mallinnustilanne 2 (VE2, 23 voimalaa): L_{WA} 106,0 dB
- Liite 3 Meluvyöhykekartta mallinnustilanne 3 (VE3, 25 voimalaa): L_{WA} 106,0 dB
- Liite 4 Meluvyöhykekartta mallinnustilanne 4 (VE1, 48 voimalaa): L_{WA} 107,5 dB (Pesola 23 kpl), L_{WA} 106,0 dB (Korkeanmaa 15 kpl) ja L_{WA} 106,5 dB (Korkeanmaa 10 kpl)
- Liite 5 Meluvyöhykekartta mallinnustilanne 5 (VE2, 23 voimalaa): L_{WA} 107,5 dB
- Liite 6 Meluvyöhykekartta mallinnustilanne 6 (VE3, 25 voimalaa): L_{WA} 106,0 dB (15 kpl) ja L_{WA} 106,5 dB (10 kpl)
- Liite 7 Melulaskennan lähtötiedot ja tuulivoimaloiden akustiset tiedot



©Maanmittauslaitos



Suomen Hyötytuuli Oy ja Saba Tuuli Oy Ab
Pesolan ja Korkeanmaan tuulivoimahankkeet

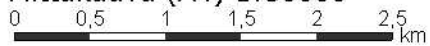
Korkeanmaa ja Pesola
Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

Liite 1

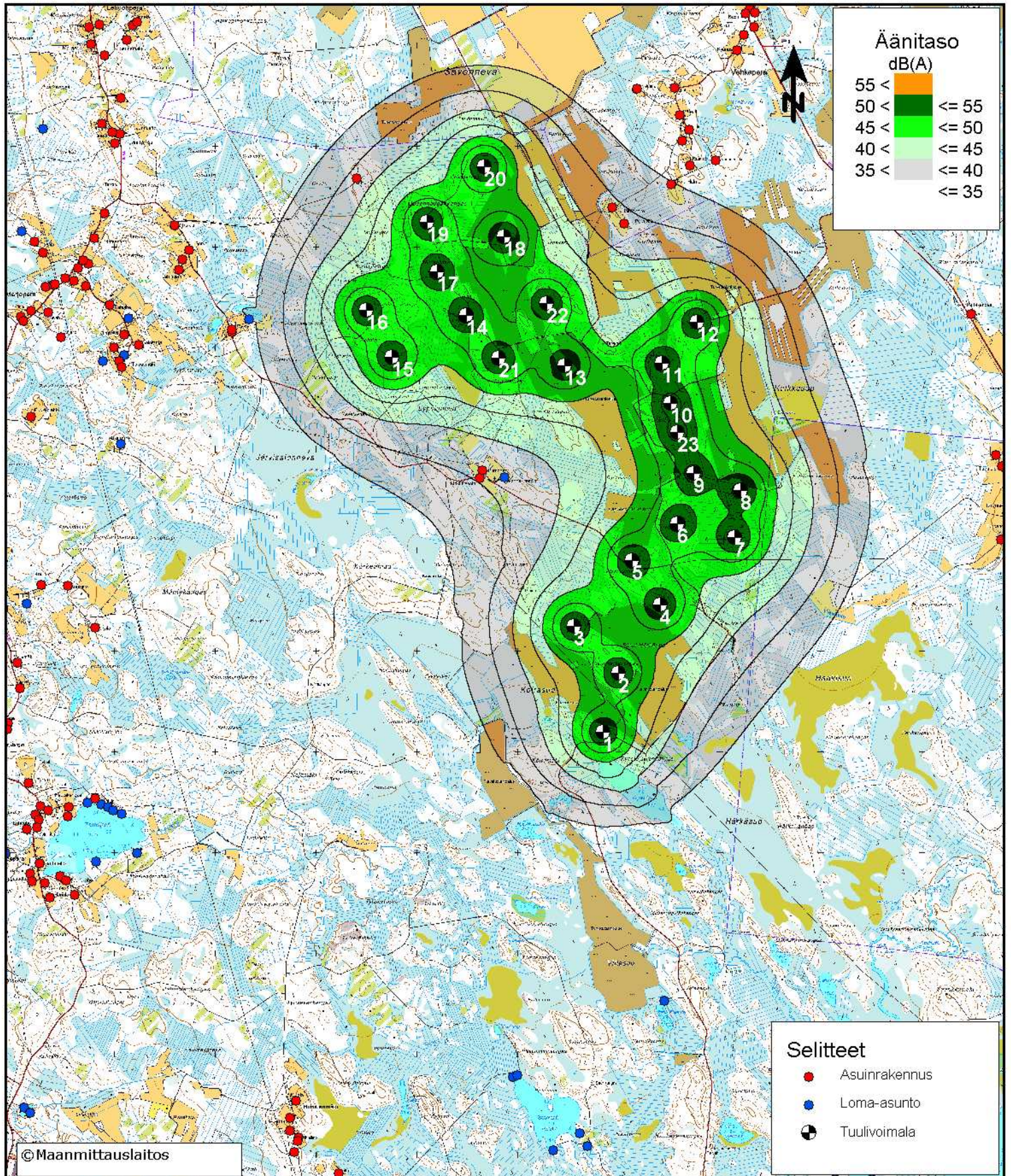
Laskentamalli ISO 9613-2
Laskentakorkeus mp +4 m

Tuulivoimaloiden tiedot:
-Pesola layout 31.1.2014
-Korkeanmaa layout 13.3.2014
-HH 140 m
- L_{WA} 106 dB

Mittakaava (A4) 1:50000

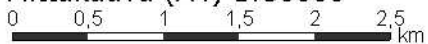


21.5.2014 A.Ruhanen



Suomen Hyötytuuli Oy ja Saba Tuuli Oy Ab
Pesolan ja Korkeanmaan tuulivoimahankkeet

Mittakaava (A4) 1:50000



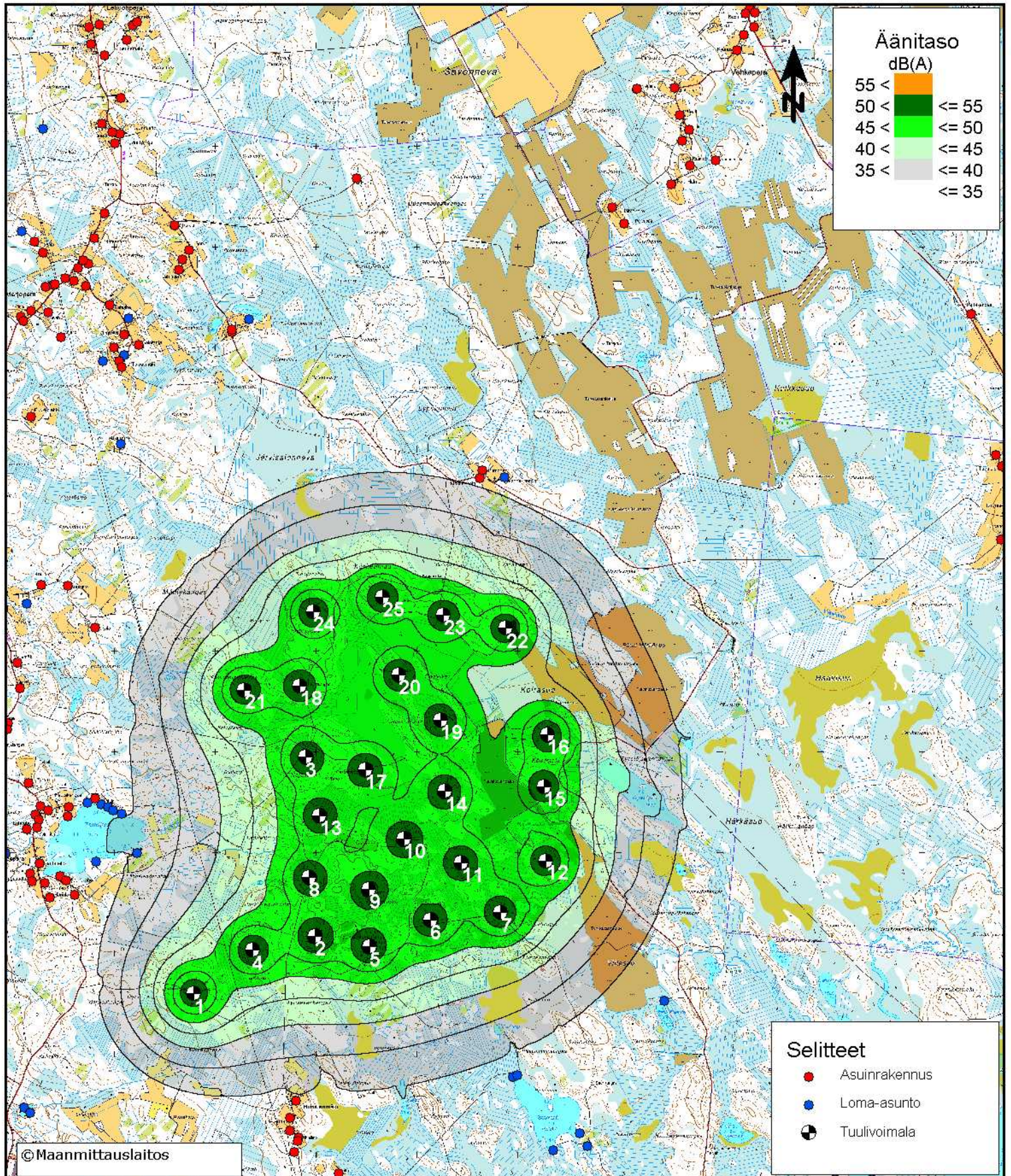
Pesola
Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

Liite 2

Laskentamalli ISO 9613-2
Laskentakorkeus mp +4 m

Tuulivoimaloiden tiedot:
-Pesola layout 31.1.2014
-HH 140 m
- L_{WA} 106 dB

21.5.2014 A.Ruhanen



Suomen Hyötytuuli Oy ja Saba Tuuli Oy Ab
Pesolan ja Korkeanmaan tuulivoimahankkeet

Mittakaava (A4) 1:50000
0 0,5 1 1,5 2 2,5 km

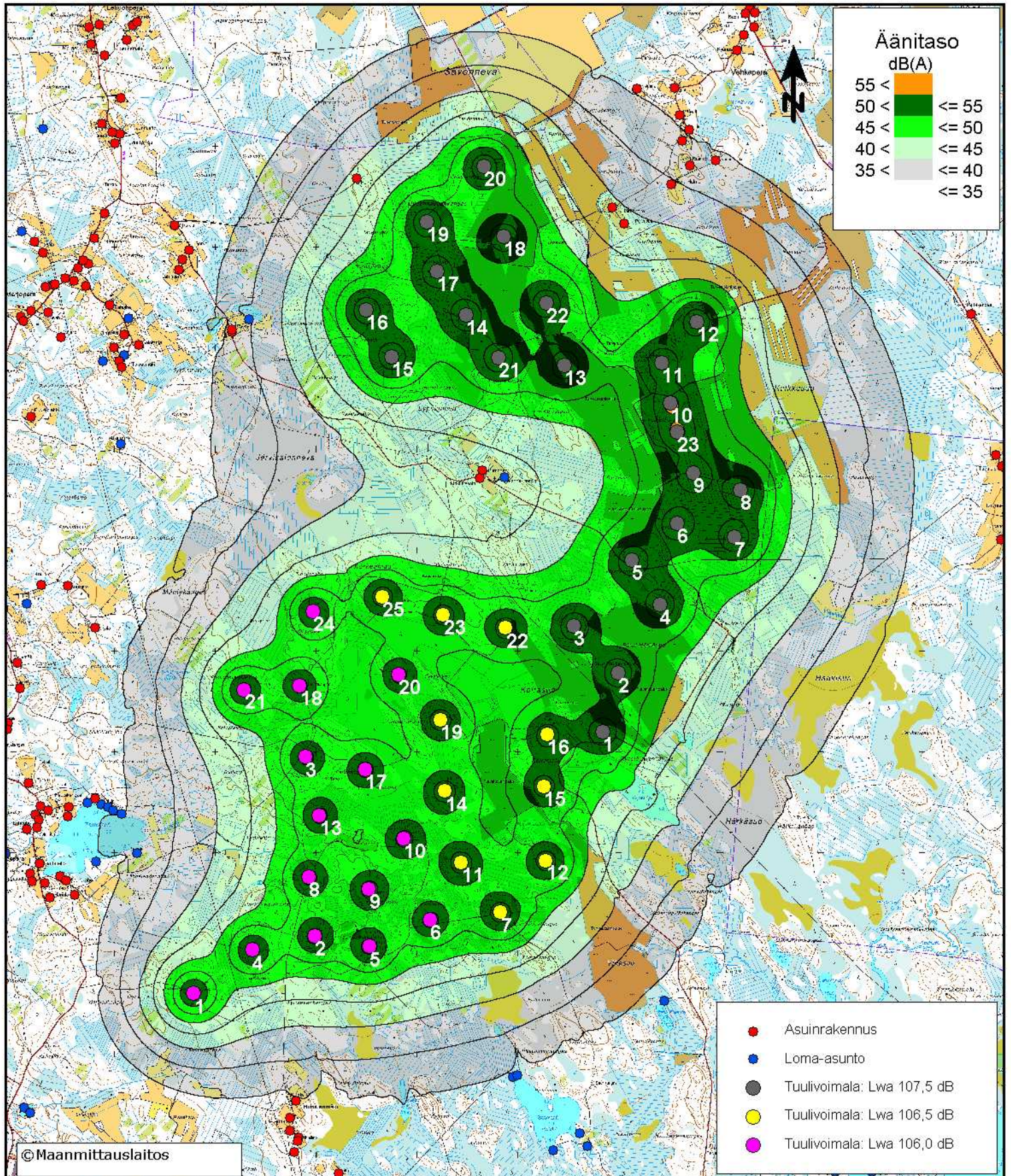
Korkeanmaa
Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

Liite 3

Laskentamalli ISO 9613-2
Laskentakorkeus mp +4 m

Tuulivoimaloiden tiedot:
-Korkeanmaa layout 13.3.2014
-HH 140 m
- L_{WA} 106 dB

21.5.2014 A.Ruhanen



©Maanmittauslaitos



Suomen Hyötytuuli Oy ja Saba Tuuli Oy Ab
Pesolan ja Korkeanmaan tuulivoimahankkeet

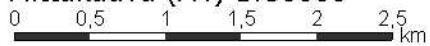
Pesola ja Korkeanmaa
Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

Liite 4

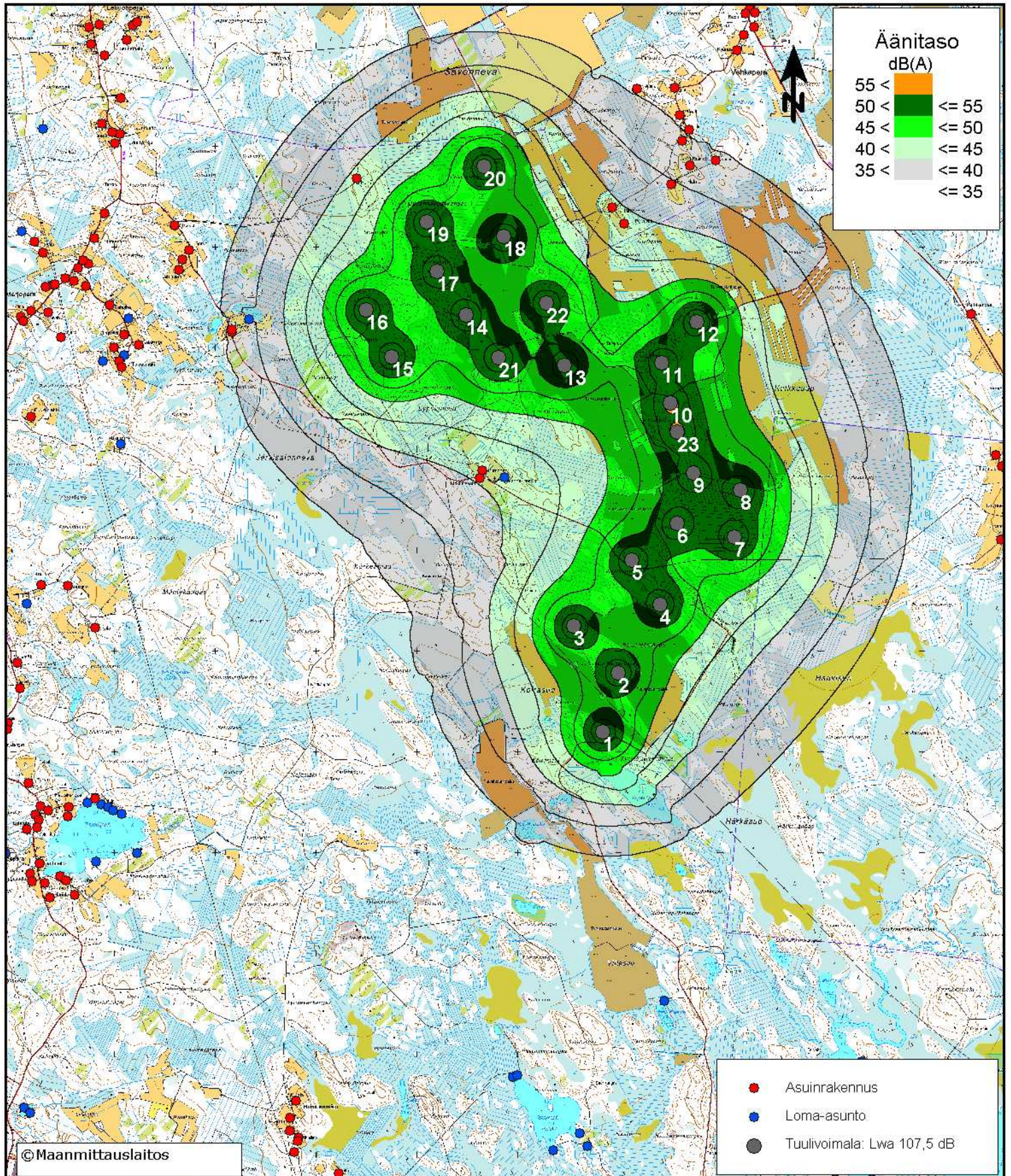
Laskentamalli ISO 9613-2
Laskentakorkeus mp +4 m

-Pesola layout 31.1.2014
-Korkeanmaa layout 13.3.2014
-HH 140 m

Mittakaava (A4) 1:50000



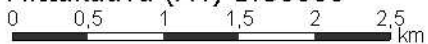
24.6.2014 A.Ruhanen



RAMBOLL

Suomen Hyötytuuli Oy ja Saba Tuuli Oy Ab
 Pesolan ja Korkeanmaan tuulivoimahankkeet

Mittakaava (A4) 1:50000



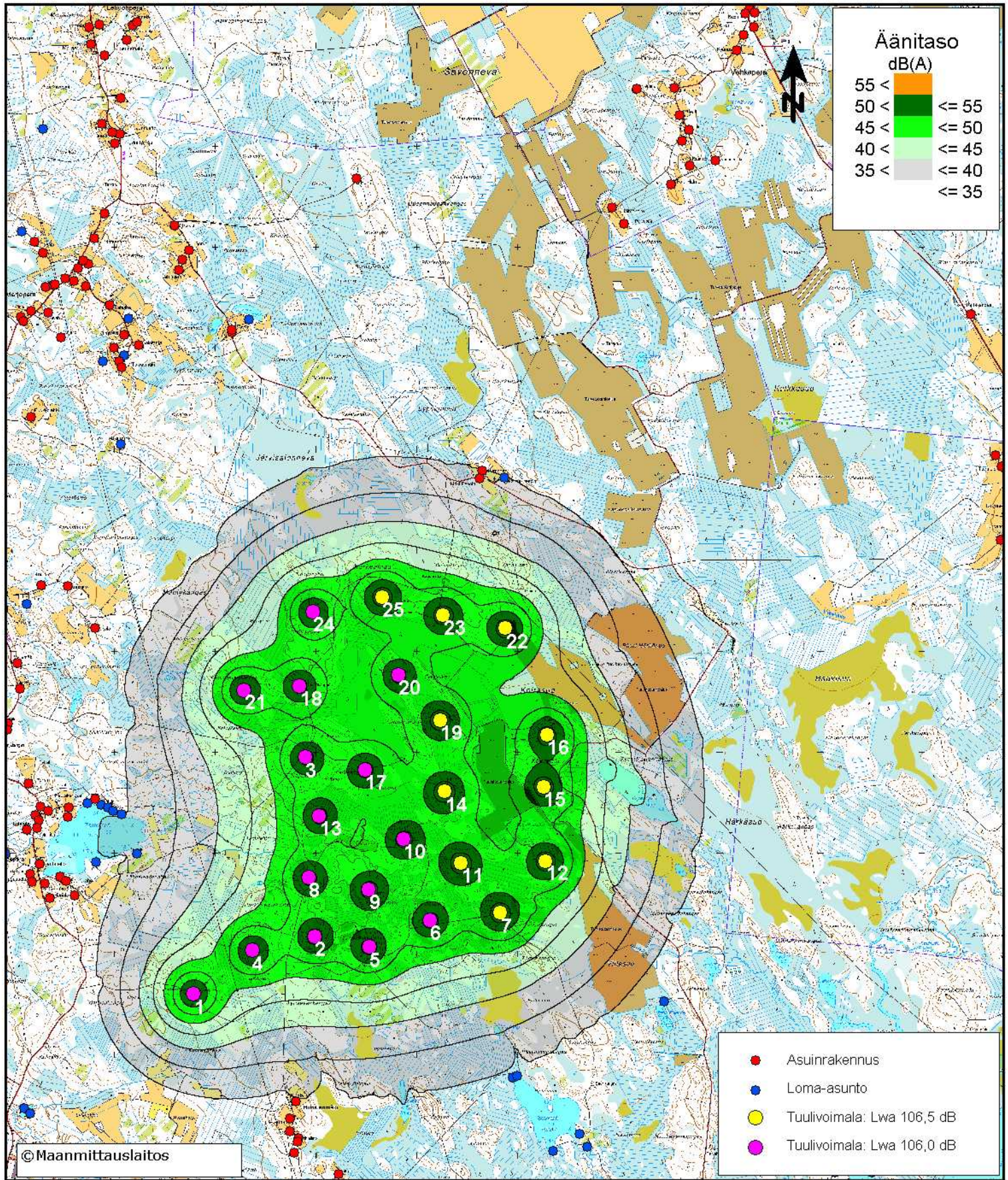
Pesola
 Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

Liite 5

Laskentamalli ISO 9613-2
 Laskentakorkeus mp +4 m

-Pesola layout 31.1.2014
 -HH 140 m

24.6.2014 A.Ruhanen



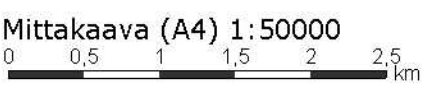
Suomen Hyötytuuli Oy ja Saba Tuuli Oy Ab
Pesolan ja Korkeanmaan tuulivoimahankkeet

Korkeanmaa
Meluvyöhykkeet L_{Aeq}

Liite 6

Laskentamalli ISO 9613-2
Laskentakorkeus mp +4 m

-Korkeanmaa layout 13.3.2014
-HH 140 m



24.6.2014 A.Ruhanen

Laatija: Arttu Ruhanen, Ramboll Finland Oy
 Päivämäärä: 14.8.2014

Hankevastaava: Suomen Hyötytuuli Oy ja Saba Tuuli Oy Ab
 Hankealue: Pesola-Korkeanmaa, Soini

Mallinnusohjelman tiedot

Mallinnusohjelma ja versio: SoundPlan 7.1
 Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2

Tuulivoimaloiden perustiedot ja akustiset tiedot

Nordex N117/3000

Tuulivoimalan valmistaja:	Tyyppi:	Sarjanumero:	
Nordex	N117/3000	-	
Nimellisteho:	Napakorkeus:	Roottorin halkaisija:	Tornin tyyppi:
3,0 MW	140 m	117 m	Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

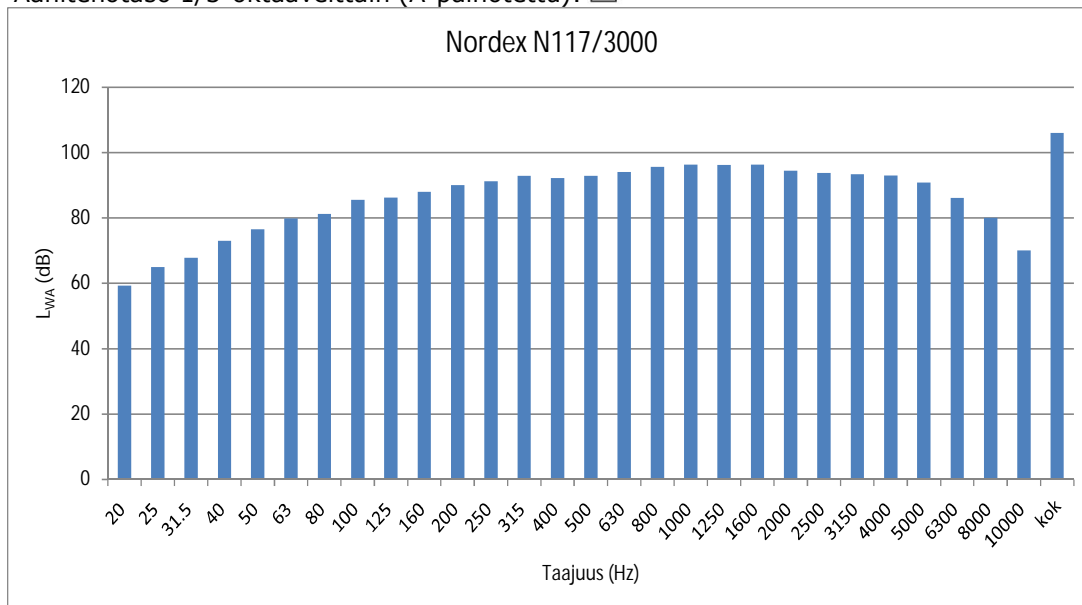
Lapakulman säätö:	Pyörimisnopeus:	Muu, mikä:
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

Äänitehotaso L_{WA} tuulenopeudella 8 m/s (10 m korkeudella):

106,0 dB Takuuarvo

Suurin äänitehotaso L_{WA} : 106,0 dB Takuuarvo

Äänitehotaso 1/3-oktaaveittain (A-painotettu): Takuuarvo



Melun erityspiirteiden mittaus ja havainnot:

Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus	Impulssimaisuus	Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)	Muu, mikä
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Kyllä	
<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	<input type="checkbox"/> Ei	
<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	<input checked="" type="checkbox"/> Ei ilmoitettu	

Vestas V112-3.0MW

Tuulivoimalan valmistaja:

Tyyppi:

Sarjanumero:

Vestas

V112-3.0MW

-

Nimellisteho:

Napakorkeus:

Roottorin halkaisija:

Tornin tyyppi:

3,0 MW

140 m

112 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

 Äänitehotaso L_{WA} tuulennopeudella 8 m/s (10 m korkeudella):

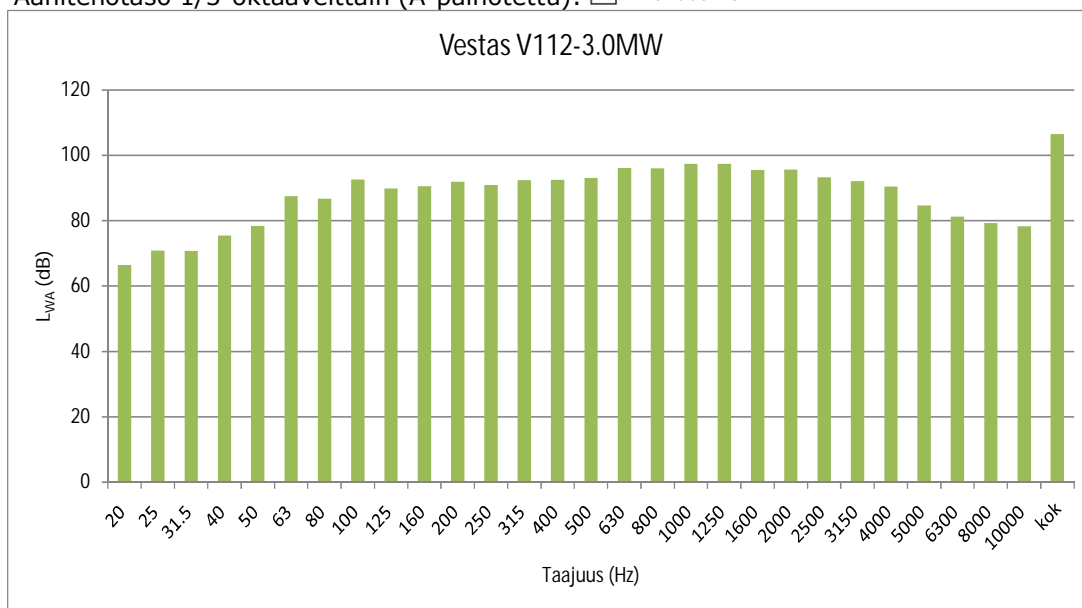
106,5 dB

 Takuuarvo

 Suurin äänitehotaso L_{WA} :

106,5 dB

 Takuuarvo

 Äänitehotaso 1/3-oktaaveittain (A-painotettu): Takuuarvo


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

Vestas V126-3.3MW

 Tuulivoimalan valmistaja:
 Vestas
 Nimellisteho:
 3,3 MW

 Tyyppi:
 V126-3.3MW
 Napakorkeus:
 140 m

 Sarjanumero:
 -
 Roottorin halkaisija:
 126 m
 Tornin tyyppi:
 Putkitorni

Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun

Lapakulman säätö:

- Kyllä
 Ei
 Ei ilmoitettu

Pyörimisnopeus:

- Kyllä
 Ei
 Ei ilmoitettu

Muu, mikä:

 Äänitehotaso L_{WA} tuulennopeudella 8 m/s (10 m korkeudella):

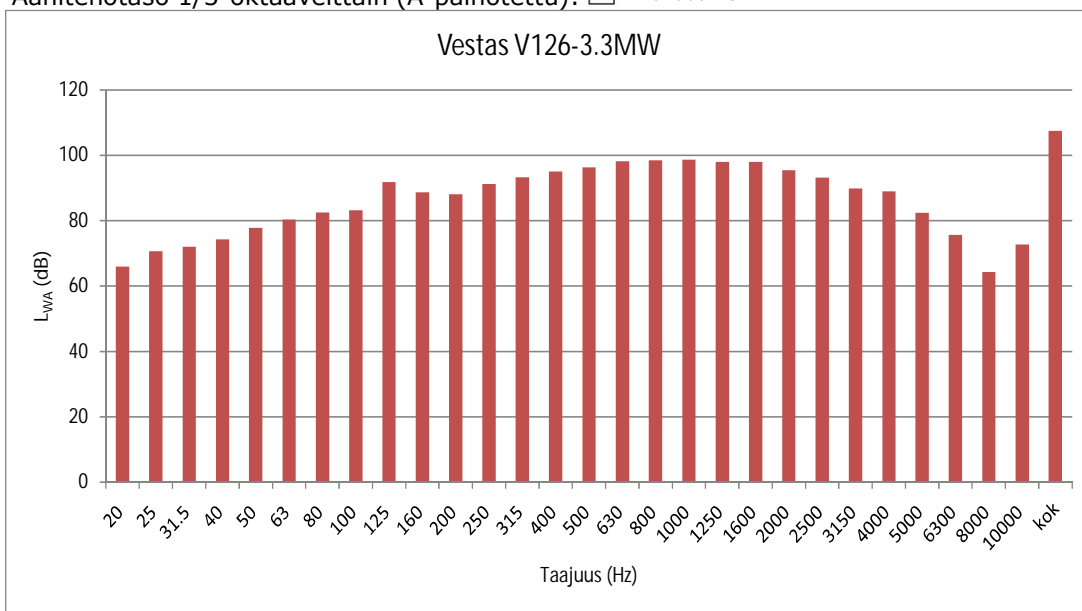
107,5 dB

 Takuuarvo

 Suurin äänitehotaso L_{WA} :

107,5 dB

 Takuuarvo

 Äänitehotaso 1/3-oktaaveittain (A-painotettu): Takuuarvo


Melun erityspiirteiden mittaaminen ja havainnot:

 Kapeakaistaisuus /
 Tonaalisuus

- Kyllä
 Ei
 Ei ilmoitettu

Impulssimaisuus

- Kyllä
 Ei
 Ei ilmoitettu

 Merkityksellinen sykintä
 (amplitudimodulaatio)

Muu, mikä

- Kyllä
 Ei
 Ei ilmoitettu

Laskennan lähtötiedot

Laskentaverkko

Laskentakorkeus:
4 metriä

Laskentaruudukon koko:
20*20 metriä

Sääolosuhteet

Suhteellinen kosteus:
70 %

Lämpötila:
15 °C

Maastomalli

Maastomallin lähde:
Maanmittauslaitos, maastotietokanta

Vaakaresoluutio:
-

Pystyresoluutio:
2,5 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 pinta

Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus

Neutraali 0 neutraali - stabiili sääolosuhde

Laskennassa käytetty tuulen tilastollinen jakauma (vain Nord2000)

	Tuulen suunta (%)	Tuulennopeus (m/s)	Tuulen suunta (%)	Tuulennopeus (m/s)
Pohjoinen			Etelä	
Koillinen			Lounas	
Itä			Länsi	
Kaakko			Luode	
Muu, mikä:				

Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen

Vapaa avaruus

Muu

Pienitaajuisen melun laskenta

Lineaariset melutasot (L_{Leq}) altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella

Pienitaajuisen melun laskentamenetelmä:

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

Mallinnustilanne 1 (VE1)

	Reseptori A	Reseptori D	Reseptori F
Hz	$L_{Leq,r}$ dB	$L_{Leq,r}$ dB	$L_{Leq,r}$ dB
20	61	59	54
25	59	58	53
31,5	55	54	50
40	53	51	49
50	52	50	47
63	52	49	47
80	48	46	45
100	48	44	44
125	47	46	40
160	40	38	36
200	36	33	33

Mallinnustilanne 4 (VE1)

	Reseptori A	Reseptori D	Reseptori F
Hz	L_{Leq} dB	L_{Leq} dB	L_{Leq} dB
20	54	53	51
25	54	52	50
31,5	52	51	49
40	52	50	48
50	51	49	47
63	48	46	44
80	47	46	43
100	46	45	42
125	42	41	39
160	39	37	35
200	37	35	33

Mallinnustilanne 5 (VE2)

	Reseptori A	Reseptori D	Reseptori F
Hz	L_{Leq} dB	L_{Leq} dB	L_{Leq} dB
20	59	59	49
25	58	58	48
31,5	54	53	43
40	51	51	41
50	50	50	39
63	48	48	37
80	46	45	35
100	42	42	31
125	46	46	34
160	38	38	26
200	33	33	19

Mallinnustilanne 6 (VE3)

	Reseptori A	Reseptori D	Reseptori F
Hz	L_{Leq} dB	L_{Leq} dB	L_{Leq} dB
20	55	48	53
25	54	47	52
31,5	49	42	49
40	48	41	48
50	47	40	47
63	50	43	47
80	45	38	44
100	47	39	44
125	40	32	39
160	36	27	35
200	33	23	33

LIITE 18

Pesolan-Korkeanmaan tuulivoimahankkeen
välkeselvitys

Vastaanottaja

**Suomen Hyötytuuli Oy
Saba Tuuli Oy Ab**

Asiakirjatyyppi

Raportti

Päivämäärä

11.8.2014

Viite

1510005264

PESOLAN JA KORKEANMAAN TUULIVOIMAHANKKEET VÄLKEMALLINUS

PESOLAN JA KORKEANMAAN TUULIVOIMAHANKKEET VÄLKEMALLINUS

Päivämäärä **11.8.2014**
Laatija **Arttu Ruhanen**
Tarkastaja

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 05/2014 aineistoa.

http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata_lisenssi_versio1_20120501

Viite 1510005264

SISÄLTÖ

1.	Yleistä	1
2.	Suunnitteluohjeavot	1
3.	Vaikutusmekanismit	1
4.	Mallinnusmenetelmä ja lähtötiedot	2
4.1	Mallinnusohjelma ja laskentamalli	2
4.2	Välkelaskenta	2
4.3	Laskentojen epävarmuus	4
4.4	Maastomalli	4
4.5	Tuulivoimatiedot	4
5.	Mallinnustulokset	6
6.	Välkevaikutuksien vähentäminen ja rajoitustarve	7
LÄHTEET	8	
LIITTEET	8	

1. YLEISTÄ

Saba Tuuli Oy Ab ja Suomen Hyötytuuli Oy suunnittelevat tuulivoimahankkeita Soinin kunnan Pesolan ja Korkeanmaan alueille. Suomen Hyötytuulen tavoitteena on rakentaa Pesolan alueella 23 tuulivoimalan laajuinen tuulivoimapuisto ja Saba Tuulen tavoitteena on rakentaa Korkeanmaan alueelle 25 tuulivoimalan laajuinen tuulivoimapuisto. Tämän työn tarkoituksena on ollut selvittää suunniteltujen tuulivoimalaitosten vilkkuvaa varjostuksen vaikutuksen eli välkevaikutukset niiden ympäristössä. Ympäristöministeriön Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012) oppaan mukaisesti liikkuvasta varjosta puhutaan välkkeenä.

Työ on tehty hankkeiden ympäristövaikutusten arviointiin liittyen Saba Tuuli Oy Ab:n ja Suomen Hyötytuuli Oy:n toimeksiannosta. Ramboll Finland Oy:ssä YVA-hankkeen projektipäällikkönä toimii FM (maantiede) Kirsi Lehtinen. Välkemallinnuksen ja raportoinnin on tehnyt suunnittelija ins. (AMK) Arttu Ruhanen.

2. SUUNNITTELUOHJEARVOT

Tuulivoimaloista aiheutuvalle vilkkuvalla varjostukselle ei ole määritelty Suomessa raja- tai ohjearvoja. Ympäristöministeriön julkistamassa Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012) oppaassa suositellaan käyttämään apuna muiden maiden suosituksia välkkeen rajoittamisesta. ^[1]

Eri maissa on annettu suunnitteluarvoja tai raja-arvoja välkkeen määrälle asutukselle tai muille altistuville kohteille. Saksassa on annettu ohjeistus (WEA-Schattenwurf-Hinweise) mallintamiseen sekä raja-arvot maksimivälketilanteessa sekä todellisessa tilanteessa ^[2]. Ruotsalaisessa suunnitteluohjeistuksessa viitataan saksalaiseen ohjeistukseen ja suositukset perustuvat pitkälti saksalaiseen ohjeistukseen ^[3]. Tanskassa on ohjeistuksena annettu, että vuotuinen todellinen välkemäärä tulee rajoittaa kymmeneen tuntiin vuodessa ^[4].

Taulukko 1. Esimerkkejä muiden maiden suosituksista ja raja-arvoista välkkeen esiintymisen osalta

Maa	Real Case	Worst Case
Saksa	8 tuntia/vuosi	30 tuntia/vuosi 30 min/päivä
Ruotsi	8 tuntia/vuosi 30 min/päivä	-
Tanska	10 tuntia/vuosi	-

3. VAIKUTUSMEKANISMIT

Tuulivoimalat voivat aiheuttaa vilkkuvaa varjostusvaikutusta eli välkettä lähiympäristöönsä, kun auringon säteet suuntautuvat tuulivoimalan roottorin lapojen takaa tiettyyn katselupisteeseen. Toiminnassa oleva tuulivoimala aiheuttaa tällöin ns. vilkkuvaa varjostusilmiötä. Voimaloiden välketaajuus riippuu roottorin pyörimisnopeudesta eli tuulenopeudesta.

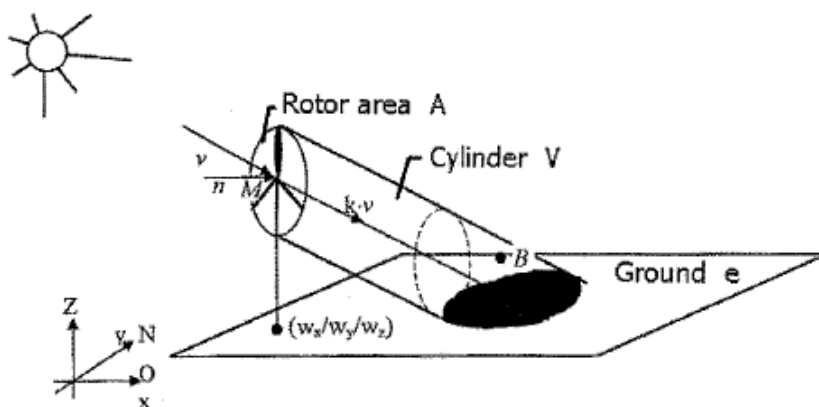
Välkeilmiö on säästä riippuvainen ja sitä ei esiinny kun aurinko on pilvessä tai kun tuulivoimala ei ole käynnissä. Pisimmälle varjo ulottuu, kun aurinko on matalalla (aamulla ja illalla). Kun aurinko laskee riittävän matalalle, yhtenäistä varjoa ei enää muodostu. Tämä johtuu siitä, että valonsäteet joutuvat kulkemaan pitemmän matkan ilmakehän läpi, jolloin säteily hajaantuu.

4. MALLINNUSMENETELMÄ JA LÄHTÖTIEDOT

4.1 Mallinnusohjelma ja laskentamalli

Suunnitellun tuulivoimalan ympäristöönsä aiheuttaman ns. vilkkuvan varjostuksen esiintymisalue ja esiintymistiheys laskettiin EMD WindPRO 2.9 -ohjelman Shadow -moduulilla, joka laskee kuinka usein ja minkälaisina jaksoina tietty kohde on tuulivoimaloiden luoman vilkkuvan varjostuksen alaisena. Ohjelma on yleisesti käytössä tuulivoimaloiden aiheuttaman vilkkuvan varjostuksen mallinnuksessa. Lisätietoja ohjelmasta ja laskentamallin kuvauksen saa internet-osoitteesta <http://www.emd.dk/> löytyvästä ohjelman käyttöohjeesta [5].

Ohjelmalla voidaan tehdä kahdentyyppisiä laskentoja, ns. Pahin tilanne (*Worst Case*)- ja Todellinen tilanne (*Real Case*) -laskelmia. Vilkkuvan varjostuksen esiintymisalueesta laskettavan kartan lisäksi voidaan laskea yksittäisiin reseptoripisteisiin kohdistuvaa välkevaikutusta.



Kuva 1. Tuulivoimalan aiheuttaman liikkuvan varjon alue [5]

4.2 Välkelaskenta

Laskentapisteen väliseksi etäisyydeksi määritettiin 20 metriä. Laskennan tarkastelukorkeutena käytettiin 1,5 metriä, eli noin ihmisen silmäkorkeutta. Välkkeen teoreettinen maksimietäisyys eri tuulivoimalamalleille määräytyy mallinnuksessa käytetyn laitosmallin tiedoista WindPro:n kirjastosta. Laskenta tehtiin 3 minuutin tarkkuudella. Saksalaisen ohjeistuksen (joka on yleisesti käytössä oleva laskentatapa) mukaan välkevaikutusta laskettaessa auringonpaistekulman raja horisontista on kolme astetta, jonka alle menevää auringon säteilyä ei oteta huomioon ja laskennassa roottorin lavan tulee peittää vähintään 20 % auringosta [2].

Worst Case -laskenta antaa teoreettisen maksimivälkemäärän. Laskenta olettaa auringon paistavan koko ajan, kun aurinko on horisontin yläpuolella ja tuulivoimaloiden oletetaan käyvän koko ajan sekä tuulen suunnan seuraavan aurinkoa siten, että välkettä syntyy tarkastelupisteeseen aina maksimaalinen määrä. Tulos on teoreettinen, koska sään ollessa pilvinen tai tuulivoimalan ollessa pysähdyksissä tuulivoimala ei aiheuta liikkuvaa varjoa. Roottorin asento voi rajoittaa paljonkin voimalan takana olevaa välkealueen kokoa. Myös tuulen suunnan painaessa lavan tason samansuuntaiseksi kuin auringon ja katselupisteen välinen jana, tuulivoimala ei aiheuta välkevaikutusta.

Real Case -laskennoissa huomioidaan alueen tuulisuus- ja auringonpaistetiedot. Worst case -tuloksista tehdään vähennykset auringonpaistetietoihin ja käyttötuntitietoihin (tuulensuunta sektoreittain) perustuen, josta saadaan Real case -tulos. Auringonpaisteisuustietona käytettiin Ilmatieteen laitoksen Seinäjoki Pelmaan sääaseman keskiarvoisia auringonpaisteisuustietoja ilmastolliselta vertailukaudelta 1981–2010 [6]. Tuulivoimaloiden vuotuisiksi toiminta-ajaksi määritettiin 85 % vuoden tunneista ja vuotuinen tuulensuuntajakauma perustuu Suomen Tuuliatlaksen tietoihin.

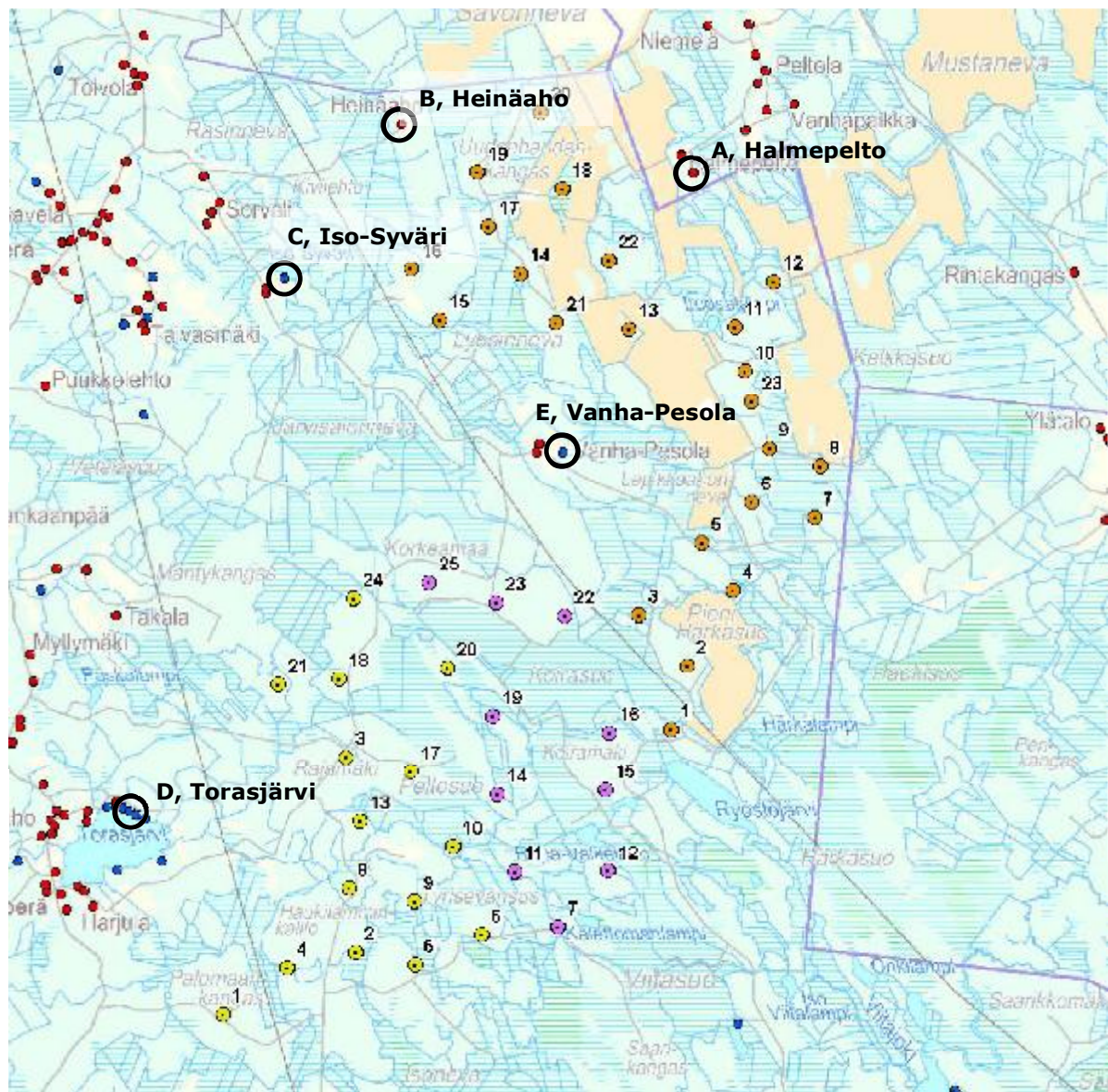
Taulukko 2. Real Case -laskennassa käytetyt keskimääräiset auringonpaisteisuustunnit eri kuukausina (tuntia päivässä)

Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou
1,00	2,72	4,23	6,60	8,77	9,10	8,87	6,81	4,67	2,52	1,17	0,58

Taulukko 3. Real Case -laskennassa käytetty vuotuinen toiminnallinen aika (tuntia vuodessa) tuulensuuntasektoreittain

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
454	268	287	352	546	652	964	1050	946	710	631	586	7446

Real Case -välkevyöhykelaskennan lisäksi laskentoja tehtiin myös yksittäisiin reseptoripisteisiin hankealueen ympäristössä.



Kuva 2. Reseptoripisteiden sijainnit.

4.3 Laskentojen epävarmuus

Koska Worst Case -laskenta perustuu auringon asemaan suhteessa tuulivoimalaitokseen ja tarkastelupisteeseen, voidaan laskennan tarkkuutta pitää hyvinkin luotettavana. Real Case -tuloksiin vaikuttavat mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteisuustiedot ja tuulen suuntien toiminnalliset ajat. Mikäli voimalan roottori liikkuu tunteina vähemmän ja aurinko paistaa vähemmän, vähentää se välkeilmiön esiintymistä nyt lasketusta, ja mikäli enemmän, se vastaavasti lisää välkeilmiön esiintymismahdollisuuksia Real Case -tuloksissa.

Mallinnuksen mukainen Real case -tulos kuvaa tavanomaisen vuoden tilannetta. Välkevaikutusten todellinen tilanne siis vaihtelee eri vuosina, koska välkkeen esiintyminen tietyssä katselupisteessä tietyllä hetkellä edellyttää, että

- aurinko paistaa tuulivoimalaitosten roottorin takaa tarkastelupisteeseen
- tuulivoimala pyörii ja tuulen suunta mahdollistaa vilkkuvan varjon syntymisen
- ilman kirkkaus mahdollistaa vilkkuvan varjon syntymisen

Laskenta ei huomioi metsän ja muun kasvillisuuden aiheuttamaa peitevaikutusta. Jos tuulivoimaloiden ja katselupisteen välillä on muita välkkeen esiintymiseen vaikuttavia asioita, kuten esimerkiksi tiheää metsää tai korkeita rakennelmia, eivät todelliset välkevaikutukset ole välttämättä niin suuret kuin mallinnustulokset. Jos tuulivoimalat eivät näy katselupisteeseen, ei myöskään liikkuvaa varjoa aiheudu.

4.4 Maastomalli

Maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan korkeusaineistolla, jossa korkeuskäyrät ovat 2,5 metrin välein. Maastomallissa ei huomioitu puustoa tai rakennuksia. Kartassa esitetyt rakennustiedot saatiin Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta.

4.5 Tuulivoimalatiedot

Hankevaihtoehdo 1 sisältää yhteensä 48 tuulivoimalaa, joista 23 sijaitsee Pesolan alueella (VE2) ja 25 kpl Korkeanmaan alueella (VE3). Mallinnuksessa käytetty voimaloiden napakorkeus oli 140 metriä.

Taulukko 4. Tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS-TM35FIN)

Pesola			Korkeanmaa		
Layout 31.1.2014			Layout 13.3.2014		
Tunnus	I	P	Tunnus	I	P
1	363848	6981195	1	359787	6978607
2	363997	6981781	2	360990	6979170
3	363561	6982243	3	360903	6980946
4	364415	6982457	4	360373	6979032
5	364134	6982894	5	361532	6979066
6	364582	6983258	6	362137	6979329
7	365149	6983126	7	362829	6979407
8	365207	6983591	8	360930	6979753
9	364741	6983756	9	361529	6979635
10	364518	6984457	10	361875	6980134
11	364428	6984853	11	362441	6979900
12	364776	6985260	12	363280	6979919
13	363468	6984831	13	361035	6980365
14	362488	6985326	14	362276	6980607
15	361755	6984914	15	363259	6980649
16	361498	6985379	16	363292	6981166
17	362199	6985756	17	361494	6980821
18	362867	6986101	18	360843	6981654
19	362098	6986251	19	362236	6981315
20	362669	6986800	20	361825	6981760

21	362810	6984900	21	360287	6981612
22	363289	6985445	22	362883	6982225
23	364583	6984170	23	362264	6982352
			24	360974	6982386
			25	361659	6982534

Mallinnuksia tehtiin eri variaatioilla, jotka valittiin melumallinnuksessa käytettyjen tuulivoimalaitostyyppien perusteella.

Taulukko 5. Mallinnusvariaatiot

Mallinnusti lanne	Hankeva ihtoehto	Voimalat	Roottorin halkaisija
1	VE1	Pesola 1-23 + Korkeanmaa 1-25	132 m
2	VE2	Pesola 1-23	132 m
3	VE3	Korkeanmaa 1-25	132 m
4	VE1	Pesola 1-23	126 m
		Korkeanmaa (15 kpl) 1-6 + 8-10 + 13 + 17-18 + 20-21 + 24	117 m
		Korkeanmaa (10 kpl) 7 + 11-12 + 14-16 + 19 + 22- 23 +25	112 m
5	VE2	Pesola 1-23	126 m
6	VE3	Korkeanmaa (15 kpl) 1-6 + 8-10 + 13 + 17-18 + 20-21 + 24	117 m
		Korkeanmaa (10 kpl) 7 + 11-12 + 14-16 + 19 + 22- 23 +25	112 m

5. MALLINNUSTULOKSET

Eri mallinnustilanteiden mukaiset Real Case -laskennan välkekartat on esitetty liitteissä 1.1–1.6. Ajankohdat milloin välkettä voi reseptoripisteissä esiintyä on esitetty liitteissä 2.1–2.6.

Real Case

Mallinnustilanteen 1 (VE1) jolloin Pesolan ja Korkeamaan kaikkien tuulivoimaloiden roottorin halkaisija on 132 m, jää Real Case -välkelaskennan mukaan välkealueelle jossa ylitetään 10 tuntia vuodessa 5 asuintaloa ja yksi loma-asunto. Viisi loma-asuntoa Torasjärven rannalla ovat välkealueella, jossa vuotuinen välkemäärä on 8-10 tuntia.

Mallinnustilanteessa 2 (VE2), joka sisältää Pesolan alueen tuulivoimalat (roottori 132 m), jää 10 h/v ylittävälle Real Case -välkealueelle 3 asuinrakennusta ja 1 lomarakennus. Lisäksi yhden Vanha-Pesolan alueen vakituisen asuintalon kohdalla vuotuinen välkemäärä on luokkaa 8 tuntia.

Mallinnustilanteessa 3 (VE3), jossa huomioidaan Korkeanmaan alueelle sijoittuvat tuulivoimalat (roottori 132 m), aiheuttavat viiden Torasjärven rannalla olevan loma-asunnon kohdalla 8 tuntia ylittävän vuotuisen välkemäärä, välkemäärän jäädessä kuitenkin kaikkien rakennusten kohdalla alle kymmeneen tuntiin vuodessa.

Mallinnustilanteessa 4 (VE1) Pesolan alueen tuulivoimaloiden roottori on 126 m ja Korkeanmaan alueella roottorin halkaisijat ovat voimalapaikasta riippuen, joko 117 m tai 112 m. Real Case -välkelaskennan mukaan välkealueelle jossa ylitetään 10 tuntia vuodessa jää kolme asuintaloa ja yksi loma-asunto. Kaksi asuintaloa Vanha-Pesolan alueella ovat välkealueella, jossa vuotuinen välkemäärä on 8-10 tuntia.

Mallinnustilanne 5 (VE2) sisältää Pesolan alueen tuulivoimalat (roottori 126 m). Tällöin kolme asuintaloa ja yksi loma-asunto jää 10 h/v ylittävälle Real Case -välkealueelle.

Mallinnustilanteessa 6 (VE3) Korkeanmaan alueella roottorin halkaisijat ovat voimalapaikasta riippuen, joko 117 m tai 112 m. Kaikki asuin- ja lomarakennukset jäävät 8 tuntia välkemäärän ylittävän vyöhykkeen ulkopuolelle.

Taulukko 6. Reseptoripistelaskentojen tulokset.

Reseptoripiste	Real Case, tuntia vuodessa					
	Mallinnustilanne					
	1	2	3	4	5	6
A, Halmepelto	12:59	12:59	0:00	12:00	12:00	0:00
B, Heinäaho	12:54	12:54	0:00	11:52	11:52	0:00
C, Iso-Syväri	6:47	6:47	0:00	6:13	6:13	0:00
D, Torasjärvi	8:35	0:00	8:35	0:00	0:00	0:00
E, Vanha-Pesola	20:01	15:10	4:45	17:13	14:19	2:49

Välkkymisen mahdolliset ajankohdat

Hankevaihtoehdossa 1 (roottorin halkaisija 132 m) Vanhan-Pesolan alueella (reseptoripiste E) välkevaikutus painottuu kesä-heinäkuulle sekä talviaikaan auringon noustessa ja auringon laskiessa. Pesolan länsipuolella Iso-Syvärin rannalla (reseptoripiste C) välkettä voi esiintyä maaliskuun puolivälistä toukokuun puoliväliin sekä heinäkuun lopusta syyskuun loppuun auringon nousun aikaan n. klo 5-8. Pesolan alueen luoteispuolella Heinäahon kohdalla (reseptoripiste B) välkkymisen ajankohta painottuu aamu- ja päiväaikaan, pois lukien kesäaika, jolloin välkettä ei voi esiintyä. Pesolan alueen koillispuolella sijaitsevan Halmepellon kohdalla (reseptoripiste A) välkettä voi esiintyä ajoittain syksystä kevääseen. Korkeanmaan länsipuolella Torasjärven rannalla (reseptoripiste D) välkkymistä voi esiintyä miltei koko vuoden läpi vajaan tunnin ajan auringon nousun jälkeen. Kun Pesolan alueella roottorin halkaisija on mallinnuksessa 126 m ja

Korkeanmaan alueella roottorin halkaisijat ovat voimalapaikasta riippuen joko 117 m tai 112 m, on välkkymisen ajankohdat likipitään muutoin samat, paitsi Torasjärvellä ei esiinny välkettä.

Hankevaihtoehdossa 2 (roottorin halkaisija 132 m) Vanhan-Pesolan alueella (reseptoripiste E) välkevaikutusta voi esiintyä miltei koko vuoden läpi auringon noustessa ja kesäaikaan myös auringon laskiessa. Pesolan länsipuolella Iso-Syvärin rannalla (reseptoripiste C) välkettä voi esiintyä maaliskuun puolivälistä toukokuun puoliväliin sekä heinäkuun lopusta syyskuun loppuun auringon nousun aikaan n. klo 5-8. Pesolan alueen luoteispuolella Heinäahon kohdalla (reseptoripiste B) välkkymisen ajankohta painottuu auringon nousun jälkeiseen aikaan, noin 2 tuntia maksimissaan, syksystä kevääseen. Pesolan alueen koillispuolella sijaitsevan Halmepellon kohdalla (reseptoripiste A) välkettä voi esiintyä ajoittain kesän lopulta kevääseen. Korkeanmaan länsipuolella Torasjärven rannalla (reseptoripiste D) välkkymistä ei voi esiintyä. Roottorin halkaisijan ollessa 126 metriä ovat välkevaikutuksen ajankohdat suurin piirtein samat kuin 132 m roottorilla.

Hankevaihtoehdossa 3 (roottorin halkaisija 132 m) Vanha-Pesolan alueella (reseptoripiste E) mahdollinen välkeilmion esiintyminen ajoittuu myöhäiseen syksyyn ja talveen. Pesolan länsipuolella Iso-Syvärin rannalla (reseptoripiste C), Pesolan alueen luoteispuolella Heinäahon kohdalla (reseptoripiste B) ja Pesolan alueen koillispuolella sijaitsevan Halmepellon kohdalla (reseptoripiste A) välkettä ei esiinny. Korkeanmaan länsipuolella Torasjärven rannalla (reseptoripiste D) välkkymistä voi esiintyä miltei koko vuoden läpi vajaan tunnin ajan auringon nousun jälkeen. Kun roottorin halkaisija on voimalapaikasta riippuen 117 m tai 112 m, ei Torasjärvellä esiinny välkettä.

Tarkemmat välkkymisen ajankohdat eri hankevaihtoehdoilla on esitetty liitteissä 2.1–2.6. Ajankohdat on esitetty kalentereissa teoreettisina maksimivälkeaikoina.

6. VÄLKEVAIKUTUKSIEN VÄHENTÄMINEN JA RAJOITUSTARVE

Tuulivoimaloiden välkevaikutus on mahdollista vähentää teknisin keinoin siten, ettei välkettä esiinny tietyllä kohteella enemmän kuin määrätty aika. Tämä tapahtuu ohjaamalla tuulivoimalaitokset pysähtymään tiettyinä ajankohtina. Välkkeen muodostumista tietyssä kohteessa monitoroidaan voimalan nasellin päälle tai runkoon asennettavilla valosensoreilla, jotka laskevat muodostumisen mahdollisuutta tietyssä suunnassa valoisuuden ja roottorin asennon mukaan. Järjestelmä pysäyttää voimalan tarvittaessa tietyssä altistuvassa kohteessa määritetyn välkemäärän ylittyessä.

Suunnitteluohjeiden (joita ei ole suoraan määritetty Suomessa) myötä tuulivoimalaa ei tarvitse pysäyttää aina kun välkettä esiintyy. Jos välkemäärän rajana käytetään 8 tai 10 tuntia vuodessa, tulisi kaikissa hankevaihtoehdoissa välkevaikutuksien vähentämiseksi tiettyjen voimaloiden toimintaa rajoittaa. Poikkeuksena hankevaihtoehdo 3, jolloin Korkeanmaan alueella voimaloiden roottori on 117 m tai 112 m, ei mallinnuksen mukaan 8 tuntia vuodessa välkemäärä ylitä minkään asuin- tai lomarakennuksen kohdalla. Rajoitustoimet tulee kohdistaa voimaloihin, joilla on suurin vaikutus välkealueen ympäristön virkistysalueiden sekä asuin- ja lomarakennusten välkemäärään. Osa laitoksista ei aiheuta merkittävästi välkettä mihinkään häiriintyvään kohteeseen.

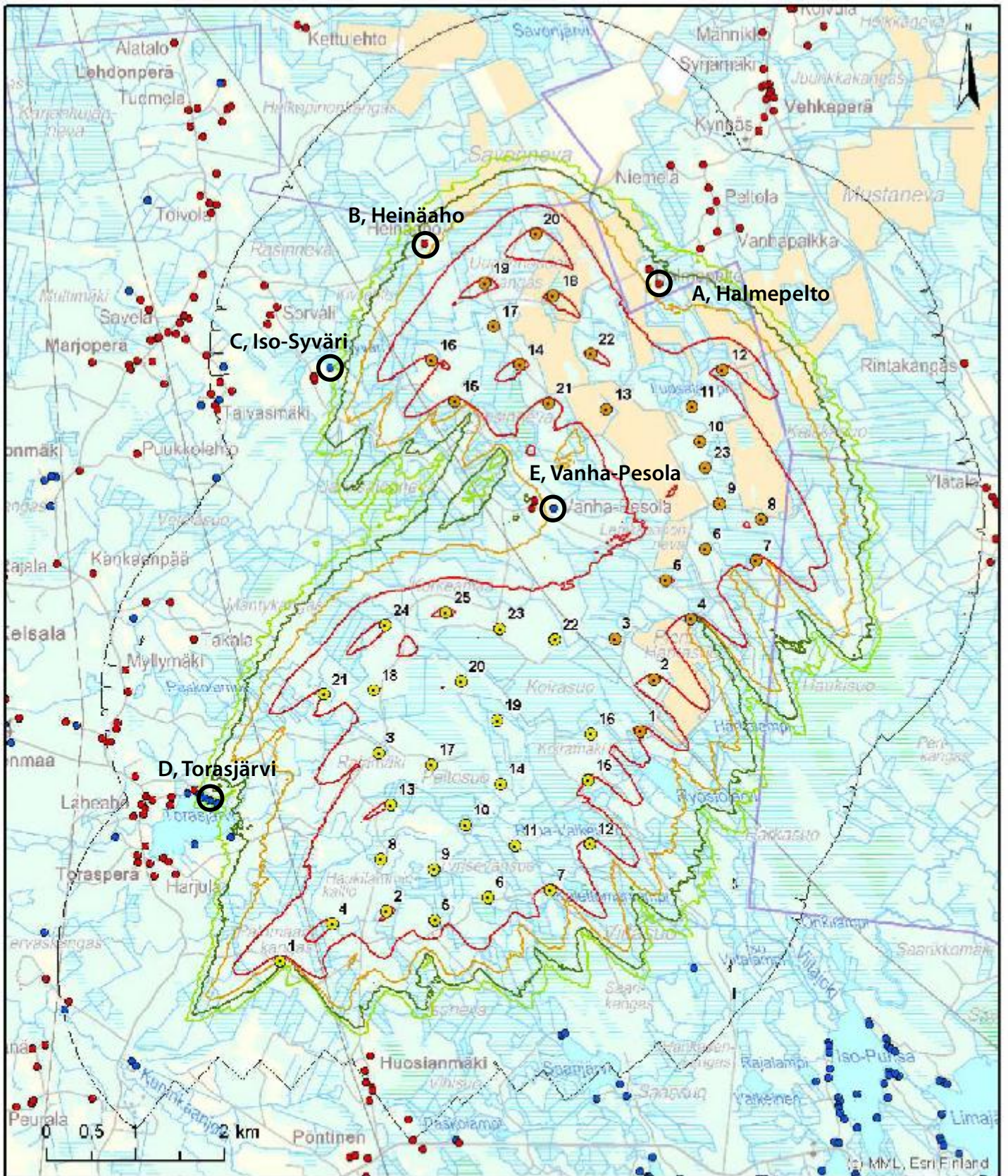
Puustovyöhykkeet rajoittavat välkevaikutuksia, mutta puuston on kuitenkin oltava riittävän tiheää ja korkeata sekä suojata asuintalojen tai loma-asuntojen piha-alueita kattavasti, jotta sillä saadaan estettyä välkkeen esiintyminen talojen ikkunoissa ja oleskelupihoilla. Jos tuulivoimalat eivät näy häiriintyvään kohteeseen, ei myöskään välkettä aiheudu. Myös vuodenajan vaihtelut on huomioitava puuston kyvyssä rajoittaa tuulivoimaloiden näkyvyyttä. ^[7]

LÄHTEET

1. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012
2. Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen, WEA-Shattenwurf-Hinweise
3. Vindkraftshandboken - Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden
4. Danish Wind Industry Association
5. WindPRO 2.9 User Manual
6. Ilmatieteen laitos, Tilastoja Suomen ilmastosta 1981–2010, Raportteja 2012:1
7. Update of UK Shadow Flicker, Evidence Base, Final Report

LIITTEET

- Liite 1.1 Real Case -laskennan välkevyöhykkeet, mallinnustilanne 1 (VE1), Pesola (roottori 132 m) + Korkeanmaa (roottori 132 m)
- Liite 1.2 Real Case -laskennan välkevyöhykkeet, mallinnustilanne 2 (VE2), Pesola (roottori 132 m)
- Liite 1.3 Real Case -laskennan välkevyöhykkeet, mallinnustilanne 3 (VE3), Korkeanmaa (roottori 132 m)
- Liite 1.4 Real Case -laskennan välkevyöhykkeet, mallinnustilanne 4 (VE1), Pesola (roottori 126 m) + Korkeanmaa (roottori 117/112 m)
- Liite 1.5 Real Case -laskennan välkevyöhykkeet, mallinnustilanne 5 (VE2), Pesola (roottori 126 m)
- Liite 1.6 Real Case -laskennan välkevyöhykkeet, mallinnustilanne 6 (VE3), Korkeanmaa (roottori 117/112 m)
-
- Liite 2.1 Kalenteri välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteissä, mallinnustilanne 1 (VE1), Pesola (roottori 132 m) + Korkeanmaa (roottori 132 m)
- Liite 2.2 Kalenteri välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteissä, mallinnustilanne 2 (VE2), Pesola (roottori 132 m)
- Liite 2.3 Kalenteri välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteissä, mallinnustilanne 3 (VE3), Korkeanmaa (roottori 132 m)
- Liite 2.4 Kalenteri välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteissä, mallinnustilanne 4 (VE1), Pesola (roottori 126 m) + Korkeanmaa (roottori 117/112 m)
- Liite 2.5 Kalenteri välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteissä, mallinnustilanne 5 (VE2), Pesola (roottori 126 m)
- Liite 2.6 Kalenteri välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteissä, mallinnustilanne 6 (VE3), Korkeanmaa (roottori 117/112 m)



Liite 1.1

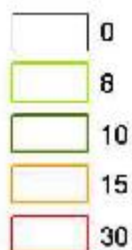


Suomen Hyötytuuli Oy ja Saba Tuuli Oy Ab
Pesola-Korkeanmaa
 Välkemallinnus (WindPro 2.9)

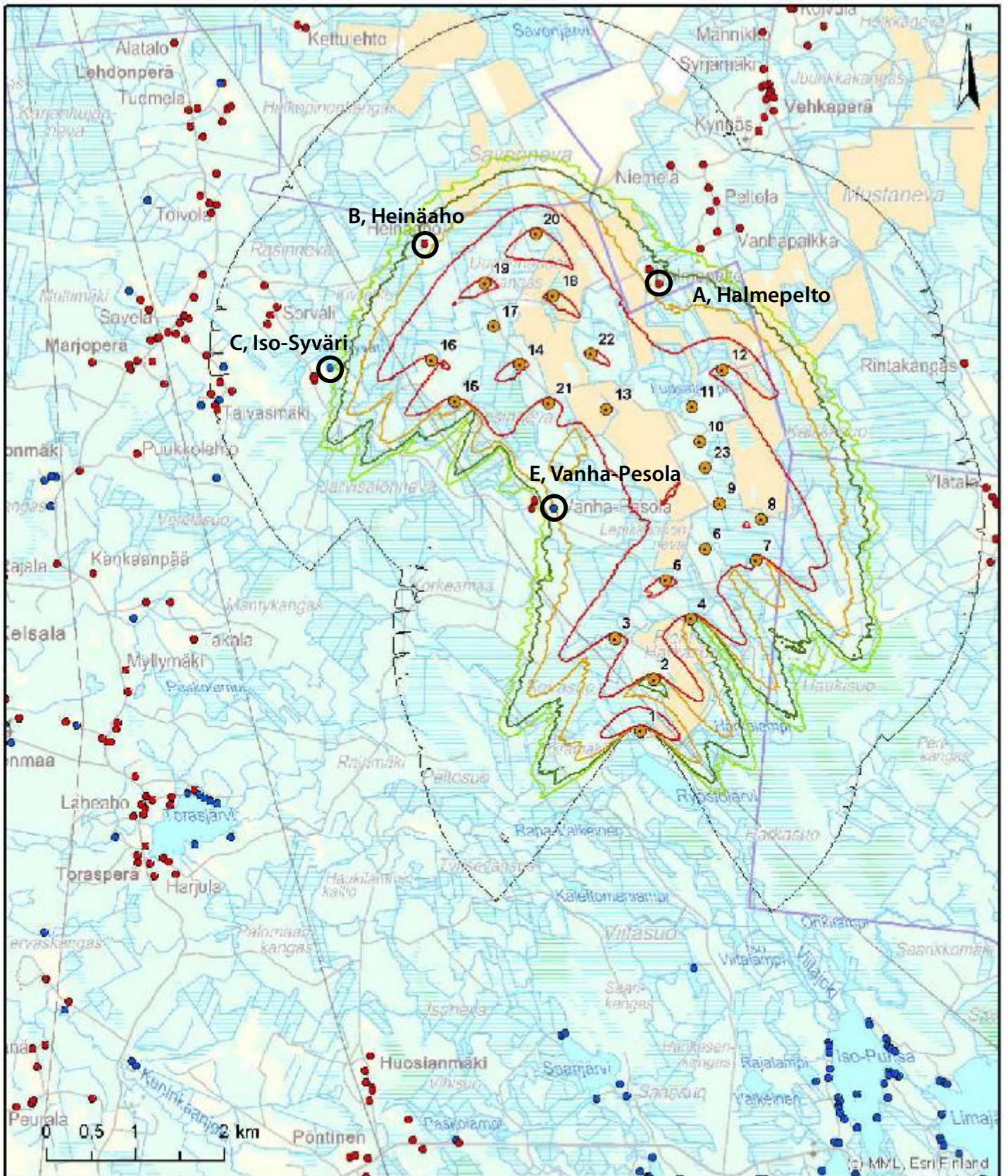
-Pesola layout 31.1.2014
 -Korkeanmaa layout 13.3.2014

A.Ruhanen 8.7.2014

Real Case -mallinnus Merkkien selitteet
Välketuntia vuodessa



- Pesola: napakorkeus 140m, roottori 132m
- Korkeanmaa: napakorkeus 140m, roottori 132m
- asuinrakennus
- lomarakennus



Liite 1.2

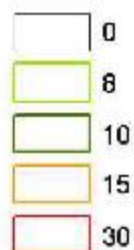


Suomen Hyötytuuli Oy ja Saba Tuuli Oy Ab
Pesola-Korkeanmaa
 Vätkemallinnus (WindPro 2.9)

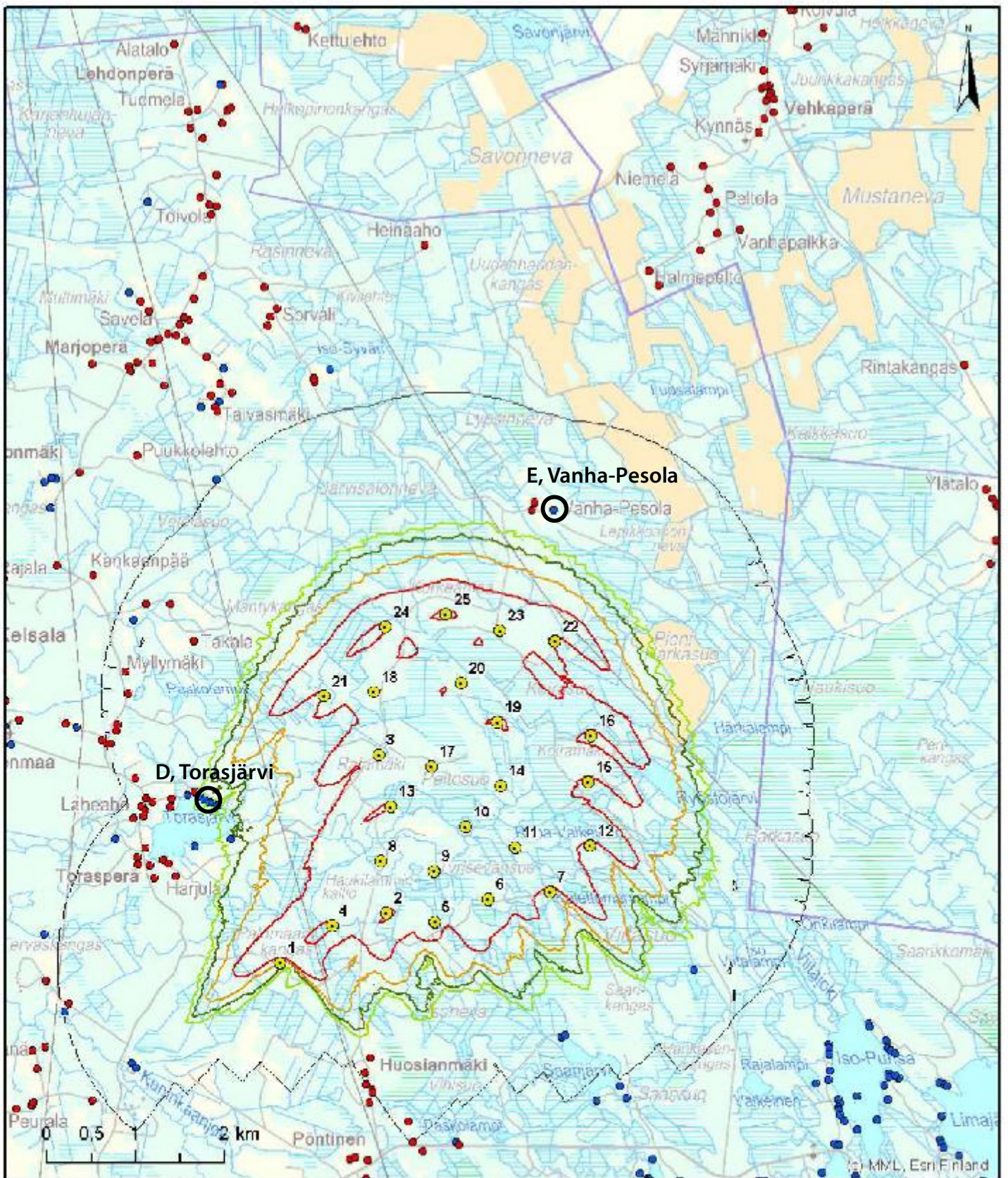
-Pesola layout 31.1.2014

A.Ruhanen 8.7.2014

Real Case -mallinnus Merkkien selitteet
Vätketuntia vuodessa



- Pesola: napakorkeus 140m, roottori 132m
- asuinrakennus
- lomarakennus



Liite 1.3

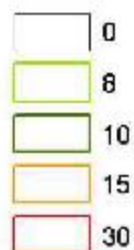


Suomen Hyötytuuli Oy ja Saba Tuuli Oy Ab
Pesola-Korkeanmaa
 Vätkemallinnus (WindPro 2.9)

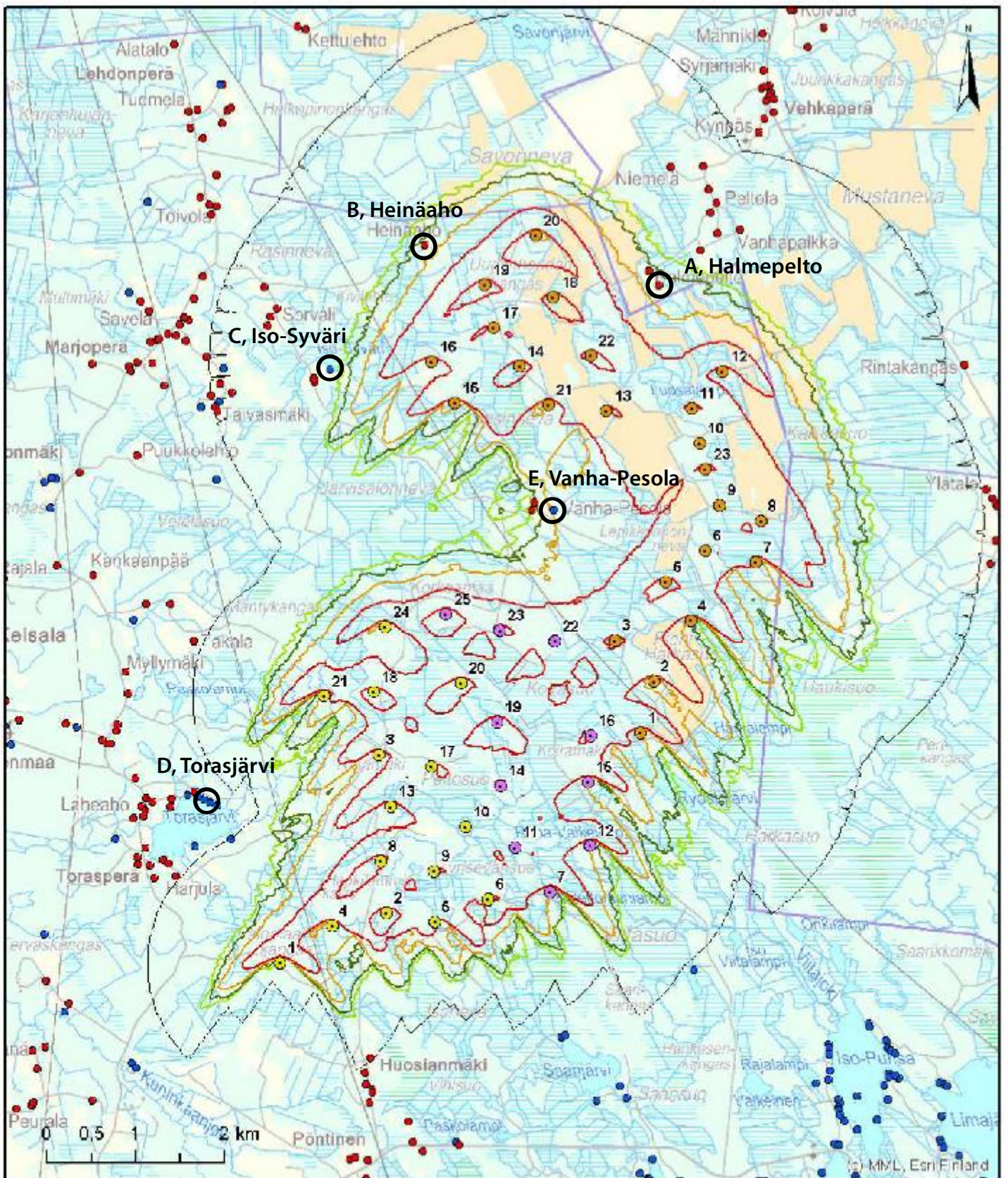
-Korkeanmaa layout 13.3.2014

A.Ruhanen 8.7.2014

Real Case -mallinnus Merkkien selitteet
Vätketuntia vuodessa



- Korkeanmaa: napakorkeus 140m, roottori 132m
- asuinrakennus
- lomarakennus



Liite 1.4

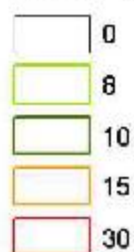


Suomen Hyötytuuli Oy ja Saba Tuuli Oy Ab
Pesola-Korkeanmaa
 Vätkemallinnus (WindPro 2.9)

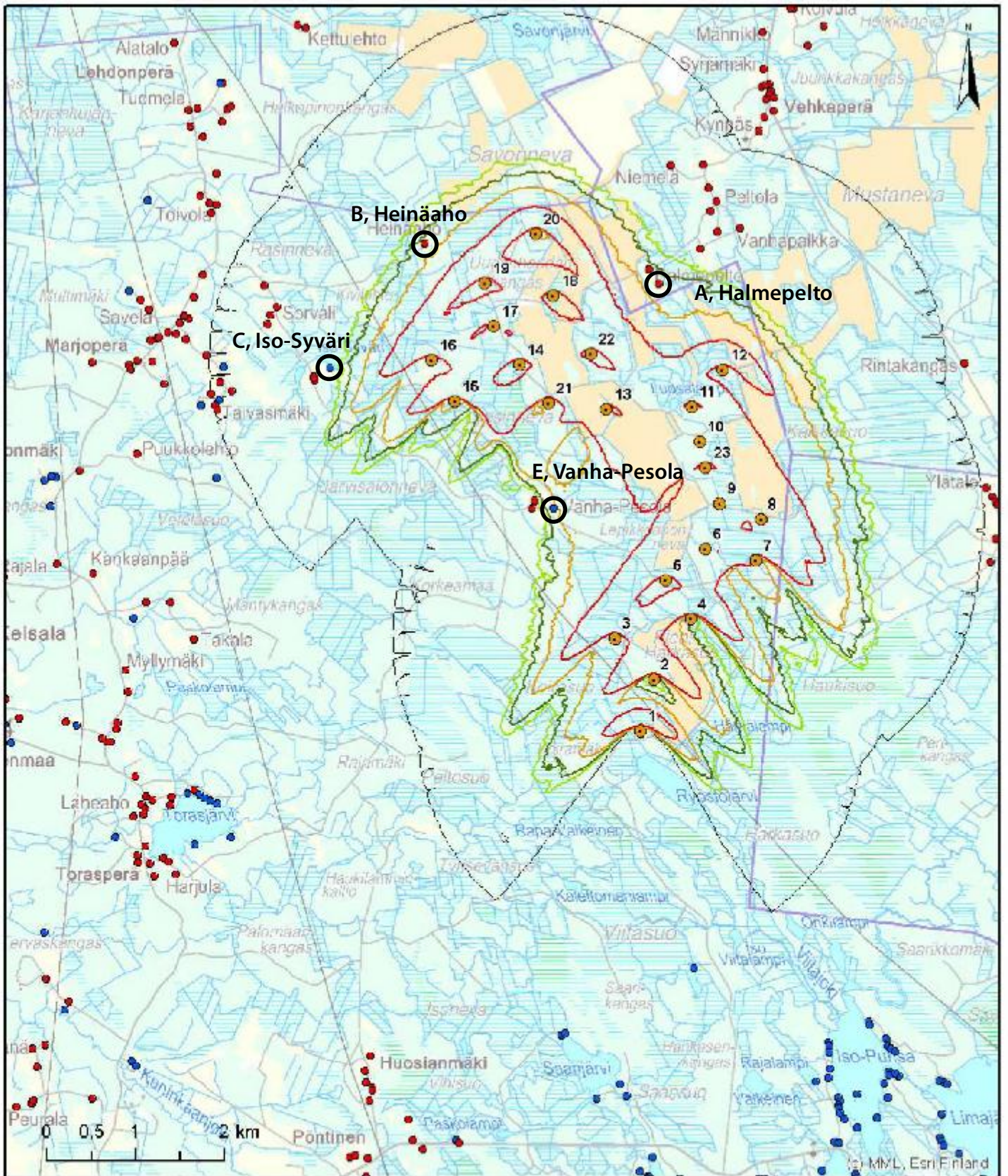
-Pesola layout 31.1.2014
 -Korkeanmaa layout 13.3.2014

A. Ruhanen 8.7.2014

Real Case -mallinnus Merkkien selitteet
Vätketuntia vuodessa



- Pesola: napakorkeus 140m, roottori 126m
- Korkeanmaa: napakorkeus 140m, roottori 112m
- Korkeanmaa: napakorkeus 140m, roottori 117m
- asuinrakennus
- lomarakennus



Liite 1.5

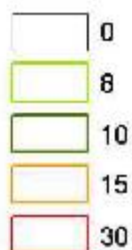


Suomen Hyötytuuli Oy ja Saba Tuuli Oy Ab
Pesola-Korkeanmaa
 Vätkemallinnus (WindPro 2.9)

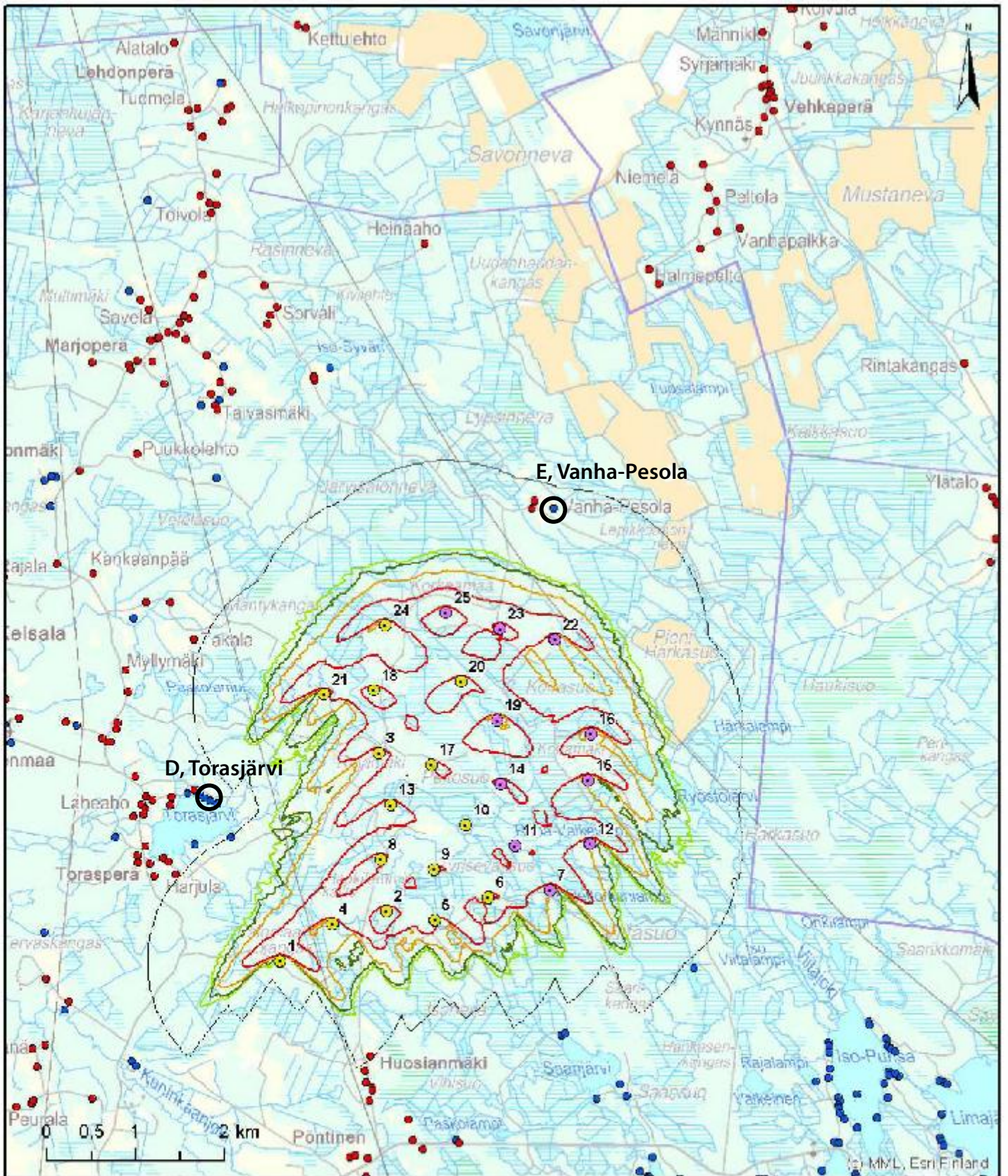
-Pesola layout 31.1.2014

A.Ruhanen 8.7.2014

Real Case -mallinnus Merkkien selitteet
Vätketuntia vuodessa



- Pesola: napakorkeus 140m, roottori 126m
- asuinrakennus
- lomarakennus



Liite 1.6

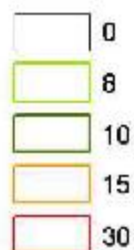


Suomen Hyötytuuli Oy ja Saba Tuuli Oy Ab
Pesola-Korkeanmaa
 Vätkemallinnus (WindPro 2.9)

-Korkeanmaa layout 13.3.2014

A. Ruhanen 8.7.2014

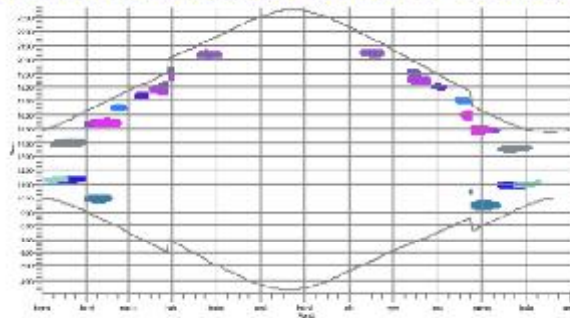
Real Case -mallinnus Merkkien selitteet
Vätketuntia vuodessa



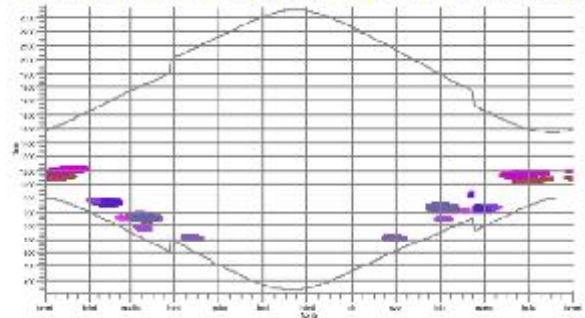
- Korkeanmaa: napakorkeus 140m, roottori 112m
- Korkeanmaa: napakorkeus 140m, roottori 117m
- asuinrakennus
- lomarakennus

LIITE 2.1 Ajankohtakaavio VE1: Pesola + Korkeanmaa, roottorin halkaisija 132 m, napakorkeus 140 m

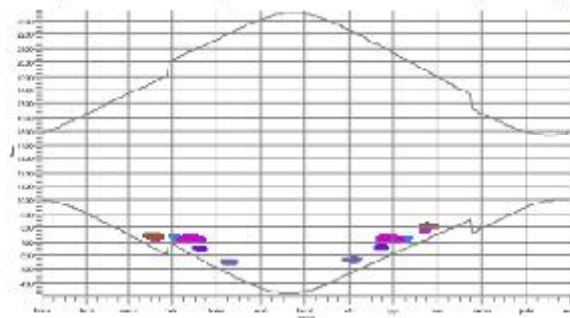
A Halmepeltö: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)



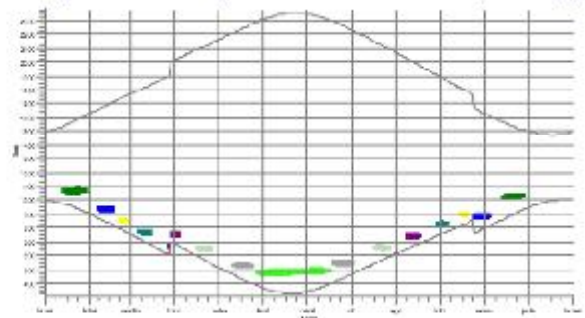
B Heinäaho: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)



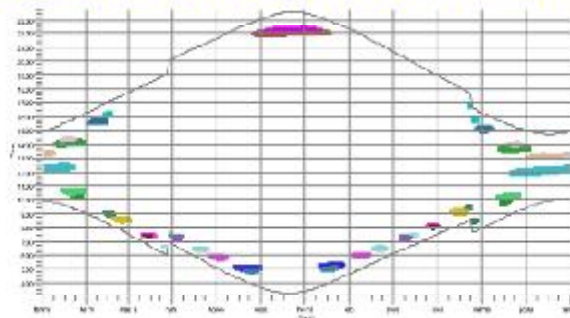
C Iso-Syväri: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)



D Torasjärvi: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)



E Vamma Pesola: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)



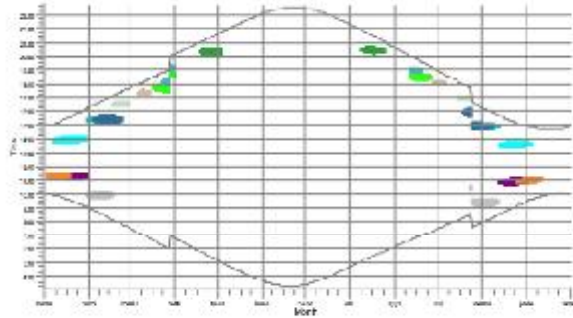
VTA

1. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	26. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	51. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
2. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	27. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	52. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
3. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	28. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	53. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
4. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	29. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	54. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
5. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	30. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	55. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
6. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	31. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	56. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
7. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	32. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	57. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
8. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	33. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	58. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
9. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	34. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	59. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
10. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	35. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	60. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
11. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	36. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	61. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
12. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	37. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	62. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
13. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	38. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	63. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
14. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	39. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	64. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
15. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	40. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	65. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
16. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	41. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	66. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
17. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	42. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	67. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
18. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	43. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	68. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
19. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	44. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	69. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
20. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	45. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	70. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
21. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	46. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	71. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
22. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	47. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	72. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
23. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	48. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	73. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
24. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	49. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	74. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00
25. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	50. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00	75. 02.04.2010 08:00:00 - 08:00:00 (0.000000) 08:00:00

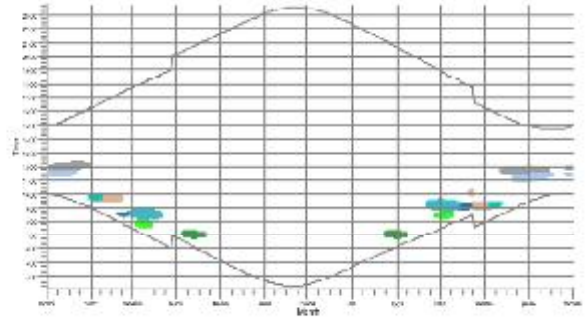
Vuoden - ja kellonajat, jolloin välkettä voi teoriassa esiintyä määritellyissä reseptoripisteissä. Kaavioissa ei ole otettu huomioon tuulettomia tai pilvisiä päiviä. Välkettä aiheuttavat voimat on esitetty eri väreillä.

LIITE 2.2 Ajankohtakaavio VE2: Pesola, roottorin halkaisija 132 m, napakorkeus 140 m

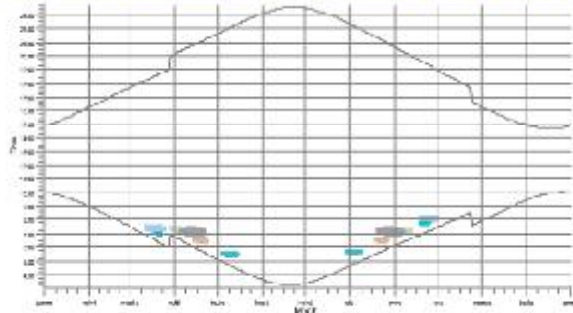
A Halmepeto: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)



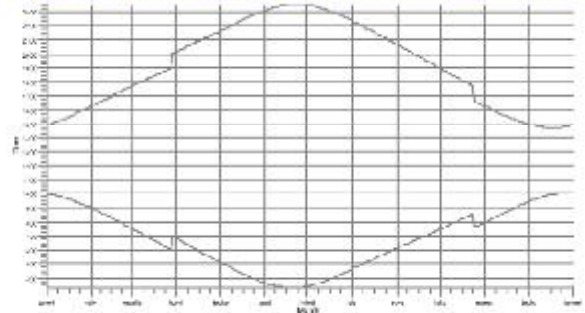
B Heinäaho: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)



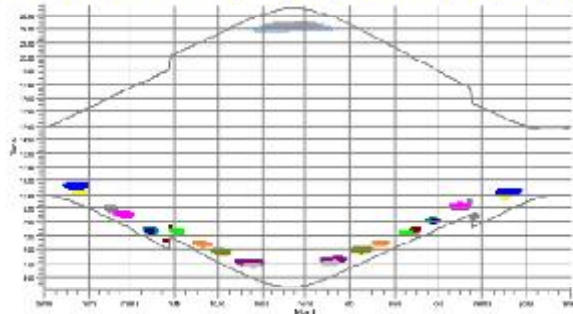
C Iso-Syväri: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)



D Torasjärvi: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)



E Vamma Pesola: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)



2700s

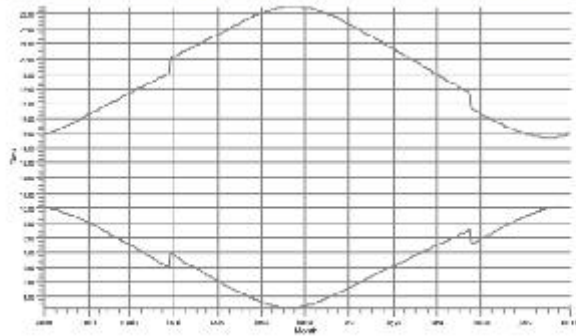
P01	GAMESA-0128-4510-122-310	h= 140,0 m	TOT: 206,3 m (214)
P02	GAMESA-0128-4510-122-310	h= 140,0 m	TOT: 206,3 m (216)
P03	GAMESA-0128-4510-122-310	h= 140,0 m	TOT: 206,3 m (218)
P04	GAMESA-0128-4510-122-310	h= 140,0 m	TOT: 206,3 m (220)
P05	GAMESA-0128-4510-122-310	h= 140,0 m	TOT: 206,3 m (222)
P06	GAMESA-0128-4510-122-310	h= 140,0 m	TOT: 206,3 m (224)
P07	GAMESA-0128-4510-122-310	h= 140,0 m	TOT: 206,3 m (226)
P08	GAMESA-0128-4510-122-310	h= 140,0 m	TOT: 206,3 m (228)
P09	GAMESA-0128-4510-122-310	h= 140,0 m	TOT: 206,3 m (230)
P10	GAMESA-0128-4510-122-310	h= 140,0 m	TOT: 206,3 m (232)
P11	GAMESA-0128-4510-122-310	h= 140,0 m	TOT: 206,3 m (234)
P12	GAMESA-0128-4510-122-310	h= 140,0 m	TOT: 206,3 m (237)

F11	GAMESA-0128-4500-132-6-NO	h= 143,6 m	TOT: 215,8 m (259)
F12	GAMESA-0128-4500-132-6-NO	h= 143,6 m	TOT: 215,8 m (261)
F13	GAMESA-0128-4500-132-6-NO	h= 143,6 m	TOT: 215,8 m (263)
F14	GAMESA-0128-4500-132-6-NO	h= 143,6 m	TOT: 215,8 m (265)
F15	GAMESA-0128-4500-132-6-NO	h= 143,6 m	TOT: 215,8 m (267)
F16	GAMESA-0128-4500-132-6-NO	h= 143,6 m	TOT: 215,8 m (269)
F17	GAMESA-0128-4500-132-6-NO	h= 143,6 m	TOT: 215,8 m (271)
F18	GAMESA-0128-4500-132-6-NO	h= 143,6 m	TOT: 215,8 m (273)
F19	GAMESA-0128-4500-132-6-NO	h= 143,6 m	TOT: 215,8 m (275)
F20	GAMESA-0128-4500-132-6-NO	h= 143,6 m	TOT: 215,8 m (277)
F21	GAMESA-0128-4500-132-6-NO	h= 143,6 m	TOT: 215,8 m (279)
F22	GAMESA-0128-4500-132-6-NO	h= 143,6 m	TOT: 215,8 m (281)
F23	GAMESA-0128-4500-132-6-NO	h= 143,6 m	TOT: 215,8 m (283)

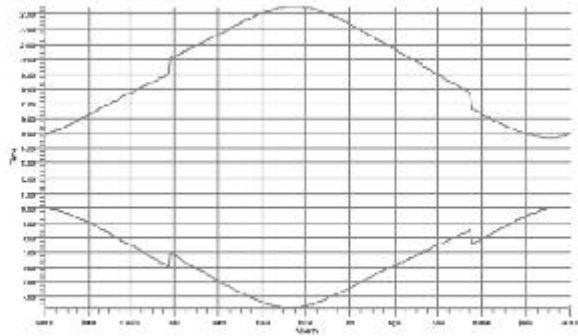
Vuoden – ja kellonajat, jolloin välkettä voi teoriassa esiintyä määritellyissä reseptoripisteissä. Kaavioissa ei ole otettu huomioon tuulettomia tai pilvisiä päiviä. Välkettä aiheuttavat voimat on esitetty eri väreillä.

LIITE 2.3 Ajankohtakaavio VE3: Korkeanmaa, roottorin halkaisija 132 m, napakorkeus 140 m

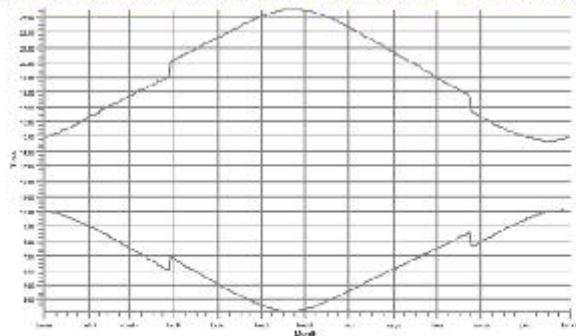
A Halmespelto: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)



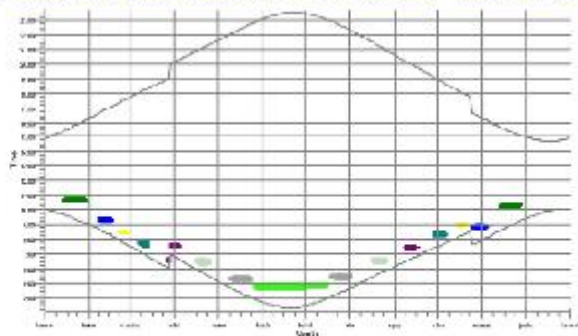
B Heinäaho: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)



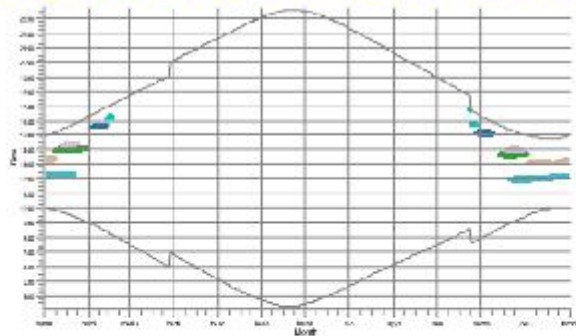
C Iso-Syväri: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)



D Torasjärvi: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)



E Vanha Pesola: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)



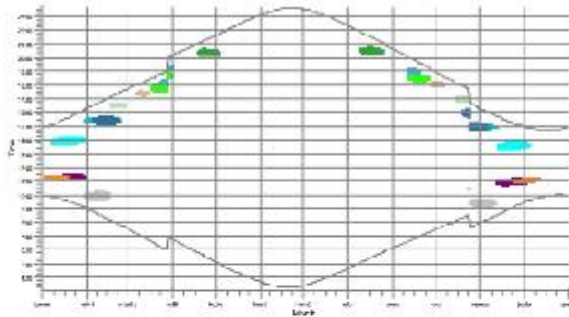
DTG:

01 AMTUSA 4200 4200 122 0120 101 140 140 0120 0120 0120	02 AMTUSA 4200 4200 122 0120 101 140 140 0120 0120 0120	03 AMTUSA 4200 4200 122 0120 101 140 140 0120 0120 0120
04 AMTUSA 4200 4200 122 0120 101 140 140 0120 0120 0120	05 AMTUSA 4200 4200 122 0120 101 140 140 0120 0120 0120	06 AMTUSA 4200 4200 122 0120 101 140 140 0120 0120 0120
07 AMTUSA 4200 4200 122 0120 101 140 140 0120 0120 0120	08 AMTUSA 4200 4200 122 0120 101 140 140 0120 0120 0120	09 AMTUSA 4200 4200 122 0120 101 140 140 0120 0120 0120
10 AMTUSA 4200 4200 122 0120 101 140 140 0120 0120 0120	11 AMTUSA 4200 4200 122 0120 101 140 140 0120 0120 0120	12 AMTUSA 4200 4200 122 0120 101 140 140 0120 0120 0120

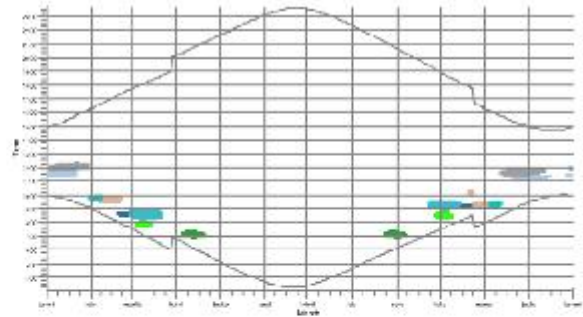
Vuoden – ja kellonajat, jolloin välkettä voi teoriassa esiintyä määritellyissä reseptoripisteissä. Kaavioissa ei ole otettu huomioon tuulettomia tai pilvisiä päiviä. Välkettä aiheuttavat voimat on esitetty eri väreillä.

LIITE 2.5 Ajankohtakaavio VE2: Pesola, roottorin halkaisija 126 m, napakorkeus 140 m

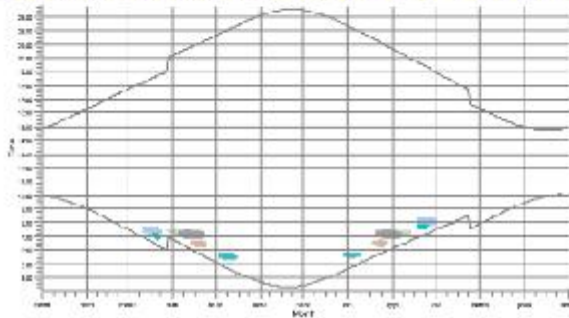
A Haimenpato: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)



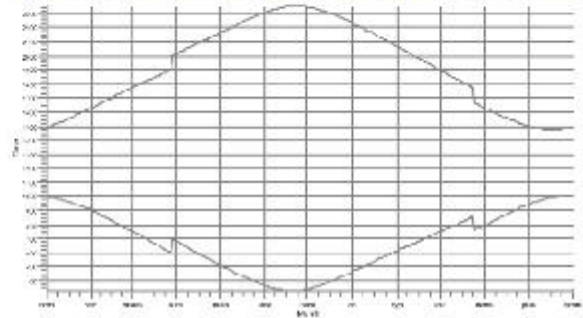
B Hainjärvi: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)



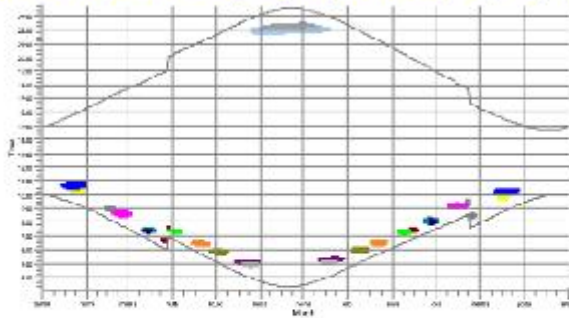
C Iso-Syväri: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)



D Torasjärvi: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)



E Vanha Pesola: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)



2105

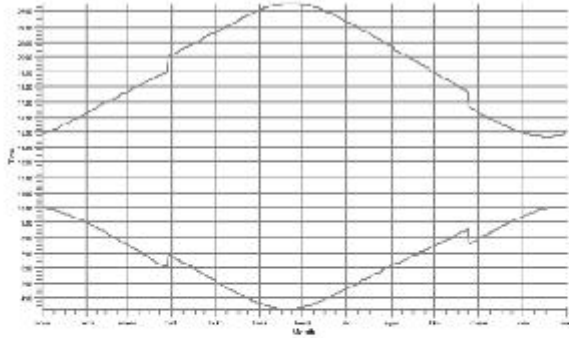
■	P01_VESTASV126-3.3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (255)
■	P02_VESTASV126-3.3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (256)
■	P03_VESTASV126-3.3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (257)
■	P04_VESTASV126-3.3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (258)
■	P05_VESTASV126-3.3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (259)
■	P06_VESTASV126-3.3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (260)
■	P07_VESTASV126-3.3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (261)
■	P08_VESTASV126-3.3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (262)
■	P09_VESTASV126-3.3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (263)
■	P10_VESTASV126-3.3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (264)
■	P11_VESTASV126-3.3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (265)

■	F13_VESTAS V 26-3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (275)
■	F14_VESTAS V 26-3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (276)
■	F15_VESTAS V 26-3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (277)
■	F16_VESTAS V 26-3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (278)
■	F17_VESTAS V 26-3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (279)
■	F18_VESTAS V 26-3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (280)
■	F19_VESTAS V 26-3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (281)
■	F20_VESTAS V 26-3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (282)
■	F21_VESTAS V 26-3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (283)
■	F22_VESTAS V 26-3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (284)
■	F23_VESTAS V 26-3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (285)
■	F24_VESTAS V 26-3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (286)
■	F25_VESTAS V 26-3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (287)
■	F26_VESTAS V 26-3 Grönlannin 330 126,0 m halk. 140 m (TOT: 230 m) (288)

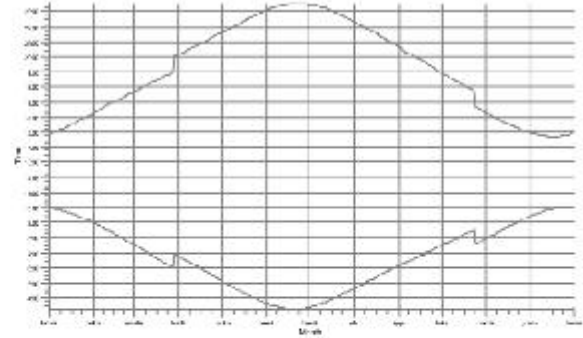
Vuoden – ja kellonajat, jolloin välkettä voi teoriassa esiintyä määritellyissä reseptoripisteissä. Kaavioissa ei ole otettu huomioon tuulettomia tai pilvisiä päiviä. Välkettä aiheuttavat voimat on esitetty eri väreillä.

LIITE 2.6 Ajankohtakaavio VE3: Korkeanmaa, roottorin halkaisija 117/112 m, napakorkeus 140 m

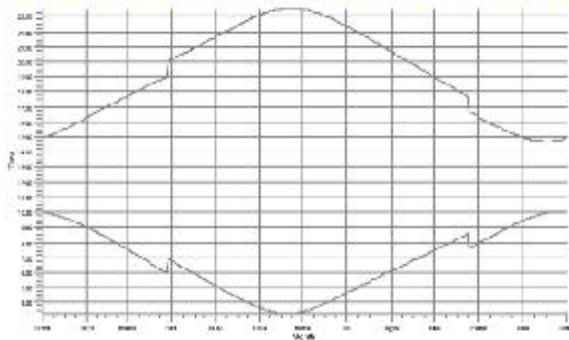
A Helmepeho: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)



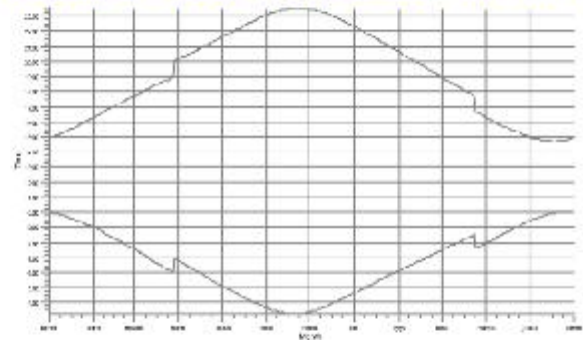
B Heinäaho: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)



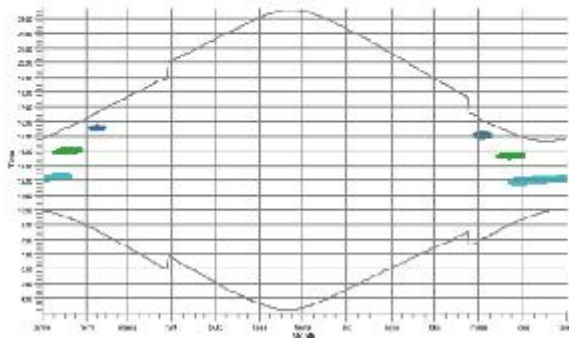
C Iso-Syväri: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)



D Torasjärvi: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 60,0° (3)



E Varna-Pesola: Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)



WOW

2024-01-01 00:00:00 - 2024-01-01 00:00:00

2024-01-01 00:00:00 - 2024-01-01 00:00:00

2024-01-01 00:00:00 - 2024-01-01 00:00:00

Vuoden - ja kellonajat, jolloin välkettä voi teoriassa esiintyä määritellyissä reseptoripisteissä. Kaavioissa ei ole otettu huomioon tuulettomia tai pilvisiä päiviä. Välkettä aiheuttavat voimat on esitetty eri värillä.