

MÄNTÄMOOTTORIVOIMALAITOKSEN MELUNTORJUNNAN PARAS KÄYTETTÄVISSÄ OLEVA TEKNIikka

**Esa Nousiainen¹⁾, Virpi Hankaniemi¹⁾, Ville Veijanen¹⁾, Jukka Tanttari²⁾,
Heikki Isomoisio²⁾, Seppo Uosukainen²⁾, Johannes Hyrynen²⁾**

¹⁾Wärtsilä Finland Oy Power Plants
Puotikuja 1, 65380 VAASA
etunimi.sukunimi@wartsila.com

²⁾VTT
PL1200, 02044 VTT

1 MELUNTORJUNNAN MERKITYS

Euroopan ympäristöviraston EEA:n ajankohtainen "hyvät käytännöt" julkaisu [1] määrittelee melu-käsitteen ajankohtaisella, täsmällisellä ja laajalla tavalla: melu on kuultavaa ääntä, joka aiheuttaa haittaa, häiriötä tai luo riskin terveyden vaarantumisesta. Melu-käsite sisältää paitsi fyysikaalisen ilmiön kuvauksen, myös mahdollisen haitan ja häiriön merkityksen. Haitalla ja häiriöllä tarkoitetaan kielteisiä tuntemuksia joita melulle altistuminen herättää. Melun haittavaikutukset syntyvät, kun melu vaikuttaa altistuvan henkilön toimintaan. [1]

Edellä kuvatut vaikutukset voivat kertautua yksilön epätoivotun kokemuksen kautta materiaalisten ja immateriaalisten arvojen määräytymiseen, esimerkiksi kiinteistöjen arvoon tai virkistysalueiden käyttöarvoon. Arvioidaan, että 1 dB tasomuutos suurempaan tietyn kohteen altistuksessa liikennemelulle laskee kiinteistön arvoa 0,5%. [1]

Energiantuotanto on globaalisti pieni, paikallinen melun lähde verrattaessa sen vaikutuksia esimerkiksi liikennemeluun. [1] Kehittyneissä yhteiskunnissa energiantuotannon aiheuttamaa mahdollista meluhaittaa rajoittamaan on säädetty erilaisia ylikansallisia ja kansallisia normeja ja lakeja. Johtavat monenväliset rahoituslaitokset ovat laajasti hyväksyneet ns. Päiväntasaajan periaatteet (Equator Principles) rahoittamiensa hankkeiden yhteiskunnallisten ja ympäristövaikutusten vähimmäisnormiksi. [2] Siksi kehittyneissä yhteiskunnissa toteutettavissa voimalaitosprojekteissa sovelletaan usein IFC:n (International Finance Corporation l. Maailmanpankki) normeja. [3, 4] Lainsäädännön ja normien lisäksi yksilöiden ja yhteisöjen kokemus hyväksyttävästä haitasta määrittää voimalaitoksen sallittavan melupäästön ja mahdollisen haitan naapurustolle.

Mäntämoottorivoimalaitoksen kilpailukyvyyn markkinoilla määrittää sen hyötysuhteen ja yleisen kustannustehokkuuden ohella mm. laitoksen melupäästö. Laitoksen on täytettävä lainsäädännön ja sovellettavan muun normiston vaatimukset. Lisäksi laitoksen ympäristövaikutusten on oltava paikallisen yhteisön hyväksyttävissä. Laitoksen on oltava ”hyvä naapuri”.

Lainsäädännöstä ja yhteisön subjektiivisesta hyväksyttävyyden kokemuksesta johtuvat vaatimukset täytetään toimivilla, kustannustehokkailla ja luotettavilla ratkaisuilla jotka huomioivat melun, ts. dynaamisen painevaihtelun, yhtenä suunnitteluarvona.

2 MITÄ ON PARAS KÄYTTÖKELPOINEN TEKNIikka

BAT eli paras käyttökelpoinen tekniikka määritellään esimerkiksi kansallisessa ympäristönsuojelulaissa [5] ja Euroopan komission ns. referenssidokumentissa [6]. Ympäristönsuojelulain määritelmä sopii tämän kirjoituksen tarkastelutapaan. Laissa määrittely kuuluu:

"parhaalla käyttökelpoisella tekniikalla tarkoitetaan mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä, teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia tuotanto- ja puhdistusmenetelmiä ja toiminnan suunnittelu-, rakentamis-, ylläpito- sekä käyttötapoja, joilla voidaan ehkäistä toiminnan aiheuttama ympäristön pilaantuminen tai tehokkaimmin vähentää sitä"

3 PARAS KÄYTTÖKELPOINEN TEKNIikka KÄYTÄNNÖSSÄ

3.1 Mahdollisimman tehokas ja kehittynyt

tarkoittaa mäntämoottorivoimalaitoksen meluntorjunnan tapauksessa ratkaisuja, jotka tehokkaimmin pienentävät laitoksen toiminnalle tyypillisten herätteiden vastetta ympäristössä. Vaste on mielletävä laajasti käsittämään esim. teknisten järjestelmien fysikaalista vastetta (värähtelyn nopeus, kiihtyvyys, väsyminen), ympäristöön leviävän melun mahdollisesti aiheuttamaa haittaa tai työntekijöiden melualtistusta.

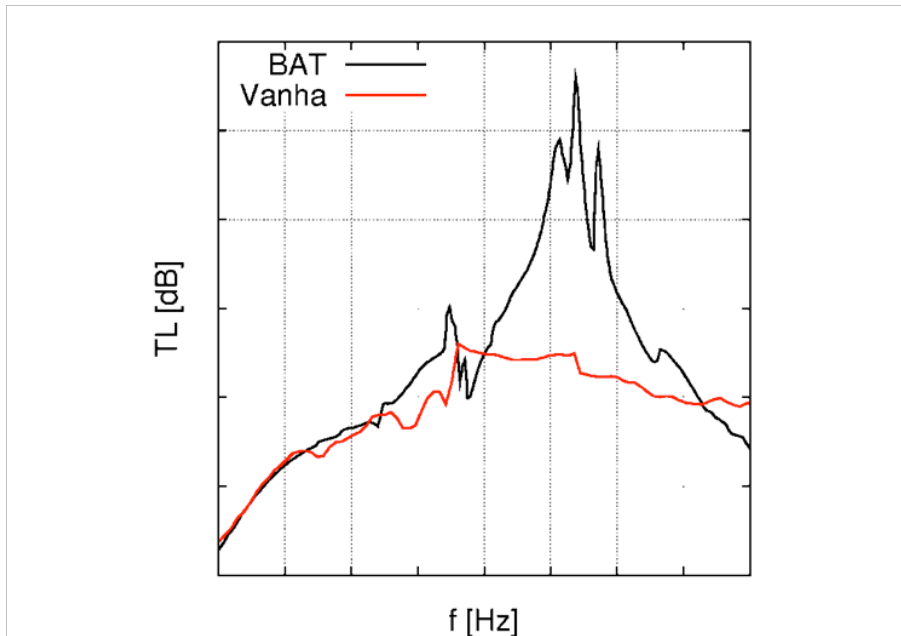
Vasteen tehokas pienentäminen edellyttää sitä, että vasteen aiheuttava heräte tunnetaan riittävän hyvin. Tällöin voidaan suunnitella ja kehittää mahdollisimman tehokas tapa vasteen pienentämiseen. Esimerkkitapauksena tarkastellaan moottorin palamisilmanvaihdon äänenvaimentimia. Riittävän tarkan herätämäärittelyn avulla kyetään parantamaan vaimentimien läpäisyvaimennusta 10 dB, virtauksen painehäviön, vaimentimen koon ja valmistuskustannusten pysyessä samana.

Painehäviö ja vaimennus

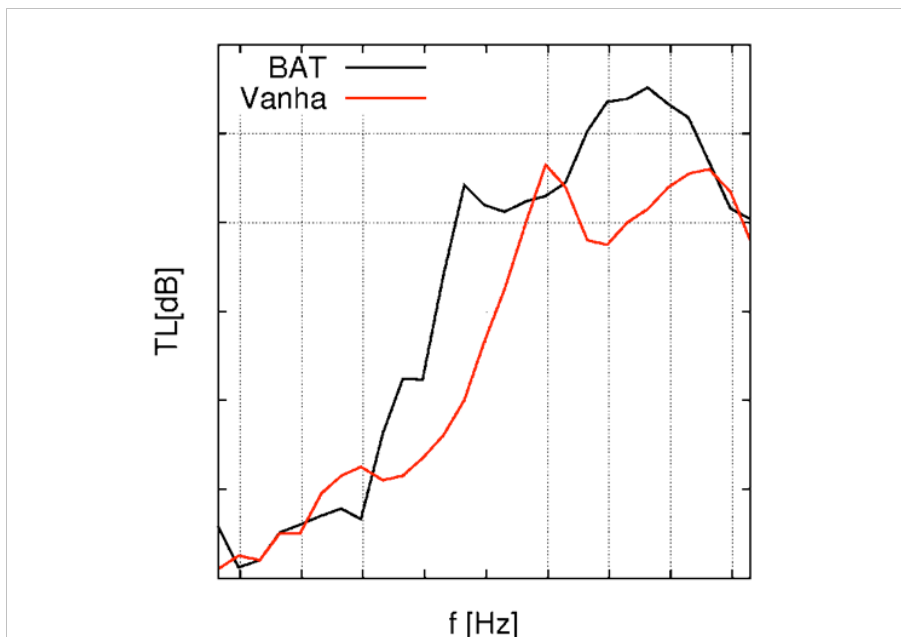
Äänenvaimentimen suunnittelutehtävää ratkaistaessa erityisesti jälkikäteisasennusten tapauksessa tarkastellaan vaimentimen suorituskykyä arvioimalla sen läpäisyvaimennusta TL tai lisäsvaimennusta IL . Käytännön sovelluksissa vaimennussuureiden lisäksi erittäin tärkeä ja suuren taloudellisen merkityksen omaava tunnusluku on myös äänenvaimentimen aiheuttama painehäviö ΔP :

$$\Delta P = \xi \frac{1}{2} \rho v^2$$

Painehäviö riippuu vaimentimen virtauskanavan muodosta, ja sitä kuvataan usein ns. kertavastuskertoimen ξ avulla. Painehäviöön vaikuttavina muuttujina rakenteen virtausmuodon hyvyttä kuvaavan kertavastuskertoimen lisäksi ovat tiheys ρ ja virtausnopeus v .



Kuva 1. Moottorin pakomeluherätteeseen sovitettu äänenvaimennin vertailtuna aiempaan vaimentimeen. Parhaan käytettävissä olevan tekniikan määritelmä täyttyy. Pystyakselin viivaväli 10 dB.



Kuva 2. Turboahtimen herätteeseen sovitettu äänenvaimennin vertailtuna aiempaan vaimentimeen. Parhaan käytettävissä olevan tekniikan määritelmä täyttyy. Pystyakselin viivaväli 10 dB.

Vaimentimen painehäviö voidaan mitata koerakenteen tai prototyypin avulla [7, 8], se voidaan arvioida käytännössä riittävällä tarkkuudella tyyppirakenteiden tunnettujen kertahäviökertoimien avulla [9, 10] tai monimutkaisen rakenteen tapauksessa laskea numeerisin menetelmin.

Äänenvaimentimen ja pakokaasukananan yhteinen painehäviö, jota käytännössä usein kutsutaan järjestelmän vastapaineeksi, määrää osaltaan moottorin polttoainetaloudellisen suorituskyvyn ja hyötysuhteen. Luonnollisesti vastapaineen tapauksessa pieni on kaunista.

Hyvän läpäisyvaimennuksen rakenne voi usein olla virtauksen ja painehäviön kannalta epäedullinen. Onnistunut äänenvaimentimen suunnittelu vaatii huolellisen akustisen ja virtaussuorituskyvyn optimoinnin. Samuel Temkinin osuvan lausahduksen mukaan “on usein hyödyllistä katsoa akustiikkaa myös fluidimekaniikan kannalta”. [11]

3.2 Teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoinen

tarkoittaa sitä, että suunnittelussa huomioidaan laitteen edullinen valmistettavuus ja liittäminen muuhun voimalaitoksen tekniikkaan. Samoin huomioidaan suunnitellun ratkaisun vaikutus laitoksen hyötysuhteeseen ja huollettavuuteen. Ratkaisu voi tarkoittaa erillisen laitteen lisäksi uutta toimintatapaa, uudenlaista prosessisuunnittelua tai koko laitoksen käyttötapaa. Esimerkkinä teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisesta ratkaisusta on jäähdytysradiaattorin toiminnan parantaminen.

Ominaisäänitehotason käyttö puhaltimen suorituskyvyn arvioinnissa

Puhallinlaitteen toimintaa arvioitaessa on hyödyllistä punnita sen suorituskykyä ja meluominaisuutta L_W huomioimalla myös puhaltimen tuottama ilmamäärä q ja paineenkorotus p :

$$L_W = L_{W0} + 10 \log \frac{q}{q_0} + 20 \log \frac{p}{p_0}$$

missä alaindeksi 0 tarkoittaa yksikköilmamäärää ja yksikköpainetta. Tässä suure L_{W0} on puhaltimen ominaisäänitehotaso. Tämä on erittäin hyödyllinen ja tärkeä suure tarkasteltaessa puhallinlaitteen suorituskykyä, Rayleigh-Temkiniläisessä hengessä fluidimekaanisessa kontekstissa.

Puhaltimen pääasiallinen tehtävä on liikuttaa ilmaa. Ilmaa liikuttaessaan puhallin joutuu usein tekemään työtä painehäviöiden voittamiseksi. Pelkästään akustisesti hyvä puhallin on se, joka tuottaa pienen melupäästön L_W . Sen sijaan hyvä puhallin on se, joka liikuttaa tehokkaasti ilmaa (q), kestää kohtuulliset järjestelmän häviöt (p) ja tuottaa silti pienen melupäästön L_W . Tällaisen puhaltimen ominaisäänitehotaso L_{W0} on pieni. Yleensä tällöin myös puhallinmoottorin oma tehonkulutus on pieni ja hyötysuhde korkea.

Hyödyntämällä puhallinkäyttönä taajuusmuuttajia voidaan jäähdytysradiaattoria usein ajaa yöaikaan ilman ollessa yleensä kylmempää pienemmällä pyörimisnopeudella. Koska puhaltimen melupäästön riippuvuus kierrosluvusta kasvaa suunnittelusääntönä n. 5. potenssissa, on tällä merkittävä edullinen vaikutus koko laitoksen melupäästöön. Myös jäähdytysradiaattorin oma tehonkulutus edelleen vähenee.

Taulukko I. Uuden jäähdytysradiaattorin vertailu aiempaan. Laitteen hyötysuhdetta kyettiin parantamaan aiempaan verrattuna 20 % ja melupäästöä vähentämään 3 dB puhaltimen virtausympäristöä parantamalla. Jäähdytysradiaattorin puhaltimien virtausolosuhteiden parannus ei vaikuta valmistuskustannuksiin eikä vaikuta laitteen toimivaan asennustapaan laitostyömaalla.

	Jäähdytyskennon ala [m ²]	Massavirta [kg/s]	Ottoteho [kW]	Melupäästö [dB]
vanha	37	110	75	61
BAT	36	110	59	58
muutos	-3%	0%	-21%	-50%

3.3 Toiminnan suunnittelu-, rakentamis-, ylläpito- sekä käyttötapa

tarkoittaa mäntämoottorivoimalaitoksen meluntorjunnan kannalta paitsi edellä esimerkkinä kuvattua käytön mukauttamista olosuhteisiin sitä, että

- sovelletaan laajasti kehittyneimpiä mittaus- ja laskentamenetelmiä,
- huomioidaan voimalaitosjärjestelmän kokonaistoiminta ja
- jatkuvasti seurataan ja parannetaan luotujen ratkaisujen toimintaa.

Tämä joskus tieteelliseksi menetelmäksikin kutsuttu toimintatapa on kuvattu dynaamisten ilmiöiden ja akustiikan näkökulmasta selkeästi esitelmässä [12].

4 YHTEENVETO

Mäntämoottorivoimalaitoksen kelpoisuuden ja kilpailukyvyn markkinoilla määrää osaltaan se, vastaako laitos emissiolainsäädännön vaatimuksiin ja yhteisöjen vaatimukseen elinympäristön laadusta. Laitoksen melulähteistä ympäristövasteen kannalta tärkeimpiä ovat moottorin palamisilmanvaihtoon ja jäähdytykseen liittyvät laitteet.

Mäntämoottorivoimalaitoksen melupäästön hallinta perustuu herätteiden luotettavaan tuntemiseen, prosessin ja systeemin toiminnan tuntemiseen, toimenpiteiden oikeaan kohdistamiseen ja ennakolta suunnitteluun. Sovelletaan parasta käyttökelpoista tekniikkaa.

Paras käyttökelpoinen tekniikka määräytyy sovelluskohtaisesti. Tästä syystä kirjoituksessa ei ole esitetty teknisiä periaatepiirroksia ja täsmäohjeita.

Menettelytapana parhaan käyttökelpoisen tekniikan soveltamiseksi voimalaitoksen meluntorjunnassa voidaan käyttää esitelmässä [12] kuvattua koneakustista lähestymistapaa.

Tämä työ on tehty Wärtsilä Finland Oy Power Plantsin TEKES-rahoitteisessa E-Power yritysprojektissa.

VIITTEET

- [1] EEA Technical report No 11/2010, Good practice guide on noise exposure and potential health effects
- [2] Equator Principles, <http://www.equator-principles.com/>
- [3] IFC General EHS Guidelines, 2007,
<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EHSGuidelines>
- [4] IFC Thermal Power Plants EHS Guidelines, 2008,
<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EHSGuidelines>
- [5] Ympäristönsuojelulaki 4.2.2000 / 86
- [6] European Commission Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants, 2006
- [7] EN-ISO 7235 Acoustics – Laboratory measurement procedures for ducted silencers and air-terminal units – Insertion loss, flow noise and total pressure loss
- [8] EN-ISO 11820 Acoustics – Measurements of silencers in situ
- [9] IDELCHIK IE, *Handbook of Hydraulic Resistance*, CRC Press, 1994
- [10] DALY BB, *Woods Practical Guide to Fan Engineering*, Woods of Colchester Limited, 1988
- [11] TEMKIN S, *Elements of Acoustics*, Acoustical Society of America, 2001
- [12] TANTTARI J, KARJALAINEN A, Koneakustinen manifesti, Akustiikkapäivät 2001, Akustinen Seura ry, Espoo