

Vastaanottaja
Rajakiiri Oy

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
18.4.2024

Viite
1510067874-007

MAANAHKIAISEN TUULIVOIMAHANKE MELUMALLINNUS

TUULIVOIMAHANKE MELUMALLINUS

Päivämäärä **18.4.2024**
Laatija **Ville Virtanen**
Tarkastaja **Jenni Saarelainen**

Maanahkiaisen melumallinnus osayleiskaavaa, sekä osayleiskaavan muutosta varten.

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 6/2023 aineistoa.

Viite **1510067874-007**

SISÄLTÖ

1.	YLEISTÄ	1
2.	MELUN OHJEARVOT	1
2.1	Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista	1
2.2	Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa	1
3.	MELUMALLINNUKSEN TIEDOT	2
3.1	Tuulivoimalatiedot	2
3.2	Melulaskenta	3
3.3	Maastomalli	4
4.	TULOKSET	4
4.1	Meluvyöhyke- ja reseptoritulokset	4
4.2	Pienitaajuinen melu	5
5.	TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	6
5.1	Melun erityispiirteet ja häiritsevyysskorjaukset	6
5.2	Alueen yleiset tuuliolosuhteet ja niiden vaikutus melutasojen esiintyvyyteen	6
5.3	Melutasot verrattuna ohjearvoihin	7

LIITTEET

Liite 1	Melulaskennan lähtötiedot ja tuulivoimaloiden akustiset tiedot
Liite 2	Meluvyöhykekartta

1. YLEISTÄ

Rajakiiri Oy suunnittelee Raahan ja Pyhäjoen edustan merialueelle Maanahkiaisessa osayleiskaa-vojen muutoksen myötä 16 kpl voimaloita Raahan puolelle ja 24 kpl voimaloita Pyhäjoen puolelle.

Työ on tehty Rajakiiri Oy:n toimeksiannosta. Meluselvityksestä ja meluvaikutusten arvioinnista on vastannut ins.(AMK) Ville Virtanen.

2. MELUN OHJEARVOT

2.1 Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista

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

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

Taulukko 1. Valtioneuvoston asetuksen mukaiset tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot

	Ulkomelutason L_{Aeq} päivällä klo 7-22	Ulkomelutason L_{Aeq} yöllä klo 22-7
Pysyvä asetus	45 dB	40 dB
Loma-asutus	45 dB	40 dB
Hoitolaitokset	45 dB	40 dB
Oppilaitokset	45 dB	-
Virkistysalueet	45 dB	-
Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Elinympäristöön vaikuttavaa toimintaa suunniteltaessa ja järjestettäessä sekä tällaista toimintaa harjoitettaessa huomioon otettavista sisämelutasoista säädetään terveydensuojelulaissa (763/1994) ja sen nojalla annetuissa säännöksissä.

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

2.2 Asumisterveysasetuksen melutason toimenpiderajat asuntojen sisätiloissa

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 545/2015 (voimaantulopäivä 15.5.2015) on annettu toimenpiderajoja asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisämelulle (ns. asumisterveysasetus).

Asuinhuoneistojen asuinhuoneisiin (paitsi keittiö ja muut tilat) toimenpiderajoiksi on annettu päiväajan keskiäänitasolle $L_{Aeq, 7-22}$ 35 dB ja yöajan keskiäänitasolle $L_{Aeq, 22-7}$ 30 dB. Selvästi taustamelusta erottuvalla melulle, joka voi aiheuttaa unihäiriötä, on toimenpiderajana nukkumiseen käytettävissä tiloissa yöaikaan (klo 22-7) yhden tunnin keskiäänitaso $L_{Aeq, 1h}$ 25 dB. Lisäksi on huomioitava melun erityisominaisuudet eli mahdolliset kapeakaistaisuus- ja impulssimaisuuskorjaukset. Asetus

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

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

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

3. MELUMALLINNUKSEN TIEDOT

3.1 Tuulivoimalatiedot

Tuulivoimalaitosten sijainnit perustuvat 19.4.2023 päivättyyn sijoitussuunnitelmaan.

Koska suunnitelmissa olevien kokoluokan 12-30MW voimaloista ei ole vielä mittaustuloksia, mallinnettiin melut skaalaten tiedossa olevien voimaloiden melupäästöarvot tasolle LWA 114,6 dB. Lähtömelutasoon lisättiin myös ± 2 dB epävarmuuskorjaus.

Lähtömelutasot perustuvat tilaajan toimittamaan Suomen Hyötytuuli Oy:lle tehtyyn Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen raporttiin. (Afy AB)

Voimaloiden napakorkeus on 190 m vedenpinnasta.

Geneeristen tuulivoimaloiden tarkemmat akustiset tiedot on esitetty liitteessä 1.

Tuulivoimalaitosten koordinaatit on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS-TM35FIN)

X	Y	Z	X	Y	Z
360430	7159194	0	357028	7163819	0
361466	7160279	0	354043	7162059	0
362503	7161363	0	355080	7163143	0
359518	7159604	0	356116	7164228	0
360554	7160688	0	363366	7162525	0
361590	7161772	0	364402	7163610	0
358605	7160013	0	362454	7162934	0
359642	7161097	0	363490	7164019	0
360678	7162182	0	361541	7163344	0
357693	7160422	0	362578	7164428	0
358729	7161506	0	360629	7163753	0
359766	7162591	0	361665	7164837	0
356780	7160831	0	359716	7164162	0
357817	7161916	0	360753	7165247	0
358853	7163000	0	358804	7164571	0
355868	7161241	0	359840	7165656	0
356904	7162325	0	357892	7164981	0
357941	7163409	0	358928	7166065	0
354956	7161650	0	357120	7165326	0
355992	7162734	0	358157	7166411	0

3.2 Melulaskenta

Melumallinnus tehtiin Ympäristöministeriön hallinnon ohjeita 2/2014 "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen" raportin mukaisilla laskentaparametreilla. Koska kyseessä on ympäristövaikutusten arviointia varten tehty selvitys, on meluvyöhykkeiden mallinnuksessa käytetty ISO 9613-2-laskentamallia.

Melumallinnukset on tehty SoundPlan 8.2 -melulaskentaohjelmalla. SoundPlan -ohjelmistosta saa lisätietoa internet-sivustolta www.soundplan.eu.

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

Meluvyöhykelaskennat on tehty laskentapisteverkkoon ja ohjelma interpoloi melutasot laskentapisteidien välisille alueille. Työssä laskettiin melutasot myös hankealuetta lähinnä olevien asuintalojen kohdalle sijoitettuihin reseptoripisteisiin. Reseptoripisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 1 ja laskentatulokset taulukossa 4. Taulukossa ja melukartoissa esitetyt melutasot ovat suoraan mallinnuksen tuloksia, eikä niihin ole lisätty mitään mahdollisia häiritsevyysskorjauksia.

Pienitaajuisen melun tarkastelu tehtiin soveltaen DSO 1284 mukaista menetelmää YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti. Pienitaajuisen melun ulko- ja sisämeluntasoa (Leq) tarkasteltiin tuulivoimaloita lähinnä sijaitsevien asuin- ja lomarakennusten kohdalla olevissa reseptoripisteissä (5 kpl).

Melupäästötietoina käytettiin Suomen Hyötytuuli Oy:lle tehdyn Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen raportissa esitettyihin tietoihin (Afray AB). Melupäästöön sisällytettiin ±2dB epävarmuuskorjaus. Rakennusten sisälle aiheutuvia pientaajuisia melutasoja arvioitiin Turun ammattikorkeakoulun tekemässä "The sound insulation of façades at frequencies 5–5000 Hz, Keränen et al." tutkimuksessa esitettyjen pientalojen julkisivun ilmasteneristävyyssarvojen avulla. Ko. tutkimuksen tulokset on esitelty julkaisussa "Building and Environment 156 (2019) 12–20".

Liitteessä 1 on esitetty melulaskennan oleelliset lähtötiedot, esim. laskentaparametrit.

3.3 Maastomalli

Maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineistosta. Maastomallissa ei huomioitu rakennuksia. Mallissa ei ole huomioitu metsäkasvillisuutta melua vaimentavana tekijänä. Metsäkasvillisuus (puusto yms.) voi vaimentaa melua, mikäli kasvillisuusvyöhyke on riittävän korkea ja syvyys on suuri. Kuitenkin ympäristömeluarvioinneissa pääsääntöisesti kasvillisuuden vaikutusta ei oteta huomioon, koska vyöhykkeiden pysyvyydestä ei voida olla varmoja (esim. puuston avohakkuut). Myöskään laskentamallien kyvystä huomioida luotettavasti puuston vaikutus melun etenemiseen oikein ei ole vielä riittävästi tutkittua tietoa.

Hankealueella tuulivoimalan suunniteltujen sijaintipaikkojen ja kaikkien kolmen kilometrin etäisyydellä laitoksista sijaitsevien asuintalojen ja loma-asuntojen välinen maanpinnan korkeusero oli alle 60 metriä, joten ympäristöministeriön ohjeessa 2/2014 mainittua korkeuseroon perustuvaa korjausta tuulivoimalaitosten äänitehotasoon ei tehdä.

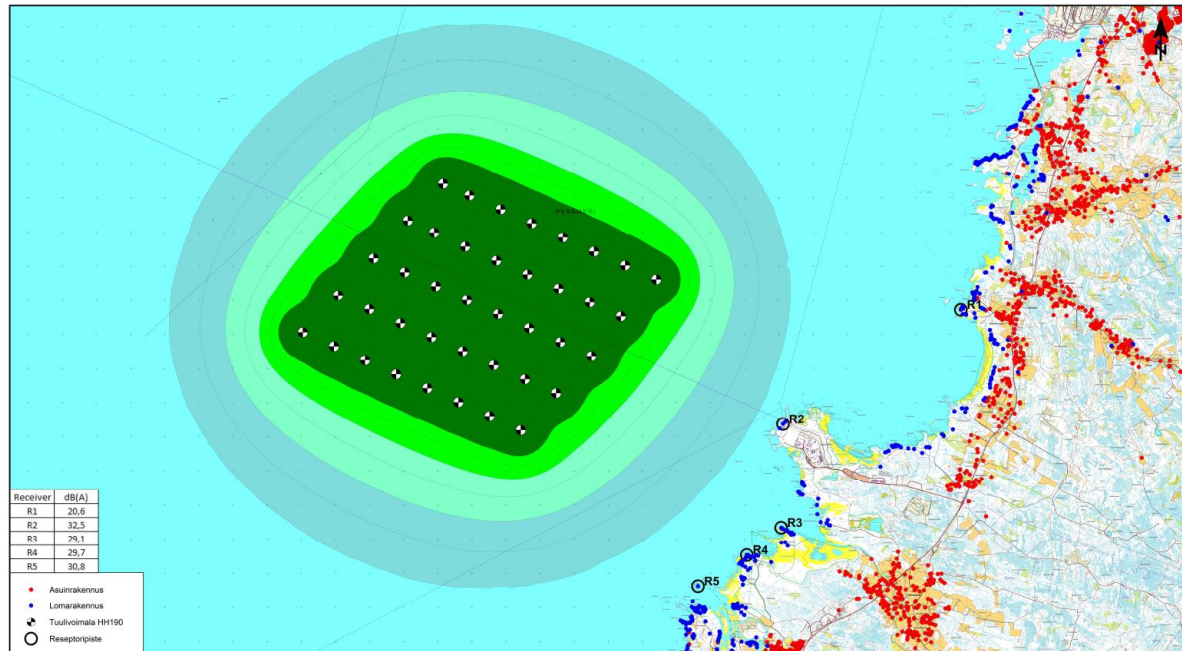
4. TULOKSET

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

4.1 Meluvyöhyke- ja reseptoritulokset

Hankealueen meluvyöhykkeet (A-painotettu keskiäänitaso) on esitetty liitteessä 2. Kaikki asuin- ja lomarakennukset jäävät 40 dB melualueen ulkopuolelle.

Meluvyöhykkeet ovat keskiäänitasoja tilanteessa, jossa tuulivoimalaitokset tuottavat suurimman mahdollisen melupäästön koko päivä- tai yöajan. Todellisuudessa tuulennopeus vaihtelee päivä- ja yöaikana ja todellinen päivä- tai yöajan keskiäänitaso vaihtelee sen mukaisesti. Myös tuulen suunta vaikuttaa melun leviämiseen ja laskennassa tuulen oletetaan olevan myötätuuli kaikkiin suuntiin.



Kuva 1. Melulaskennan reseptoripisteet tuulivoima-alueen ympäristössä

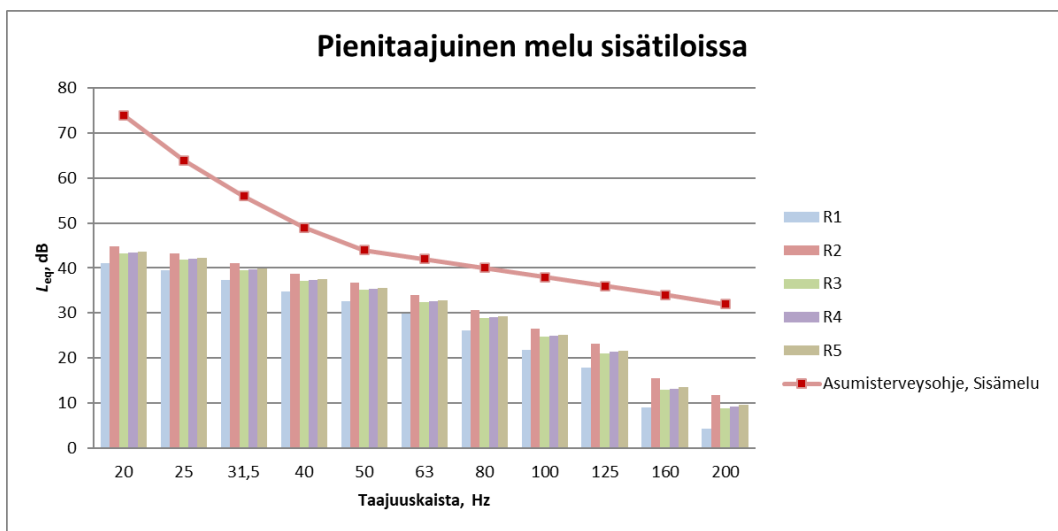
Taulukossa 4 on esitetty mallinnetut melutasot kuvassa 1 esitetyissä reseptoripisteissä. Myös reseptoripistelaskennat on tehty myötätuuliolosuhteessa ja suurimmalla melupäästöllä, jolloin melun leviäminen reseptoripisteen suuntaan on otollisinta.

Taulukko 4. Keskiäänitasot reseptoripisteissä

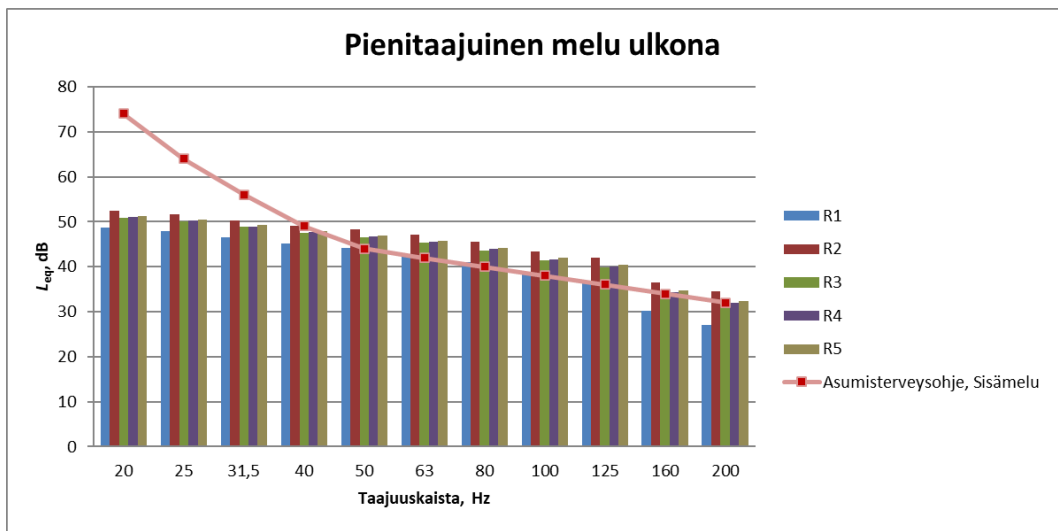
Reseptori	L_{Aeq} , dB
1	20,6
2	32,5
3	29,1
4	29,7
5	30,8

4.2 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuisen melun tasot terssikaistoittain laskettiin kuvassa 1 esitettyihin 5 reseptoripisteeseen, laskennan tulokset sis- ja ulkotiloissa on esitetty kuvissa 2 ja 3.



Kuva 2. Pienitaajuisen melun laskentatulokset reseptoripisteissä sisätiloissa



Kuva 3. Pienitaajuisen melun laskentatulokset reseptoripisteissä ulkona

Verrattaessa laskentatuloksia Asumisterveysasetuksen 545/2015 mukaisiin pienitaajuisen melun yöajan toimenpiderajoihin, ovat reseptoripisteissä ulkovaipalta vaadittavat äänitasoerot (ΔL) reseptoripisteissä välillä 50–200 Hz suurimmillaan 1-6 dB, jotta melu alittaa sisätilojen toimenpiderajat.

Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksen mukaiset ääneneristävyysarvot (äänitasoero ΔL) kuvaavat tilastollista estimaattia ilmaääneneristyskyvystä, joka ylittyy suomalaisten pientalojen tapauksessa 84 % todennäköisyydellä.

Kun huomioidaan ulkoseinän ääneneristävyys Turun ammattikorkeakoulun tutkimuksessa mainittujen arvojen mukaisesti, alittavat terssikohtaiset melutasot toimenpiderajat reseptoripisteessä

kaikkien terssikaistojen osalta. Tulokset osoittavat, että ympäristön rakennusten kohdalla normaalia rakentamistapaa vastaava ilmasteneristys riittää vaimentamaan tuulivoimalaitosten pienitaajuisen melun toimenpiderajojen alle. Tulosten perusteella voidaan myös todeta, että pienitaajuinen melu alittaa toimenpiderajat myös kauempana tuulivoimaloita, koska laskennan periaatteiden mukaan pienitaajuinen melu vaimenee etäisyyden kasvaessa.

5. TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Melun erityispiirteet ja häiritsevyysskorjaukset

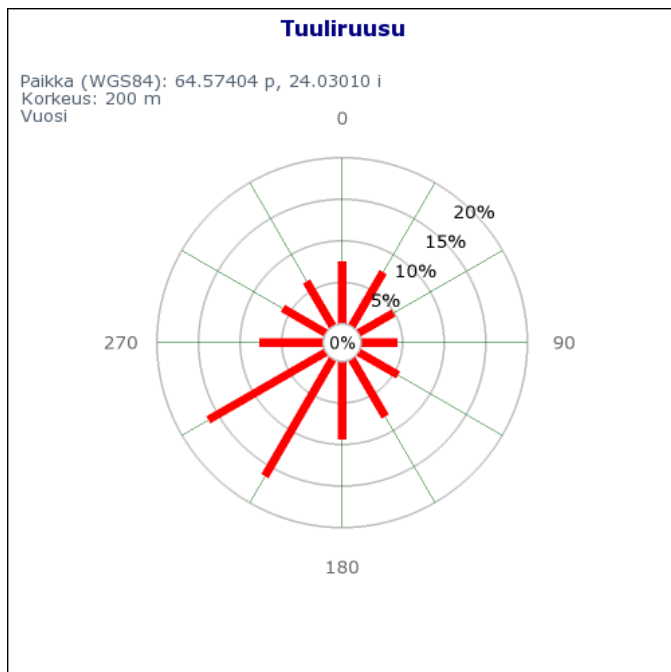
Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutasoista ei mallinnusvaiheessa edellytetä korjauksia tai kannanottoa mahdollisesta impulssimaisuudesta tai kapeakaistaisuudesta. Mahdollinen häiritsevyysskorjaus +5 dB tehdään valvonnan yhteydessä tehtävään mittaustulokseen, mikäli melun todetaan olevan kapeakaistaista ja/tai impulssimaista. Impulssimaisuuden ja kapeakaistaisuuden määrittäminen mittaustuloksesta tehdään YM:n ohjeessa "Tuulivoimaloiden melutason mittaaminen altistuvassa kohteessa" 4/2014 esitetyn mukaisesti.

Asetus ei sisällä korjausta merkityksellisestä sykinnästä (EAM, Excess amplitude modulation), koska sen määrittämiseen ei ole standardisoitua menetelmää. Tavanomainen tuulivoimalan äänitason vaihtelu (NAM, Normal amplitude modulation) on osa tuulivoimalaitoksen toimintaa ja sisältyy ohjeistukseen.

5.2 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 voimalan saavuttaessa tietyn tuulen nopeuden. 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 erittäin voimakasta. Todellinen päivä- ja yöajan keskiäänitaso laitosten ympärillä riippuu tarkastelujakson tuulisuudesta ja mallinnuksen mukaiset melutasot edustavatkin lähelle äänekäyntä mahdollista tilannetta.



Kuva 3. Tuuliruusu hankealueelta Suomen Tuuliatlaksesta

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

5.3 Melutasot verrattuna ohjearvoihin

YM:n mallinnusohjeen (2/2014) mukaan ohjearvovertailussa ei huomioida epävarmuutta, kun laskenta tehdään ohjeessa mainituilla parametreilla ja käyttäen valmistajan takaamia melupäästöarvoja (declared value tai warranted level). Tällöin melupäästön takuarvoon on sisällytetty koko laskennan epävarmuus. Tässä mallinnuksessa käytetyn voimalaitoksen melupäästöarvo ei sisällä valmistajan ilmoittamaa epävarmuutta, joten melupäästöön on lisätty ± 2 dB epävarmuuskorjaus.

Mallinnuksen mukaan tuulivoimalaitosten aiheuttama ulkomelutaso alittaa Valtioneuvoston asetuksen 1107/2015 ulkomelun päiväajan ohjearvon 45 dB ja yöajan ohjearvon 40 dB kaikkien asuin- ja lomarakennusten kohdalla.

Valtioneuvoston asetuksessa veloitetaan noudattamaan sisätilojen melun osalta Asumisterveysasetuksessa 545/2015 annettuja sisätilojen melun toimenpiderajoja. Tuulivoiman ulkomelun ohjearvoilla pyritään varmistamaan sisämelun osalta sallittujen arvojen täyttyminen.

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

Arvioidut sisämelun kokonaistasot ovat 545/2015 sisämelun yöajan toimenpiderajan $L_{Aeq\ 1h}$ 30 dB (tai $L_{Aeq\ 1h}$ 25 dB selvästi taustasta erottuvan melun osalta) alle.