VOIMALAITOKSEN PAKOKANAVAN PIENTAAJUUSMELUPÄÄSTÖ JA RAJA-ARVOJEN HAASTEET

Mikko Matalamäki, **Virpi Hankaniemi**, **Esa Nousiainen**

Wärtsilä Finland Oy
PL 252
65101 VAASA
etunimi.sukunimi@wartsila.com

Tiivistelmä

Nykyisestä energiatuotannon hajautumisen trendistä johtuen voimalaitoksia halutaan rakentaa lähelle asutusta. Tyypillisesti voimalaitoksen pakoputken pään melupäästölle on asetettu pelkkä A-painotettu äänitehotason raja. Kehittyneissä maissa, kuten Saksassa, on tiukat ja yksityiskohtaiset meluimmissiorajat, jotka on määritetty terssikaistoittain melun häiritsevyyden vähentämiseksi.

Saksaan toimitettavassa voimalaitoksessa pakoputkiston pään pientaajuusmelupäästölle on määritetty standardin DIN 45680 mukaiset terssikaistakohtaiset rajat, jotka pohjautuvat ihmisen kuulokynnykseen matalilla taajuuksilla ja tapauskohtaiseen etäisyyteen pakoputkiston päästä lähimpään mahdollisesti häiriintyvään kohteeseen. Tämän voimalaitoksen pakokanavan pientaajuusmelupäästön suunnittelu ja melupäästörajojen määrittämisen eteneminen kerrotaan tässä esityksessä.

1 JOHDANTO

Saksassa on käynnissä kansallinen ohjelma, jolla rahallisesti tuetaan yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuoton kaasuvoimalaitosten tuottamaa sähköä. Perusteena ohjelmalle on halu päästä eroon saastuttavasta kivihiilestä ja tukea uusiutuvien energiantuottomuotojen kasvavaa osuutta rakentamalla ympäristöystävällistä ja nopeaan reagointiin kykenevää energiantuottokapasiteettia. [1] Wärtsilä on rakentanut kaksi tämänkaltaista voimalaitosta Saksaan ja kolmas on suunnitteluvaiheessa.

Saksassa on asetettu uusille voimalaitoksille verrattain tiukat ja yksityiskohtaiset melurajat ja -vaatimukset. Vaatimukset pohjautuvat paikalliseen melulainsäädäntöön ja vaihtelevat kaupunki- ja laitoskohtaisesti. Uuden laitoksen meluimmission kokonaistaso täytyy olla 6...12 dB(A) alhaisempi kuin melulainsäädännön raja-arvo lähimmän häiriintyvän kohteen luona. Lopulta paikallinen viranomainen määrittää vaaditun raja-

© 2019 Mikko Matalamäki, Virpi Hankaniemi ja Esa Nousiainen. Tämä on avoimesti julkaistu teos, joka noudattaa Creative Commons NIMEÄ 4.0 Kansainvälinen –lisenssiä (CC BY 4.0). Teosta saa kopioida, levittää, näyttää ja esittää julkisesti ja siitä saa luoda johdannaisteoksia, kunhan tekijän nimi ja lähde mainitaan asianmukaisesti.

arvon. Koska etäisyyttä lähimpään mahdollisesti häiriintyvään kohteeseen ei ennalta tiedetä, vaatimukset voivat poiketa merkittävästi eri voimalaitosten välillä.

2 PIENTAAJUUSMELUPÄÄSTÖN RAJA-ARVOT HUOMIOON OTTAVA SUUNNITTELU

Kirjoituksessa tarkastellaan Saksaan rakenteilla olevaa kokonaisteholtaan 90 MW kahdeksan Wärtsilä W20V31SG-moottorin voimalaitosta. Tyypillisesti voimalaitosprojektissa pakoputken pään melupäästölle on asetettu A-painotetun kokonaisäänitehotason raja ilman taajuuskaistakohtaisia raja-arvoja. Tässä projektissa oli lisänä teknisesti vaativampana raja-arvona pakoputken pään terssikaistakohtainen äänitehotaso taajuusalueella 12.5...80 Hz. Raja-arvo perustuu projektin ympäristölupahakemuksen ympäristömelulaskentaan ja standardiin DIN 45680. Ehtona on, että meluimmissio lähimmässä mahdollisesti häiriintyvässä kohteessa on jokaisella tarkasteltavalla terssikaistalla alle ihmisen kuulokynnyksen, jolloin voidaan todeta että pientaajuusmelu ei tule olemaan kuultavissa eikä siten ei ole häiritsevää.

Huomionarvoista on, että pientaajuusmeluvaatimus koskee nimenomaan asujaimistojen sisätiloja. Vaadittu terssikaistakohtainen äänenpaine on esitetty taulukossa 1 alla.

Taulukko 1: Kuulokynnys terssikaistan keskitaajuuden funktiona. [2]

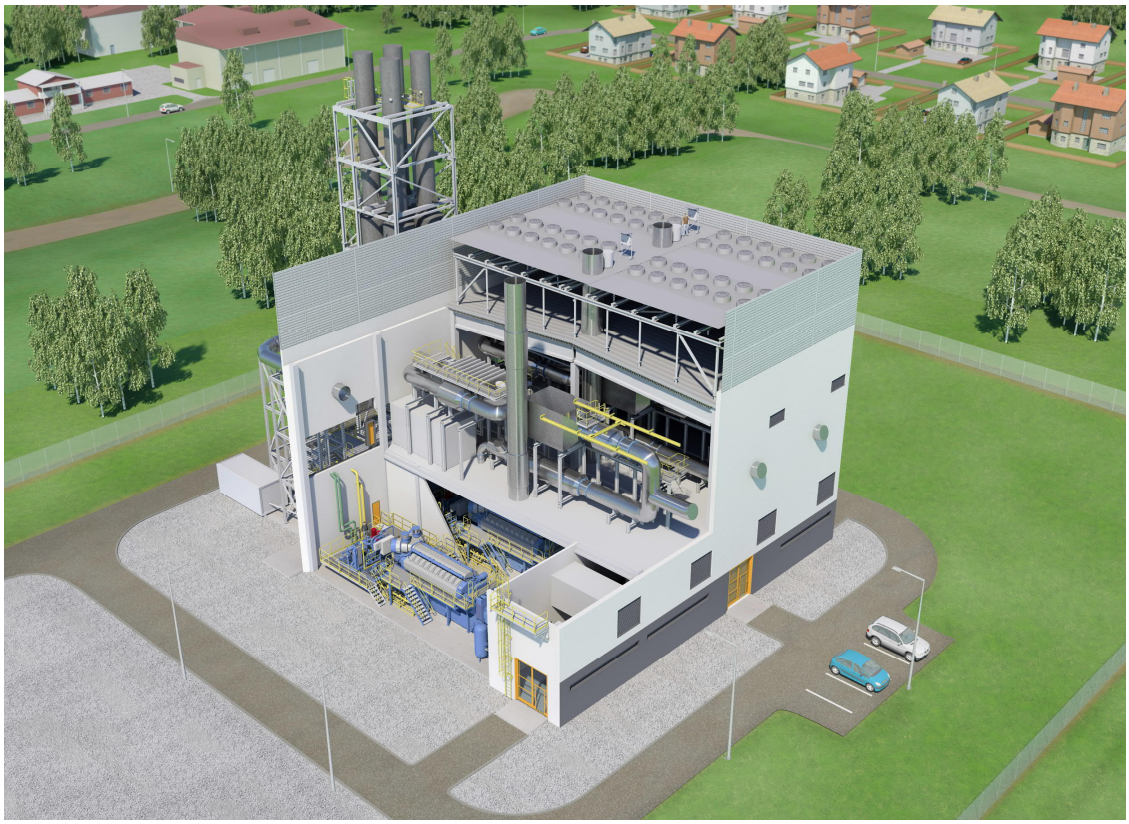
Centre frequency of third-octave band, in Hz	Hearing threshold level, L_{HS}, in dB
8	103
10	95
12,5	87
16	79
20	71
25	63
31,5	55,5
40	48
50	40,5
63	33,5
80	28
100	23,5

NOTE 1: The values given for frequencies of 20 Hz and higher correspond to the values represented in the hearing threshold curves given in DIN 45630-2. The values for the lower frequencies are taken from [3] and [4] (cf. Explanatory notes).
NOTE 2: Third-octave bands with centre frequencies of 8 Hz or 100 Hz should only be considered in the special case described in subclause 3.1.

Wärtsilän voimalaitossuunnitelussa on ennenkin otettu pientaajuus- ja infraäänet huomioon häiritsevyyden kannalta, mutta ei terssikohtaisina raja-arvoina [3]. Projektikohtaiset raja-arvot eivät usein ole täydellisesti ennakoitavissa, johtuen yksityiskohtaisen tiedon puutteesta. Esimerkiksi lähimpien häiriintyvien kohteiden

sijaintia ei tiedetä. Lisähaaste tässä tapauksessa on se, että W20V31SG moottori on uusi, eikä sitä ole aiemmin käytetty voimalaitoksen rakentamiseen.

Saksaan rakennettavat mäntämoottorivoimalaitokset suunnitellaan siten, että kaksikerroksisessa voimalaitosrakennuksessa alempaan kerrokseen on sijoitettu moottori apulaitteineen ja ylempään kerrokseen pakokaasukomponentit, mukaan lukien äänenvaimentimet. Kaksikerroksista pakokaasukomponentit sisätiloissa sisältävää ratkaisua käytetään muun muassa pienemmän melupäästön ja tilansäästön vuoksi. [4]



Kuva 1: Periaatekuva tyypillisestä Saksaan rakennettavasta voimalaitoksesta. [5]

Pakokanavaan on asennettu kolme äänenvaimenninta melupäästön pienentämiseksi. [6] Projektissa käytettävistä pakokaasuvaimentimista osan toiminta on testattu mittaamalla vaimennintoimittajan tehdastiloissa. Projektissa käytettävien katalyyttireaktorin ja pakokaasukattilan akustista toimintaa ei pienillä taajuuksilla tunneta tarkasti.

Pakokaasukanavan komponentit on asennettu kaksikerroksisen voimalaitosrakennuksen toiseen kerrokseen, noin 10 metrin korkeudelle maan pinnasta. Jos mitoitus epäonnistuu ja laitoksen käynnistyessä raja-arvoihin ei päästä, on muutosten tekeminen erittäin vaikeaa ja kallista. Toisaalta, äänenvaimentimen akustinen ylimitoitus lisää kustannuksia tarpeettomasti ja vie tilaa.

3 PIENTAAJUUSMELUPÄÄSTÖN MÄÄRITTÄMINEN JA LASKENTA

Voimalaitosprojektin myyntivaiheessa sopimuksessa oli mainittu terssikaistakohtainen pientaajuusäänitehoraja, jonka perusteella pakokaasujärjestelmä vaimentimineen suunniteltiin. Pientaajuusrajojen määrittely perustui akustiikkakonsultin laskentaan standardin DIN 45680 pohjalta. Vaadittuja raja-arvoja voitiin pitää tiukkoina mutta realistisina, ja alkuvaiheen laskelmien mukaan raja-arvot olivat saavutettavissa kohtuullisilla ratkaisuilla.

Alle kaksi viikkoa ennen kaupan syntyä ilmi tulivat kaupungin viranomaisten asettamat, huomattavasti tiukemmat raja-arvot. Raja-arvot olivat terssikaistasta riippuen jopa lähes 40 desibeliä alhaisemmat kuin sopimuksessa olleet raja-arvot. Lisäksi tarkastelu ulottui aiempaa laajemmalle alueelle, terssikaistoille 8...100 Hz. Oli välittömästi selvää, että nämä raja-arvot eivät olleet tarkoituksenmukaisia uudelle voimalaitokselle.

Asiakkaalta saatu tieto oli, että kaupungin viranomaisilla oli ollut lähihistoriassa negatiivisia kokemuksia pientaajuusmelusta. Uusilla raja-arvoilla oletettavasti haluttiin varmistaa, että pientaajuusmelu ei varmasti häiritse asukkaita. Koska aikaa ei ollut riittävästi haastamaan viranomaisten näkemystä sopimuksen loppuvaiheen neuvottelujen aikataulusta johtuen, tulevan asiakkaan kanssa sovittiin, että asiasta sovitaan yksityiskohtaisesti myöhemmin.

Wärtsilän voitettua voimalaitoskaupan alkoi kaupungin viranomaisten kanssa monivaiheinen neuvottelu sovellettavista pientaajuisen melun raja-arvoista. Wärtsilän ehdotukset sovellettavasta raja-arvosta perustuivat standardiin DIN 45680 ja pakoputken pään melupäästöön. Tavoite oli riittävän alhainen melutaso kuulokynnykseen verrattuna häiriintyvässä kohteessa.

Kielimuuri, monen eri tahon osallistuminen ja epäsuora kommunikointikanava projektiryhmän ja asiakkaan kautta hankaloittivat neuvotteluita. Neuvottelun aikana keskusteltiin myös siitä, voidaanko voimalaitosprojektia toteuttaa ollenkaan, jos viranomaisten määräämät raja-arvot eivät ole realistisesti saavutettavissa.

Wärtsilä oli aiemman voimalaitosprojektin yhteydessä konsultoinut Müller-BBM GmbH suunnittelutoimistoa saksalaiseen melulainsäädäntöön liittyen. Pienitaajuisen melun raja-arvo määritetään asuintalojen sisätilassa. Talon seinien vaikutus otetaan huomioon olettamalla että jokaisella terssikaistalla melu vaimenee 15 dB seinän vaikutuksesta. Tätä tason alenemaa ei hyväksytty otettavan huomioon lainkaan tässä projektissa, paikallisen käytännön vuoksi.

Raja-arvojen neuvottelun aikana koko pakoputkisto kaikkine komponentteineen mallinnettiin akustisella elementtimenetelmällä ja VA One -ohjelmistolla laskettiin siirtohäviö (transmission loss), jotta voitiin varmistua, ettei pakoputkiston vaimennusvasteeseen jää ”heikkoja kohtia”. Myöhemmin laskettiin samaa mallia hyödyntäen pakoputken pään melupäästö myös moottorin oikeita lähdeominaisuuksia hyödyntäen. Molempien mallinnusten tulokset näyttivät rohkaisevalta, mikä lisäsi uskoa järjestelmän toimivuuteen.

Viranomaisten kanssa päästiin lopulta yhteisymmärrykseen terssikaistatasoista, joihin molemmat osapuolet olivat tyytyväisiä. Lopulliset raja-arvot olivat silti 6...17 dB alhaisemmat kuin sopimuksessa alunperin olleet raja-arvot. Raja-arvojen laskun vuoksi

Wärtsilä päätyi lisäämään yhden reaktiivisen lisävaimentimen pakoputkistoon. Mitoituksen varmuusvaraa jouduttiin myös käytännössä pienentämään, ja olettamaan että kaikki lopulta toimii niin kuin on suunniteltu.

Voimalaitoksen on määrä käynnistyä kesällä 2021, jolloin nähdään, toimiiko pakokaasujärjestelmä akustisesti kuten on suunniteltu. Lisäksi eri moottorilla käyvästä vastaavantyyppisestä voimalaitoksesta on saatu melumittaustulokset, jotka vahvistavat uskoa tämän kaltaisen pakokaasujärjestelmän toimintaa kohtaan. Jos tämä toimii kuten on ennustettu, on voimalaitoksen pakomelupäästö todennäköisesti pienin, mitä Wärtsilän voimalaitoksissa on koskaan ollut.

4 YHTEENVETO

Wärtsilä suunnittelee paraikaa erittäin hiljaista voimalaitosta Saksaan. Pakoputken pään melupäästörajat ja niiden arviointi, laskenta sekä viranomaisten kanssa toiminta ja sopivien raja-arvojen neuvotteleminen osoittautuivat haastaviksi, mutta menestyksekkäiksi tehtäviksi. Neuvottelu siitä, mihin raja-arvot asetetaan, sisälsi monia haasteita. Lopputuloksena saatiin asetettua sitovat raja-arvot, joihin kaikki osapuolet ovat ainakin jokseenkin tyytyväisiä.

Lopullisten raja-arvojen on arvioitu olevan haastavat mutta toteuttamiskelpoiset. Laskennan tulokset ja onnistunut toteutus eri moottorilla antavat uskoa onnistumiseen tässäkin tapauksessa. Kokemukset laitoksesta ja meluteknisestä kehitysprosessista antavat ennennäkemättömän hyvät mahdollisuudet Wärtsilälle suunnitella erittäin hiljaisia, lähelle asutusta sijoitettavia voimalaitoksia.

VIITTEET

[1] Andersson, J. Flexibility is the new black, 2018. www.wartsila.com

[2] DIN 45680: 1997-03, Measurement and evaluation of low-frequency environmental noise. 8 sivua.

[3] Veijanen, V. et.al. Mäntämoottorivoimalaitoksen ympäristömelun psykoakustisia piirteitä. Akustiikkapäivät 2011.

[4] Oksanen, S. et.al. Wärtsilä ja akustiikka – Katsaus ajankohtaisiin haasteisiin. Akustiikkapäivät 2017, 56-62.

[5] Flexible combined heat and power & trigeneration solutions, 2019. https://www.wartsila.com/energy/explore-solutions/flexicycle-and-chp/combined-heat-and-power-(chp)-plants

[6] Tanttari, J. et.al. Pakoäänenvaimentimen kehitysprosessi. Akustiikkapäivät 2013, 67-72.