

UPM-KYMMENE OYJ

Kristiinankaupungin Mikonkeitaan ja muiden tuulivoima-alueiden melun yhteisvaikutukset

Raportti



Sisällysluettelo

1	Säädökset	1
2	Lähtötiedot	3
3	Menetelmät	5
4	Tulokset	7

Liitteet:

Kohdekortit 24 kpl

Voimaloiden meluspektrikortit 8 kpl

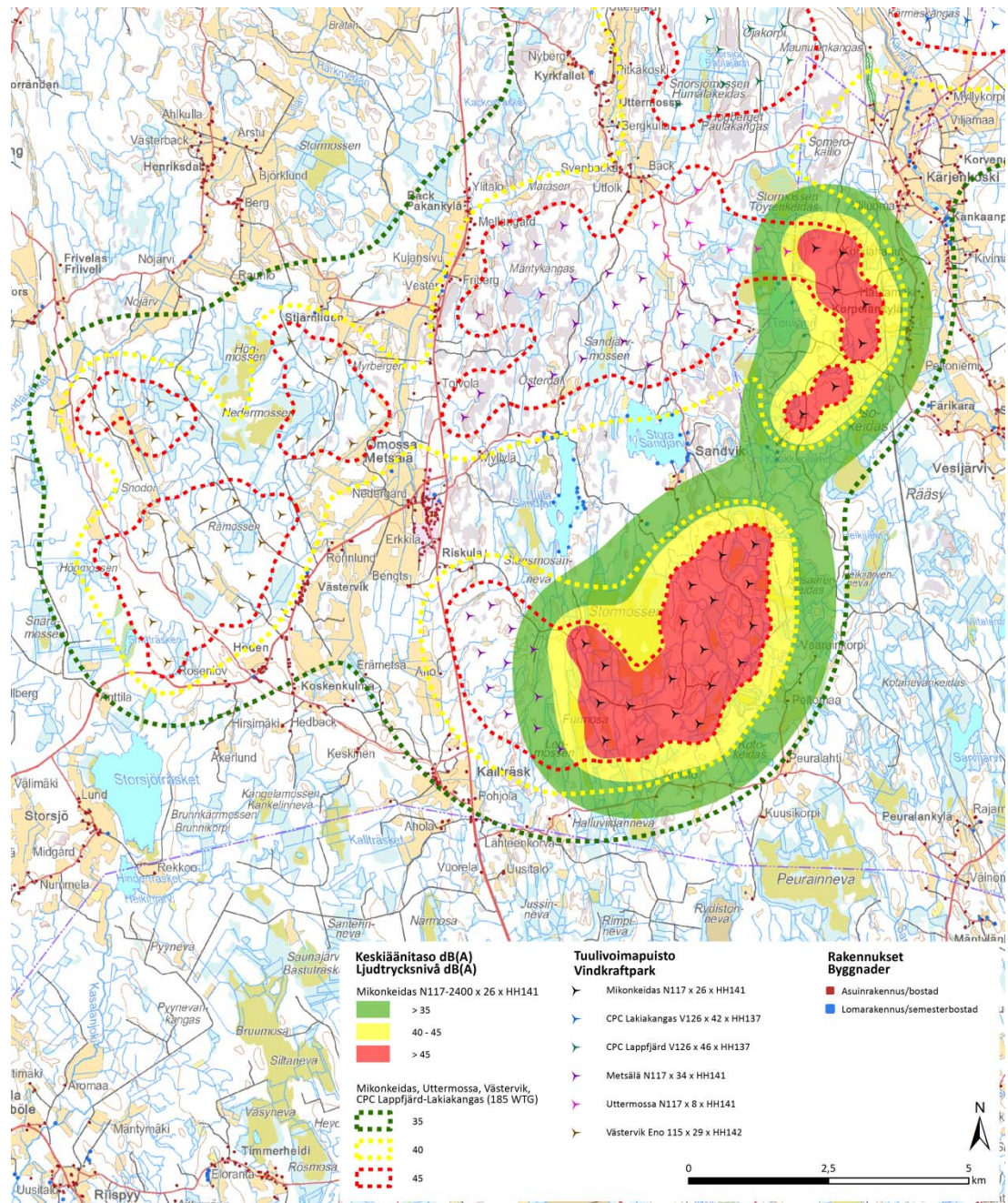
14.3.2014

Kristiinankaupungin Mikonkeitaan ja muiden tuulivoima-alueiden melun yhteisvaikutukset

1 Yleistä

Tässä työssä on selvitetty Mikonkeitaan tuulivoima-alueen ja muiden lähellä sijaitsevien tuulivoima-alueiden aiheuttaman melun yhteisvaikutuksia.

Kuva 1: Mikonkeidas ja läheiset tuulivoima-alueet



14.3.2014

Koko äänialueen kattavan ekvivalenttiäänitason laskemiseksi on ISO 9613-2 standardi, jonka pohjalta on valmiita melualuekarttoja tuottavia ohjelmistoja. Ympäristöministeriö on 28.2.2014 julkaissut ohjeen 2/2014 "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen" vuosina 2012-2013 toimineen työryhmän raportin VTT-R-04565-13 pohjalta. Siinä annetaan ohjeet laskentaparametrien asettamiseksi, jotta standardissa olevat puutteet tuulivoiman erityiskysymyksissä tulevat käsitellyiksi ja laskentatulokset on luotettava. Lisäksi siinä esitetään menettely matalataajuisen melun laskemiseksi. Ohje 2/2014 poikkeaa muutamassa yksityiskohdassa VTT raportin ehdotuksesta. Tämä työ on tehty ennen Ympäristöministeriön ohjeen julkaisua noudattaen VTT raportin suosituksia. Ympäristöministeriön ohjeen julkaisun jälkeen työ tarkistettiin ja havaittiin, että se täyttää myös Ympäristöministeriön ohjeen muuttuneiden kohtien vaatimukset.

2 Säädökset

Ympäristömelun yleiset ohjearvot on määritelty Valtioneuvoston päätöksessä 993/1992.

Taulukko 1: Yleiset melutasojen ohjearvot

Ulkona (VNp 993/1992)	L _{Aeq} , klo 7-22	L _{Aeq} , klo 22-7
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	50 dB ^{1) 2)}
Loma-asumiseen käytettävät alueet, leirintäalueet, taajamien ulkopuoliset virkistysalueet ja luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB ^{3) 4)}
<i>Sisällä</i>		
Asuin, potilas ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus ja kokoontumistilat	35 dB	-
Liike ja toimistohuoneet	45 dB	-

1) Uusilla alueilla on melutason yöohjearvo kuitenkin 45 dB.

2) Oppilaitoksia palvelevilla alueilla ei sovelleta yöohjearvoa.

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

4) Loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamassa voidaan kuitenkin soveltaa asumiseen käytettävien alueiden ohjearvoja.

Näiden lisäksi Sosiaali- ja terveysministeriön antamassa Asumisterveysohjeessa: 2003 on määritelty matalataajuisen melun ohjearvot asuinhuoneissa. Tulevan uuden Ympäristönsuojelulain nojalla säädettävän ja valmistelussa olevan Asumisterveysasetuksen ohjearvot matalataajuiselle melulle pysyvät tämän hetkisten tietojen mukaan ennallaan.

Taulukko 2: Matalataajuisen melun ohjearvot asuinhuoneissa ilman taajuuspainotusta

Terssikaista Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Keskiaäänitaso L _{Zeq,1h} , dB	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Edellisestä laskettu keskiaäänitaso painotettuna A- L _{Aeq,1h} , dB	24	19	17	14	14	16	18	19	20	21	21

14.3.2014

Ympäristöministeriön ohje 4/2012 Tuulivoimarakentaminen ehdottaa asetuksessa määrättyjä tiukempia ohjearvoja tuulivoimamelulle.

Taulukko 3: YM ohje 4/2012 ehdotus tuulivoimamelun ohjearvoiksi

Ulkona	L_{Aeq} , klo 7-22	L_{Aeq} , klo 22-7
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet, loma-asumisalueet taajamissa	45 dB	40 dB
Loma-asumiseen käytettävät alueet taajamien ulkopolella, leirintäalueet ja luonnonsuojelualueet	40 dB	35 dB ¹⁾
muilla alueilla	ei sovelleta	ei sovelleta

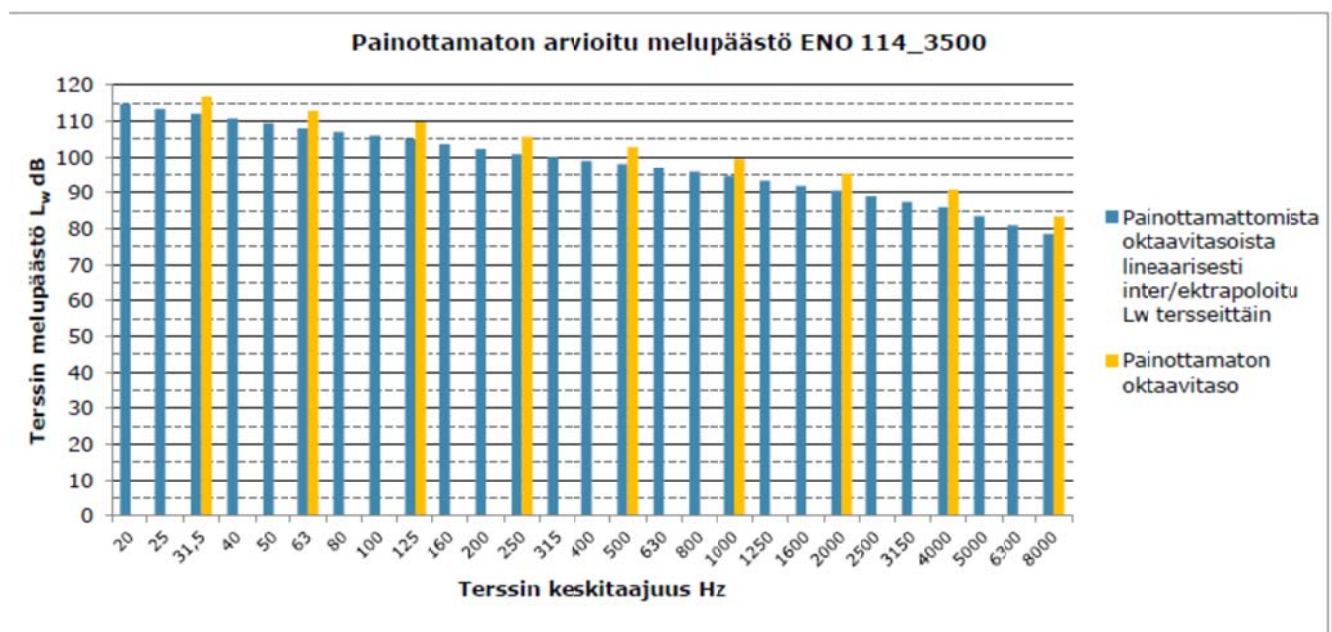
1) Yöohjearvoja ei sovelleta luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä luonnon tarkkailuun tai oleskeluun yöaikaan

Oikeuskäytännössä ne tällä hetkellä kuitenkin häviävät asetustasoisille määräyksille ohjearvoista.

3 Lähtötiedot

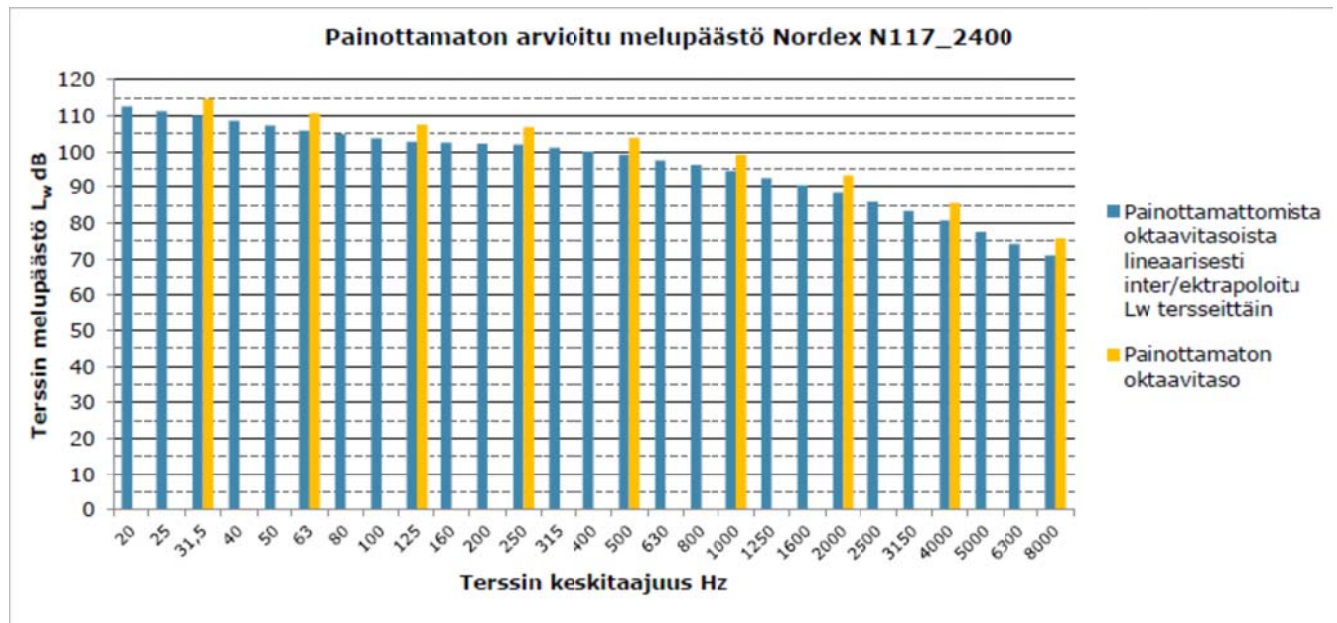
Tuulivoimaloiden melupäästötiedot saatiin valmistajalta. Saatu aineisto ei kuitenkaan kattanut alle 63 Hz taajuuksia ja se oli ainoastaan oktaavikaistoittain. Siksi ensin laskettiin meluspektrin arvot oktaaveittain ilman A-taajuuspainotusta. Tämän avulla laskettiin interpoloimalla terssiarvot siten, että kunkin oktaavin kokonaistaso pysyi samana. Edelleen laskettiin ekstrapoloimalla taajuuksien 20-63 Hz terssitasot. Ekstrapolointi voidaan tehdä, sillä painottamaton terssispektri noudattaa melko hyvin $1/f^n$ jakaumaa, mikä on tyypillinen jaksoittaista pulssia synnyttävän lähteen aikaansaama spektri.

Kuva 2: Oktaaveittain ilmoitettu melupäästö ja arvioitu melupäästö tersseittäin e.n.o

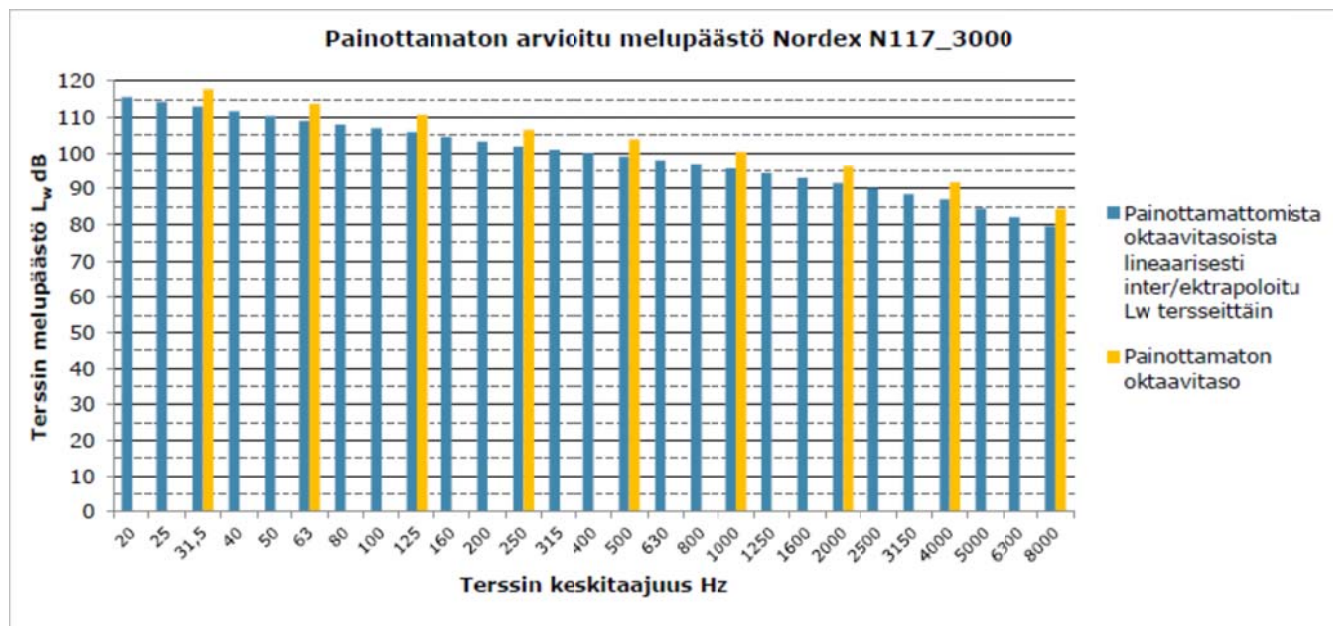


14.3.2014

Kuva 3: Oktaaveittain ilmoitettu melupäästö ja arvioitu melupäästö tersseittäin N117-2400

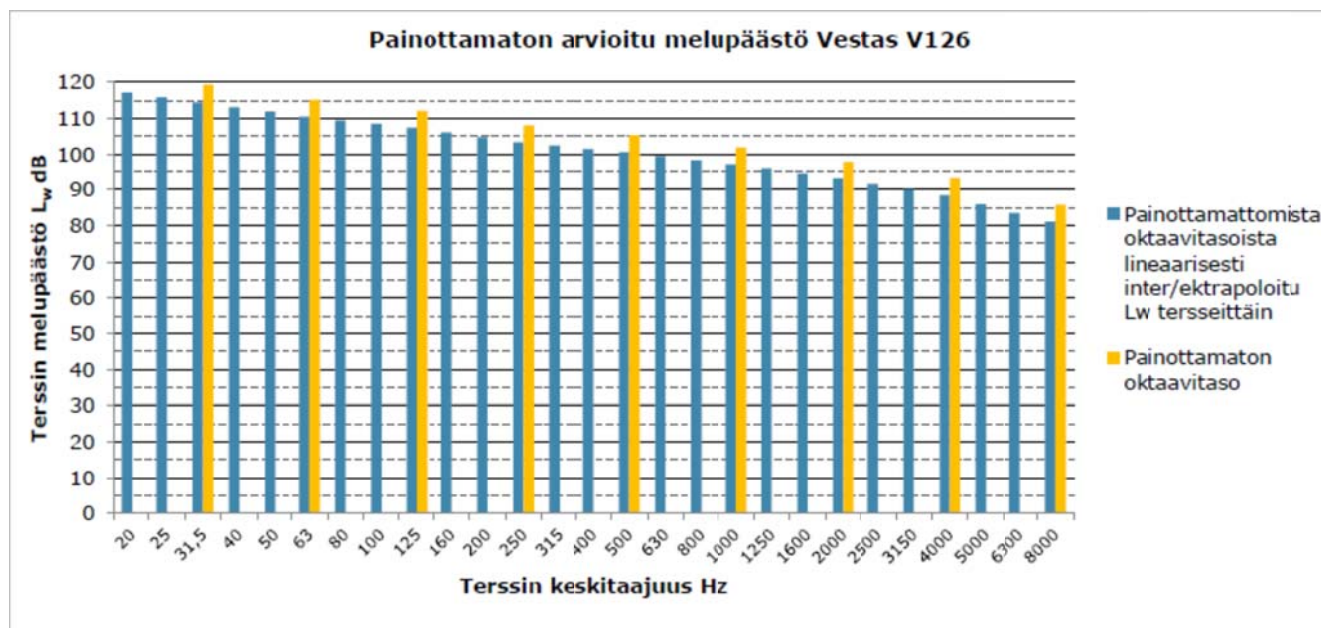


Kuva 4: Oktaaveittain ilmoitettu melupäästö ja arvioitu melupäästö tersseittäin N117-3000



14.3.2014

Kuva 5: Oktaaveittain ilmoitettu melupäästö ja arvioitu melupäästö tersseittäin Vestas



4 Menetelmät

Yksittäisen tuulivoimalan melu vaimenee vähintään 6 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa. Vaimenemaa lisää etenkin korkeammilla taajuuksilla ilmakehän absorptio. Maaperästä ja varsinkin vedestä heijastuva ääniaalto voi taas nostaa äänitason edellä lasketusta. Vaikutus riippuu myös taajuudesta sekä äänilähteen korkeudesta ja äänitaso voi nousta enimmillään 6 dB matalimmilla taajuuksilla, mutta vaikutus pienenee muuttuen vaimennukseksi korkeilla taajuuksilla. Lisäksi maaston muodot voivat tuoda lisävaimennusta.

Ympäristöministeriön asettama työryhmä laati vuonna 2013 ohjeistuksen tuulivoimamelun mittaamisesta ja laskennallisesta selvityksestä. Ehdotus on VTT raportissa VTT-R-04565-13 Ehdotus tuulivoimamelun laskentalogiikkaan ja parametrien valintaan.

Ympäristöministeriön ohje 2/2014 "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen" ei tässä työssä aiheuta muutoksia VTT raportin menetelmiin ja siten tässä työssä ennen ohjeen voimaantuloa VTT raportin mukaisesti lasketut tulokset noudattavat myös ohjetta 2/2014.

Menetelmä sisältää oletuksen rakennusten ulkovaipan ääneneristävyydestä. Koska etenkin loma-asunnoissa on ääneneristävyydessä suuria vaihteluita, on arviointiin lisätty myös äänitason vertailu ohjearvoon rakennuksen ulkopuolella.

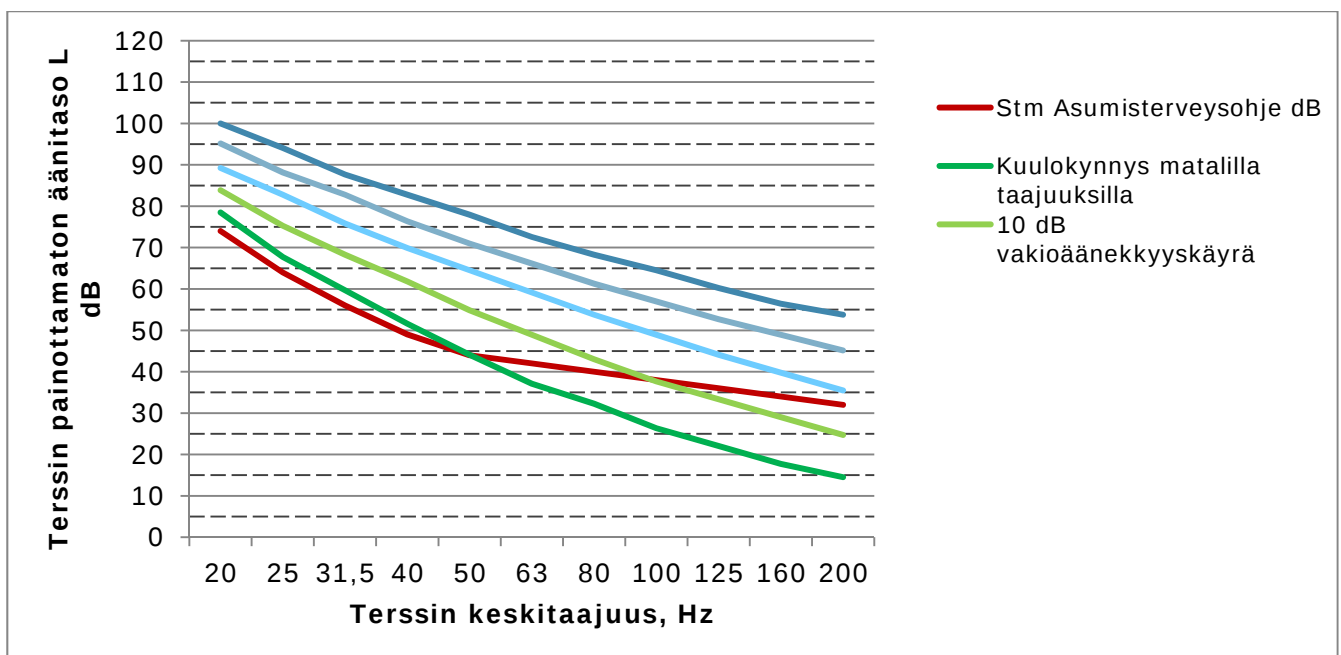
Ihmiskorva ei toimi matalilla taajuuksilla ja äänenvoimakkuuksilla lineaarisesti. Matalat ja korkeat äänet aistitaan yleensä keskitaajuisia ääniä heikommin. Tätä varten äänitason mittaamisessa käytetään A-painotusta, joka noudattelee melko hyvin ihmiskorvan samansuuruusarvoiseksi kokemien eri taajuuksien äänien äänitason. Varhaisin tutkimus asiassa tehtiin 1933, Fletcher- Munson -käyrästä ja myöhemmin täydentävien tutkimusten perusteella laadittiin vakioäännekkäyskäyrät

14.3.2014

ISO 226 standardissa. Sen uusin versio on vuodelta 2003. Uudemman tutkimuksen perusteella todettiin, että matalat äänet aistitaan matalilla äänitasoilla heikommiksi, mitä aiemmin on oletettu. A-painotus laadittiin mukaillen vanhempaa 40 dB vakioäänekkyysskäyrää. Kun verrataan A-painotusta ISO226:2003 vakioäänekkyysskäyriin, havaitaan, että se noudattaa hyvin 60 dB käyrää.

Oheisessa käyrästä on esitetty äänitasoja ilman A-painotusta matalilla äänillä. Tumman vihreä käyrä alimpana on ihmisen kuulokynnys, jota heikompia ääniä ei havaita eikä niillä ole tutkimuksissa todettu olevan muutakaan vaikutusta ihmiseen. Muut vihreät ja siniset käyrät ovat vakioäänekkyysskäyriä. Esimerkiksi 40 dB vakioäänekkyysskäyrä kuvaa eri taajuuksilla äänenvoimakkuuden, joka aistitaan yhtä voimakkaaksi kuin 40 dB ääni 1 kHz taajuudella. Käyrät ovat 10 dB välein, mutta lähenevät toisiaan matalilla taajuuksilla. Siten esimerkiksi ihmisen kuuloalueen alarajana yleensä pidetyn 20 Hz kohdalla heikoimman kuultavan äänen taso on liki 80 dB mutta tätä vain 20 dB voimakkaampi ääni aistitaan 40 dB voimakkaammaksi. Ilmiön takia eräissä äänentoistolaitteissa on Loudness-kytkin, jonka avulla pienillä äänenvoimakkuuksilla voidaan voimistaa matalataajuisia ääniä ja musiikki saadaan kuulostamaan luonnolliselta, kun ilman kytkentää bassoäänet kuuluvat suhteessa liian heikosti.

Kuvaaja 1: Matalien äänien vakioäänekkyysskäyriä ja Stm Asumisterveysohjeen ohjearvot



A-painotus pienillä äänenvoimakkuuksilla liioittelee matalien äänien vaikutusta mutta suurilla äänenvoimakkuuksilla, kuten räjähdyksistä tulee, vähättelee. Tuulivoiman ympäristömelun arvioinnissa nykyisten ja ehdotettujen ohjearvojen kanssa A-painotus on käyttökelpoinen. Koska A-painotus perustuu standardiin, voidaan äänitaso tersseittäin tai oktaaveittain muuntaa painotetuksi tai painottamattomaksi tarpeen mukaan.

Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeessa annetut ohjearvot matalataajuiselle äänelle pätevät asuinhuoneissa ja on annettu ilman A-painotusta. Kuten oheisesta käyrästä havaitaan, on ohjearvo 200Hz taajuudella noin 15 dB äänekkyydellä, mutta 50 Hz ja sen alle vaaditaan jo äänen kuulumattomuutta.

14.3.2014

Äänitason määrittäminen asuinhuoneessa on tarkan lopputuloksen saamiseksi tehtävä yksilöllisesti. Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyys riippuu rakenteista ja etenkin mahdollisista tuuletusaukoista, ikkunoista ja ovista ja niiden suhteesta seinän kokonaispinta-alaan. Lisäksi ääneneristävyys vaihtelee äänen taajuuden mukaan. Asuinhuoneen äänitasoon vaikuttaa lisäksi huoneen tilavuus, äänelle altistuvan seinän pinta-ala sekä huoneen sisustuksen absorptio. Nämäkin vaihtelevat taajuuden mukaan. Siten tässä käytetty vaimennuksen arvo on keskimääräinen ja yksittäistapauksissa todellinen arvo voi vaihdella tästä.

5 Tulokset

Esitetyllä voimalatyypillä ja voimaloiden sijoituksilla ei yhdessäkään asuinkiinteistössä asuinhuoneille asetettu matalien taajuuksien ohjearvo ylittynyt, mutta muutamissa äänitaso oli ohjearvon tasoa. Voimakkain suhteessa ohjearvoon kaikissa rakennuksissa sisällä näiden laskelmien mukaan on 50 Hz terssi, jonka äänitaso on lomarakennus A:ssa 0,5 dB alle sille annetun ohjearvon.

Matalien äänien äänitaso on kaikissa rakennuksissa sisällä voimakkaimmillaan näiden laskelmien mukaan 200 Hz taajuudella 14 dB yli kuulokynnyksen.

Jos matalien äänien voimakkuutta arvioidaan rakennusten ulkopuolella, ovat matalien äänien äänitasot pahimmillaan 18 dB sisäohjearvon yläpuolella taajuudella 200 Hz. Tällä taajuudella rakennuksen ääneneristävyys yleensä on jo matalimpia taajuuksia parempi eikä tämä taajuus ole kriittisin.

Taulukko 4: Äänekkäimpien terssien tasot verrattuna Stm Asumisterveysohjeen ohjearvoihin sisällä ja kuulokynnykseen

Rakennus	Äänitaso ulkona		Äänitaso sisällä		Kuuluvuus sisällä	
	$L_{eq,1h}$ - ohjearvo sisällä	Hz	$L_{eq,1h}$ - ohjearvo sisällä	Hz	$L_{eq,1h}$ - kuulokynnys	Hz
Lomarakennus A (Tönijärvi)	17,7	200	-0,5	50	14,0	200
Lomarakennus B (Tönijärvi)	16,7	200	-1,7	50	13,0	200
Lomarakennus C (Tönijärvi)	15,9	200	-2,7	50	12,2	200
Asuinrakennus D (Rantamäki)	16,9	200	-1,2	50	13,2	200
Lomarakennus E (Stora Sandjärv)	15,7	200	-2,4	50	12,0	200
Lomarakennus F (Stora Sandjärv)	15,4	200	-2,7	50	11,7	200
Lomarakennus G (Stora Sandjärv)	14,6	200	-3,6	50	10,9	200
Lomarakennus H (Stora Sandjärv)	14,4	200	-3,9	50	10,7	200
Lomarakennus I (Stora Sandjärv)	14,3	200	-4,1	50	10,5	200
Asuinrakennus J (Sandvik)	14,1	200	-4,4	50	10,4	200
Lomarakennus K (Kaakkoolammi)	14,3	200	-4,4	50	10,6	200
Lomarakennus L (Kaakkoolammi)	14,2	200	-4,5	50	10,5	200
Lomarakennus M	14,0	200	-4,7	50	10,3	200

14.3.2014

(Kaakkoolampi)						
Asuinrakennus N (Gransten)	14,3	200	-4,4	50	10,6	200
Asuinrakennus O (Bergvik)	14,2	200	-4,4	50	10,5	200
Lomarakennus P (Lilla Sandjärv)	13,9	200	-4,4	50	10,2	200
Lomarakennus Q (Lilla Sandjärv)	14,0	200	-4,3	50	10,3	200
Lomarakennus R (Lilla Sandjärv)	14,4	200	-4,0	50	10,7	200
Asuinrakennus S (Kallioniemi)	13,3	200	-5,7	50	9,6	200
Asuinrakennus T (Kivistö)	13,1	200	-6,0	50	9,4	200
Asuinrakennus U (Peltomaa)	13,1	200	-6,1	50	9,4	200
Asuinrakennus V (Vaarainkorpi)	12,7	200	-6,4	50	9,0	200
Asuinrakennus W (Korpela)	14,2	200	-4,6	50	10,5	200
Asuinrakennus X (Korkiaharju)	14,5	200	-4,1	50	10,7	200

Yksityiskohtaiset tulokset ovat rakennuksittain tarkasteltavissa liitteenä olevissa kohdekorteissa.

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy

Hyväksynyt:

Laatinut:

Mauno Aho
projektipäällikkö, insinööri