

JÄLKIASENNETTAVAT PROSESSITEOLLISUUDEN KANAVAVAIMENTIMET

**Mikko Matalamäki¹, Esa Nousiainen¹, Virpi Hankaniemi¹, Jouni Hartikainen²,
Joona Tuisku²**

¹ A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Pitkäkatu 37
65100 VAASA
etunimi.sukunimi@ains.fi

² JTK Power Oy
Teollisuustie 6
66600 VÖYRI
etunimi.sukunimi@jtk-power.com

Tiivistelmä

JTK Power Oy:lla on käynnissä elokuussa 2020 alkanut Business Finlandin rahoittama kaksivuotinen kehitysprojekti, jonka tavoitteena on yhdessä A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n kanssa kehittää uutta äänenvaimennusteknologiaa ja mahdollistaa JTK Power Groupin liiketoiminnan kasvu ja kestävyys. Tässä artikkelissa esitetään kolme esimerkkitapausta projektin aikana suunnitelluista ja toteutetuista olemassa oleviin kanaviin asennettavista vaimentimista. Ensimmäinen on Saint-Gobain Finland Oy/Isover eristetehtaan vesilaitoksen puhaltimien poistokanavaan suunniteltu äänenvaimennin, jonka puhaltimien kahdella eri lapataajuudella esiintyvää melupäästöä pyrittiin vaimentamaan. Toinen on yhden megawatin kokoluokan varavoimamoottori-toimittajan tarpeisiin suunniteltu, nykyistä selvästi parempi JTK Power Oy:n oma malli. Suunnittelussa korostui lopputuotteen kustannustehokkuus. Kolmas esiteltävä tapaus on Tanskaan kaasuturbiinivoimalaitokselle jo toimitettu pakokanavavaimennin, jonka erityispiirteinä olivat erittäin suuri koko, sekä kanavasovelluksessa poikkeuksellisen korkea kaasun lämpötila. Jokaisessa kolmessa esimerkkitapauksessa oli omat erityispiirteensä ja haasteensa, ja suunnittelulähtökohdat poikkesivat toisistaan. Kaikkiin kolmeen onnistuttiin suunnittelemaan ja yhteen jo toteuttaakin ylivertaiset ja asiakkaan tarpeet tyydyttävät vaimentimet.

1 JOHDANTO

JTK Power Oy on keskiraskas konepaja, joka valmistaa äänenvaimentimia, väestönsuojalaitteita, venttiili-istukkarenkaita ja niihin liittyviä tuotteita sekä tarjoaa mekaanista ja akustista palvelua. JTK Power Oy:lla on käynnissä A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n kanssa yhteinen elokuussa 2020 alkanut kehitysprojekti [1], jossa haetaan vaimennintuotevali-



© 2021 Mikko Matalamäki, Esa Nousiainen, Virpi Hankaniemi, Jouni Hartikainen ja Joona Tuisku. 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 johdannaisiteoksia, kunhan tekijän nimi ja lähde mainitaan asianmukaisesti.

koiman laajentamista ja siihen liittyen uudentyyppisiä asiakkuuksia, mm. prosessiteollisuudesta.

JTK Power Oy:n päätuote on kanavavaimentimet, joita käytetään yleensä prosessi- ja voimalateollisuudessa. Kanavien kaasu on yleensä pakokaasua, palamisilmaa tai prosessin jäteilmaa. Keskeisenä työkaluna vaimentimien suunnittelussa oli ANSYS- elementtimenetelmäohjelmisto, jota käytettiin erityisesti äänenvaimennuskyvyn suunnitteluun pientaajuusalueella. Vaimentimen suorituskyky varmistetaan ennen toimitusta kuusikanavaisella vaimentimen ääneneristävyyden ja siirtomatriisin mittauksella. Samalla mitataan virtaustekninen suorituskyky taajuusmuuttajaohjattua puhallintestijärjestelmää käyttäen.

2 VAIMENNINRATKAISUT

Kehitysprojektin aikana on kehitetty lukuisia uusia, innovatiivisia äänenvaimenninmalleja. Artikkelissa esitellään näistä kolme toisistaan poikkeavaa, uudentyyppistä suunnittelu- ja toimitusprojektia. Vaimentimien suunnittelussa hyödynnettiin artikkelissa [2] esitettyä suunnittelumenetelmää. Käytännössä mallinnus ja simulointi tehtiin ANSYS/Spaceclaim ympäristössä. Nämä ohjelmat yhdessä ovat osoittautuneet kokemuksen perusteella tässä sovelluksessa markkinoilla olevista käyttäjäystävällisiksi, tehokkaaksi ja varmaksi työkaluksi [3,4].

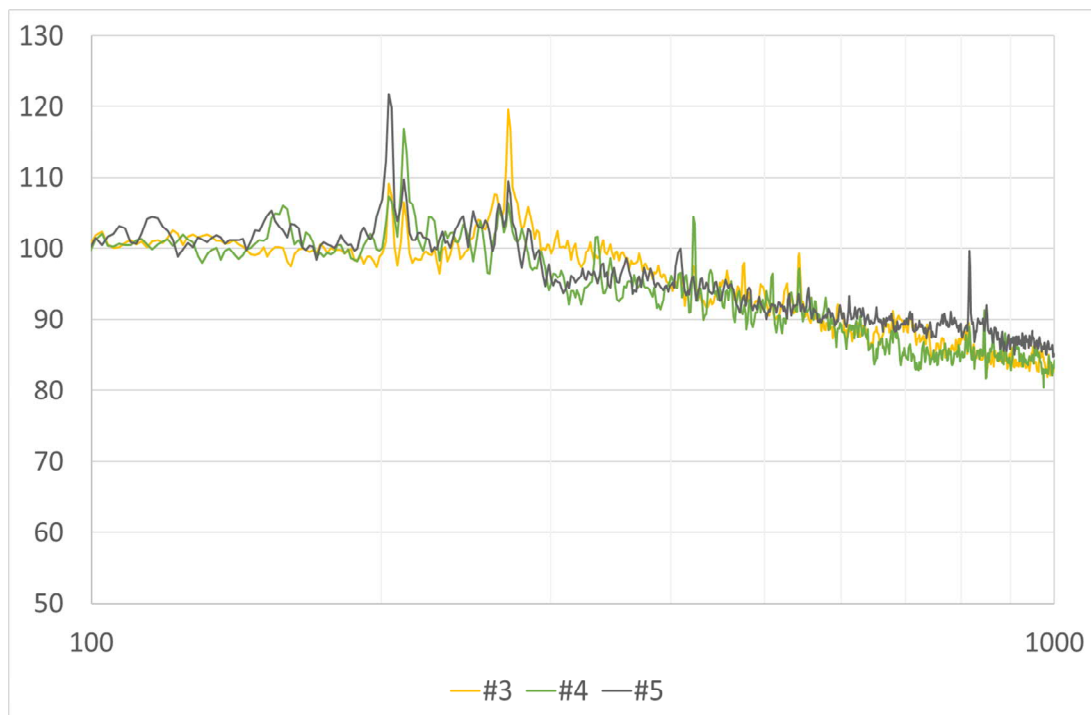
2.1 Vedenpoistopuhaltimen äänenvaimennin

Saint-Gobain Finland Oy/Isover eristetehdas oli saanut läheiseltä asuinalueelta valituksia ympäristömelusta. Tehtaan suunnitteluhenkilöstö epäili melulähteen olevan ns. vesilaitoksen imuripuhaltimien poistokanava. Mittaukset putkiston pinnoilla ja sisällä kanavassa verrattuna mittauksiin naapurustossa vahvistivat ilmiön olemassaolon: ympäristömelun taajuusjakauma vastasi hyvin puhaltimien lapataajuuksia (kuva 1).

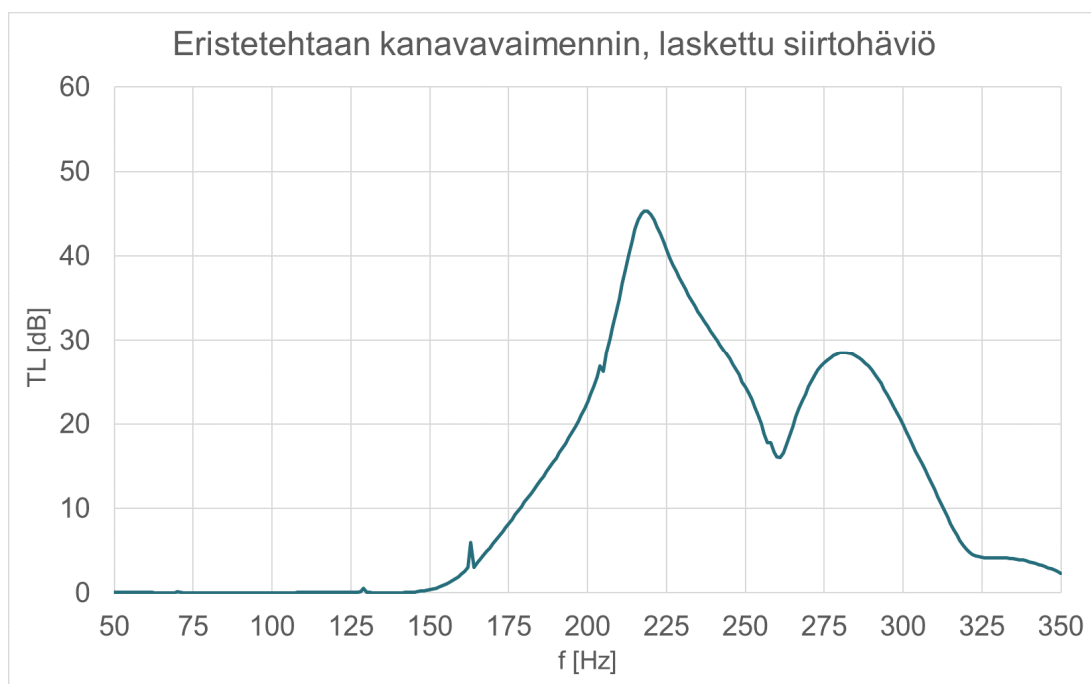
Imuripuhaltimia on neljä kappaletta, ja niiden poistokanavien putkistot yhdistyvät laitoksen katolla yhdeksi isommaksi pakoputkeksi, joka johdetaan korkean savupiipun kautta ilmaan. Poistokanavissa kulkeva kaasu on kosteaa ilmaa, lämpötila n. 40 °C. Kanavat ovat neliskanttisia, n. 800x1200 mm. Kanavien sisäiset äänenpainemittaukset paljastivat kaksi selkeää puhaltimen lapataajuutta, n. 210 Hz ja 270 Hz.

Koska poistokanavassa kulkeva kaasu on kosteaa ilmaa, oli villan käyttäminen vaimentimessa poissuljettu. Samasta syystä vaimentimen sisärakenteen piti olla sellainen, jossa esimerkiksi resonaattorikammioihin kertyvä vesi pääsee valumaan pois.

Kaikille neljälle puhaltimelle päädyttiin mitoittamaan samanlainen vaimennin, jonka vaimennusmaksimit on viritetty n. 210 Hz ja 270 Hz taajuuksille. Tämä saatiin aikaan neljännesaaltoputkilla, joiden tarkkaa muotoa, järjestystä ja rakennetta iteroitiin, kunnes löydettiin siirtohäviöltään (transmission loss, TL) tehokas ja helposti valmistettava rakenne (kuva 2).



Kuva 1. Kanavan sisäisen äänenpainemittauksen tulos. Puhaltimien lapataajuudet n. 210 Hz ja 270 Hz erottuvat spektristä selkeästi.



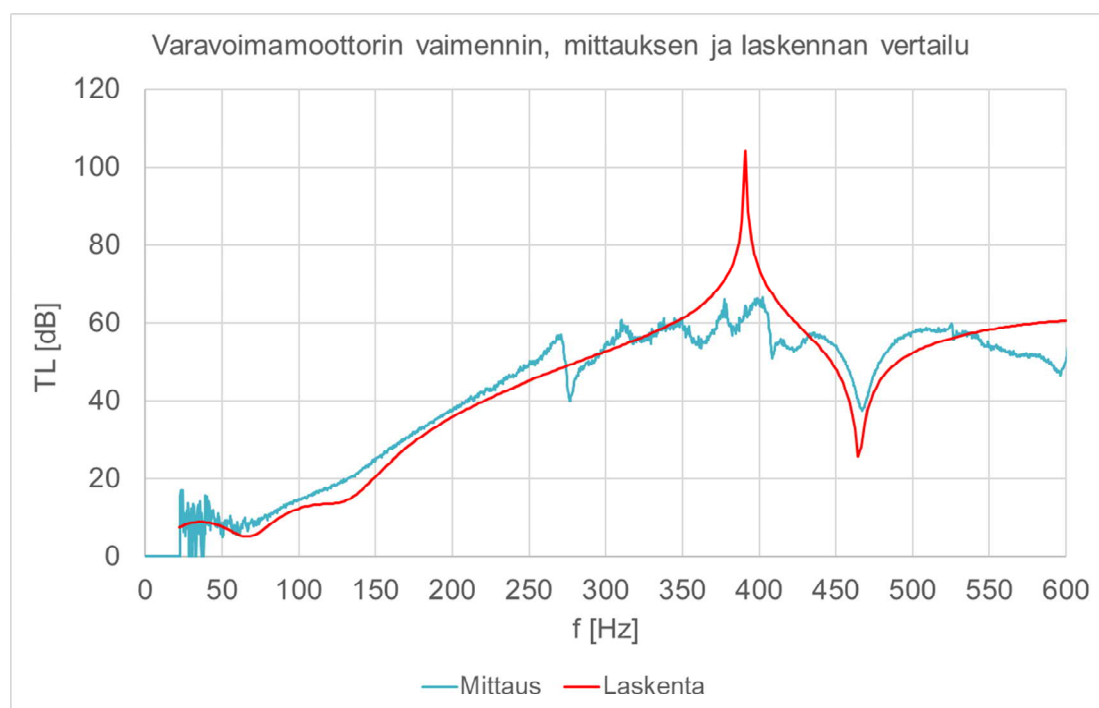
Kuva 2. Eristetehtaan kanavavaimentimen laskettu siirtohäviö.

Laskennan perusteella vaimennuskyky on hyvä, yli 20 dB suunnitelluilla taajuuksilla. Puhaltimien kierrosnopeuden mahdollinen vaihtelu otettiin huomioon suunnittelemalla vaimennus siten, että riittävän vaimennuksen alue taajuuskaistalla ulottuu suunnittelu-taajuuksien väliin sekä niiden ympäristöön.

2.2 Varavoimamoottorin äänenvaimennin

JTK Power Oy:n kanssa samaan konserniin kuuluva varavoimamoottoritoimittaja käyttää ratkaisuisaan pakokanavassa äänenvaimenninta, joka ostetaan konsernin ulkopuolelta. Kehitysprojektissa JTK Power Oy:lla oli halu kehittää vaimennin, joka olisi edullisempi ja suorituskyvyltään parempi.

Tällä hetkellä käytettävän vaimentimen rakenne sekä akustinen ja virtaustekninen suorituskyky arvioitiin mittauksin. Tämän jälkeen vaimennin mallinnettiin ja laskettua siirtohäviötä verrattiin mitattuun siirtohäviöön (kuva 3). Laskennassa tarkasteltiin vain akustista siirtotietä. Laskennan tuloksen ollessa hyvin lähelle mitattua tulosta, voitiin hyvällä varmuudella lähteä suunnittelemaan yksinkertaisempaa ja tehokkaampaa vaimenninmallia.



Kuva 3. Testatun äänenvaimentimen laskennan vertailu mittaustulokseen.

Testattu vaimennin oli rakenteeltaan verrattain monimutkainen, mutta varavoimakoneen pakomelun A-painotetun äänitehon kannalta tärkeällä 80...100 Hz taajuusalueella suorituskyky oli maltillinen. Suunniteltiin ulkomitoiltaan identtinen, mutta sisärakenteeltaan yksinkertaisempi vaimenninrakenne, jonka suorituskyky on ratkaisevalla taajuusalueella n. 10 dB parempi, ja muilla taajuusalueilla samaa tasoa kuin testatulla vaimentimella. Yksinkertaistettu vaimennin on kustannuksiltaan hyvin kilpailukykyinen verrattuna tällä hetkellä käytössä olevaan tuotteeseen.

2.3 Kaasuturbiinilaitoksen äänenvaimennin

Tanskalaiselle 40 MWe kokoluokan yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuoton kaasuturbiinivoimalaitokselle tehtiin laajennustyönä pakokaasulinjaan höyrykattilan ohittava putkisto omalla piipullaan. JTK Power Oy:n asiakas tarvitsi höyrykattilan ohittavaan linjaan äänenvaimentimen, jonka oli määrä vaimentaa pakomelua 35 dB.

Kanavakoko oli poikkeuksellisen suuri, 3x4 m. Suunniteltu vaimennin on 11 metriä pitkä, ja paksuimmalta kohdaltaan 4x4,5 m (kuva 4). Suuri koko aiheutti sekä valmistusteknisiä että logistisia haasteita, sillä toimitussisältöön kuului vaimentimen toimitus aina voimalaitoksen pihaan asti. Rahtaukseen ja kappaleen massoihin liittyen tehtiin huolellinen lujuusanalyysi nostoa ja kuljetuksen aikaista sidontaa varten. Vaimentimen läpi kulkevan kaasun lämpötila oli myös poikkeuksellisen korkea, n. 590 °C.



Kuva 4. JTK Power Oy:n tuotekehitysosastoa valmistuneen vaimentimen vieressä.

Tanskan turbiinilaitoksen tyyppisten, hyvin suurten vaimenninten akustista ja virtausteknistä suorituskykyä ei tunneta käytännössä yhtä hyvin kuin pienempien, jo toimitettujen kokoluokkien vaimenninten. Aihe on kyllä kirjallisuudessa tunnettu, esim. [5], ja tämä tieto on sovellettavissa suunnitteluun. Suuresta koosta johtuen vaimentimen suorituskyvyn mittaaminen on haastavaa, kun olemassa olevia laitteistoja ja mittaustapoja ei voida hyödyntää.

Vaimennin on artikkelin kirjoitushetkellä ollut laitoksella asennettuna 4 kuukautta. Tänä aikana laitoksella on ajettu ohituslinjaa, johon vaimennin on asennettu, korkeintaan 85 % teholla. Vaimentimen toiminnasta ei ole saatu palautetta, mikä lähes poikkeuksetta tarkoittaa, että tuote toimii odotetulla tavalla.

3 YHTEENVETO

Artikkelissa esiteltiin kolme keskenään erilaista, tuotekehitysprojektissa yhteistyönä suunniteltua ja osin toteutettua vaimenninmallia. Kaikki kolme vaimenninta olivat onnistuneita tuotteita, jotka avasivat JTK Power Oy:lle uusia asiakkuuksia, uudentyypisille asiakasalueille.

Vaimenninten akustisen suorituskyvyn suunnittelussa käytetty elementtimenetelmäohjelmisto ANSYS on paketoitu käyttäjäystävälliseksi, ja on erityisesti vaativissa kohteissa pientaajuusalueen vaimennusta suunniteltaessa tärkeä työkalu. Yhdistettynä teollisuudessa käytettäviin suunnitteluohjelmiin sillä saavutetaan tehokas simulointiprosessi ja erittäin hyvä vastaavuus tosielämän testattuun suorituskykyyn.

VIITTEET

- [1] [Vaimentimien kehitysprojekti saa Business Finlandin rahoitusta –mahdollisuus kansainväliseen kasvuun » JTK Power Finland \(jtk-power-finland.com\)](#)
- [2] Tanttari J., Isomoisio H., Nousiainen E., Veijanen V. & Hankaniemi V. 2013. Pakoäänenvaimentimen kehitysprosessi. Akustiikkapäivät 2013. Turku, 22.–23.5., Akustinen Seura ry.
- [3] Sound Simulation Software for Acoustic Analysis | Ansys, <https://www.ansys.com/products/acoustics-simulation>
- [4] Howard Carl Q., Cazzolato Benjamin S., Acoustic Analyses Using Matlab and Ansys, Boca Raton, US, 2015.
- [5] Ray EF, Absorptive Silencer Design – Industrial Noise Series VIII, Universal AET, Stoughton, US, 2013.