

Antti Kaisanlahti

## **MELUHAITTOJEN TORJUNTA KONTTIVARUSTELUSSA**

# **MELUHAITTOJEN TORJUNTA KONTTIVARUSTELUSSA**

Antti Kaisanlahti  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotantotalous

---

Tekijä: Antti Kaisanlahti  
Opinnäytetyön nimi: Meluhaittojen torjunta konttivarustelussa  
Työn ohjaaja: Timo Väyrynen  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014 Sivumäärä: 40 + 1 liite

---

Opinnäytetyössä selvitettiin konttivarustelussa yleisesti käytettyjen järjestelmien aiheuttamien meluhaittojen syntyä ja mahdollisuuksia niiden ehkäisemiseksi suunnittelun näkökulmasta. Työn toimeksiantaja oli ylikiiminkiläinen yritys Conlog Oy. Työn tarkoituksena oli löytää erikoiskonttien varustelusta meluhaittojen lähteet, selvittää melun syntyyn vaikuttavat mekanismit ja löytää kustannustehokkaita keinoja torjua melu.

Työssä mitattiin melumittauksilla melunlähteitä kahdesta erikoiskontista. Mittausten jälkeen työssä etsittiin suunnittelijalle mahdollisia keinoja vaimentaa melunlähteitä. Vaimennustapoja pyrittiin löytämään vaimentavia komponentteja valmistavien yritysten tuotteista. Lopuksi valittiin vaimennustavat äänekkäimmille melunlähteille ja mitoitettiin ne.

Vaimennustapoja löytyi useita, ja niistä valittiin järkevimmät mitoitettavaksi. Mitoitus tehtiin vaimentimien valmistajien ohjeiden mukaisesti. Tuloksena syntyi äänen- ja värinävaimennustapoja työssä mitatun erikoiskontin varustelun komponenteille.

Opinnäytetyön tuloksista selvisi mitattujen konttien varustelussa käytettyjen järjestelmien meluhaittojen synty sekä meluntorjuntakeinoja. Meluntorjuntaa voisi testata käytännössä hankkimalla erilaisia vaimennustapoja ja kokeilemalla niitä. Tämän jälkeen voisi vielä mitata, miten niiden asentaminen vaikutti meluhaittoihin. Myöhemmin vaimennustapoja voisi soveltaa tulevissa Conlog Oy:n projekteissa.

---

Asiasanat: melu, melunmittaus, meluntorjunta, vaimennus

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Engineering, Production economics

---

Author: Antti Kaisanlahti

Title of thesis: Prevention of Noise Impacts in Container Buildup

Supervisor: Timo Väyrynen

Term and year when the thesis was submitted: spring 2014 Pages: 40 + 1  
appendices

---

The aim of this thesis was to clear up the origin of noise impacts in special containers, and to find possibilities to prevent them from a mechanical designer's perspective. This thesis was made for Conlog Oy, which is located in Ylikiiminki. Conlog Oy is a factory which produces special containers and vehicles.

In this thesis two special containers were measured with noise level tests. After the measurements, possible ways for the mechanical designer to damp the noise impacts were searched. The aim was to find ways of damping in the products of damping component manufacturers. Finally, the most noisy noise impacts were damped and sized.

Many ways of damping and silencing were found and only the most reasonable ones were sized. The sizing was made according to the manufacturer's instructions. This produced ways of silencing and damping for the special container's noisy components.

In conclusion, the origin of noise impacts and ways to prevent them were found in the special containers. The ways of damping and silencing the noisy components could be tested in practice by installing the dampers. After the installations, the noise level could be tested again to find out if the dampers reduced the noise level. Conlog Oy could use the ways of damping in their products in the future.

---

Keywords: damping, noise, noise reduction

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tavoitteet	7
1.2 Conlog Oy	7
2 ÄÄNIOPIN KÄSITTEITÄ	10
2.1 Ääni	10
2.2 Melu	10
2.3 Taajuus	10
2.4 Desibeli	11
2.5 Melun mittaaminen	11
2.6 Ääneneristys	11
3 VÄRÄHTELYMEKANIikka	12
3.1 Värähtely suunnittelussa	12
3.2 Vaimennus	12
3.3 Vaimennustavat	12
3.4 Pyörimisnopeuden muuttaminen taajuudeksi	13
3.5 Vaimentimen mitoitus	14
3.6 Esimerkki mitoituksesta	17
4 KONTTIEN MELULÄHTEIDEN MITTAUKSET	18
4.1 Palvelin-kontin melulähteiden mittaukset	18
4.2 Kylmäpakastin-kontin melulähteiden mittaukset	20
5 MELUNTORJUNTA KONTTIVARUSTELUN KOMPONENTEILLE	22
5.1 Kylmiökoneen vaimentaminen	22
5.1.1 Kotelon vaimentaminen	23
5.1.2 Kompressorin vaimentaminen	24
5.1.3 Kotelon kiinnityksen vaimentaminen	26
5.2 Pakastuskoneen vaimentaminen	26
5.3 Voimakoneen vaimentaminen	27
5.4 Jäähdytyskoneen vaimentaminen	29

5.4.1 Kompressorin vaimentaminen	30
5.4.2 Puhaltimien vaimentaminen	31
6 VAIMENNUKSIEN VALINTA JA MITOITUS	33
6.1 Kylmiökoneen kompressorin vaimennuksen valinta ja mitoitus	33
6.2 Voimakoneen vaimennuksen valinta ja mitoitus	33
7 POHDINTA	35
LÄHTEET	37
LIITTEET	
Liite 1 LV-sarjan vaimentimien mitoitus taulukko	

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön aiheena on tutkia konttivarustelussa yleisesti käytettyjen järjestelmien aiheuttamien meluhaittojen syntyä ja mahdollisuuksia niiden ehkäisemiseksi suunnittelun näkökulmasta. Työ on tehty Conlog Oy:n tehtaalle, koska tehtaalla eräässä tuotteessa on havaittu meluhaittoja.

Työn tarkoituksena on löytää oleelliset meluhaittojen lähteet, selvittää niiden melun syntyyn vaikuttavat mekanismit ja löytää keinoja torjua melua. Torjuntakeinojen on oltava mahdollisimman kustannustehokkaita.

Opinnäytetyön aikana on haastateltu Conlog Oy:n omia asiantuntijoita ja tehty melumittauksia käytössä olevilla konteilla. Mittauksilla on tarkoitus saada tietoa, mitkä järjestelmät aiheuttavat melua eniten konttivarustelussa.

## 1.2 Conlog Oy

Conlog Oy on perustettu vuonna 1990. Yrityksen taustalla on Rautaruukki Oy:n konttitehdas, jonka Rautaruukki Oy myi Intratek Oy:lle. Myöhemmin nimi muutettiin Conlog Oy:ksi. Conlog Oy aloitti toimintansa konttitehtaan kiinteistössä, mutta muutti myöhemmin Oulusta Ylikiiminkiin. Uusi tehdas valmistui Ylikiiminkiin vuonna 1996. Uusia tiloja laajennettiin 2000-luvun alussa, ja laajennusten myötä toimitilaa on nyt noin 4 000 m<sup>2</sup>:n verran. (1, s. 2.)

Conlog Oy on osa Conlog Groupia ja sen muodostavat emoyhtiönä toimiva Conlog Oy, seinäjokelainen EKT M.Vähämaa Oy ja rautalampilainen Oy Morehouse Ltd. Conlog Groupilla on noin 70 hengen henkilöstö, ja Conlog Oy:llä tästä noin 25 henkeä. (1, s. 3.) Conlog Oy:n liikevaihto oli vuonna 2012 noin 4,4 miljoonaa euroa (2).

### Tuotteet

Conlog Oy:n päätuotteita ovat järjestelmäalustat, erikoiskontit ja laitesuojat, erikoisajoneuvot ja -perävaunut. Erikoiskontteja on useanlaisia, ja ne poikkeavat toisistaan. Seuraavassa on esitelty kaksi esimerkkiä Conlog Oy:n tuotteista.

## Erikoiskontit

Erikoiskontit ovat alusta asti tarkoitustaan varten rakennettuja kontteja, joissa on asiakkaan haluamia ominaisuuksia. Esimerkkinä erikoiskontista on Conlog Oy:n valmistama Viestiasema CL-600, joka on kuvassa 1. Viestiasema CL-600 on liikuteltava, lämpöeristetty, omavarainen ja aktiivisella sekä passiivisella omasuojajärjestelmällä varustettu viestiasema. Viestiasema toimii hankalissa ympäristöolosuhteissa  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ :sta  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ :seen. Viestiasema sijoitetaan maastoon ja on helposti siirrettävissä. Viestiasemaa on myös mahdollista kuljettaa kuorma-auton lavalla. Siihen on asennettu johtamisjärjestelmän laitteita, esimerkiksi tietojärjestelmät ja tietoliikenneyhteydet. (3.)



*KUVA 1. Viestiasema CL-600 (3)*

Viestiasema on varusteltu viidelle hengelle ilmastoiduilla ja lämmitetyillä työkentelytiloilla. Kontin rakenteet on suojattu ballistisesti käsiaseiden tulta sekä kranaattien ja ammusten sirpaleita vastaan. Viestiasema on varusteltu dieselgeneraattorilla, millä taataan toiminta maasto-olosuhteissa riippumatta ulkoisen käyttöenergian saannista. Se voidaan myös varustaa maastouttamisjärjestelmällä, jolloin saadaan suojaa lämpösäteilyltä, tutkasäteilyltä ja heijastuksilta. (3.)



## Erikoisajoneuvot

Erikoisajoneuvot ovat erilaisista ajoneuvoista modifioituja ajoneuvoja, joihin on rakennettu asiakkaan haluamia ominaisuuksia. Esimerkkinä erikoisajoneuvosta on Kemiitti-ajoneuvo. Sitä käytetään louhintatyömailla emulsioräjähteen valmistukseen ja porareikien panostukseen. Kemiittiajoneuvo on varusteltu paineilma- ja hydraulitoimisilla toimilaitteilla. Ajoneuvossa on lisäksi VAK-hyväksytyjä raaka-ainesäiliöitä. Ajoneuvo on myös VAK-kuljetuksiin hyväksytty. (4.) Kemiittiajoneuvoja on esitetty kuvassa 2.



*KUVA 2. Kemiitti-ajoneuvot (4)*

## 2 ÄÄNIOPIN KÄSITTEITÄ

### 2.1 Ääni

Ääni on aaltoliikettä, joka muodostuu äänilähteen värähtelyn ansiosta. Se saattaa ilman osaset edestakaiseen liikkeeseen. Liike leviää ilman osasiin, jotka ovat kauempana. Ääni itsessään etenee ilmassa noin 340 m/s. Nesteissä ja kiinteissä aineissa etenemisnopeus on suurempi. Vedessä se on noin 1 500 m/s ja teräksessä noin 5 000 m/s. (5, s. 13.)

### 2.2 Melu

Yleensä ei toivottua ääntä kutsutaan meluksi. Ääni useimmiten koostuu useista voimakkuudeltaan erilaisista äänistä, mutta se saattaa koostua myös yhdestä ainoasta taajuudesta. Äänen häiritsevä vaikutus riippuu äänen voimakkuudesta ja taajuudesta. Yleensä korkeat äänet häiritsevät enemmän kuin matalat äänet. Äänet häiritsevät enemmän kuin seosääni, joka koostuu monista eritaajuisista äänistä. (5, s. 13.)

Melun yksikkö on desibeli. Melun aiheuttajista tavallisimpia ovat erilaiset laitteet ja koneet. Melun lähteet koneissa ja laitteissa ovat värähtelevät pinnat ja nesteiden sekä kaasujen virtaukset. Meluongelmien syynä koneissa ja laitteissa on useimmiten värähtelevät pinnat. (6.)

Ihmisen päivittäinen meluallistus ei saa ylittää 85 dB:ä. Jos tämä arvo ylittyy, työnantajan on selvitettävä syyt rajojen ylittymiseen sekä laadittava meluntorjuntaohjelma. Toimet meluallistuksen vähentämiseksi tule esittää meluntorjuntaohjelmassa. (6.)

### 2.3 Taajuus

Taajuuden yksikkö on hertsi, lyhennettynä Hz. Ääniaallon taajuus kertoo sen edestakaisen heilahduksen, eli värähdysten, määrän sekunnissa. Taajuusalue äänelle on erittäin laaja. Nuori ihminen kuulee noin 20 - 20 000 hertsin alueen. Ihminen kuulee korkeat äänet diskanttiaäninä. Korkean ja matalan äänen raja on noin 500 Hz. (5, s. 13.)

## **2.4 Desibeli**

Desibelillä ilmaistaan äänitaso äänen voimakkuuden desibeliyksikkönä, dB. Jos äänitaso nousee 10 dB verran, ihmisen korva aistii äänen voimakkuuden noin kaksinkertaistuvan. Jos äänitaso laskee 10 dB verran, se aistitaan voimakkuuden puolittumisena. Äänen voimakkuutta mitattaessa käytetään laitetta, jonka toiminta vastaa ihmisen korvan herkkyyttä eri taajuuksien äänten havaitsemisessa. (5, s. 14.)

## **2.5 Melun mittaaminen**

Äänen voimakkuutta mitataan melu- eli desibelimittarilla (7, s. 144). Melumittaukset ovat tärkeä lähtökohta tutkittaessa ja mitoitettaessa meluntorjunnan ratkaisuja. Melumittauksia suoritetaan, kun halutaan selvittää tietyn koneen äänisäteilyä. (7, s. 126.)

Mitattaessa tulee välttää heijastavien pintojen läheisyydessä mittaamista. Mittausetäisyydeksi pitäisi tulla vähintään 1,5 m. Mittaustuloksiin tulee liittää piirros mittauspaikasta ja -pisteistä. (5, s. 128.)

## **2.6 Ääneneristys**

Ääni saa seinän tai lattian läpäistessään koko rakenteen värähtelemään. Värähtely aiheuttaa ääniaaltoja rakenteen toisella puolella. Kun ääni siirtyy huoneeseen sen ulkopuolella olevasta äänilähteestä, sitä kutsutaan äänen läpäisyksi. (8.)

Ilmaääneneristävyys kuvaa seinän, oven tai muun esteen kykyä estää ääntä läpäisemättä sitä. Ilmaääneneristävyys suurenee ja vaihtelee taajuuden kasvaessa. Sen yksikkö on desibeli. (8.)

### **3 VÄRÄHTELYMEKANIikka**

Mekaanisen systeemin liiketilaa sanotaan värähtelyksi, jos se toistuu määräjaksajan kuluttua uudestaan samanlaisena. Koneissa esiintyy värähtelyitä pyörivien osien epätasapainon ja edestakaisin liikkuvien osien vuoksi. Koneissa värähtelyt yleensä ovat haitallisia, ja niitä on pyrittävä estämään. Värähtelyiden ansiosyntyä syntyy jaksollisesti vaihtelevia jännityksiä, mikä voi johtaa väsymisvaurioiden syntyyn. Värähtely aiheuttaa koneissa osien kulumista, ja liitosten löystymistä ja tästä voi seurata toimintahäiriöitä. Värähtelyyn liittyy myös meluhaittoja ihmisille, jotka ovat sille altistuneena. (9, s. 1.)

#### **3.1 Värähtely suunnittelussa**

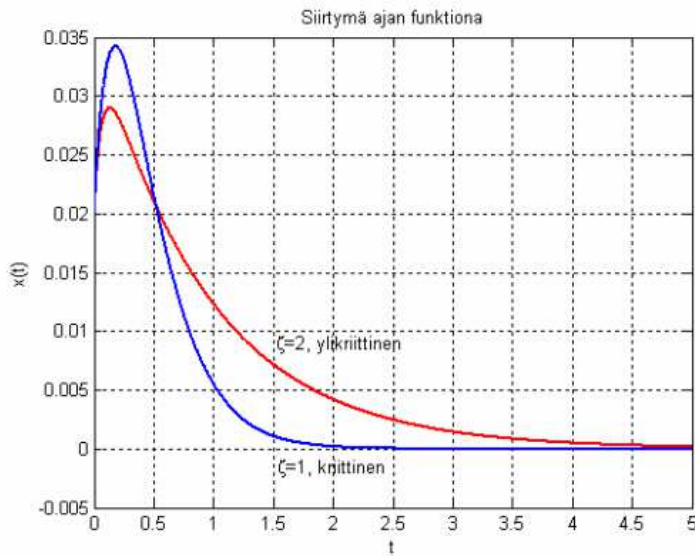
Koneen suunnittelussa tulee huomioida koneen mahdolliset värähtelyt. Koneen kaikki liialliset värähtelyt aiheuttavat energian hukkaa, joka vähentää koneen varsinaisen työn tekemistä. Värähtelyllä on myös negatiivinen vaikutus laitteen kestävyysasteeseen. (7, s. 79.)

#### **3.2 Vaimennus**

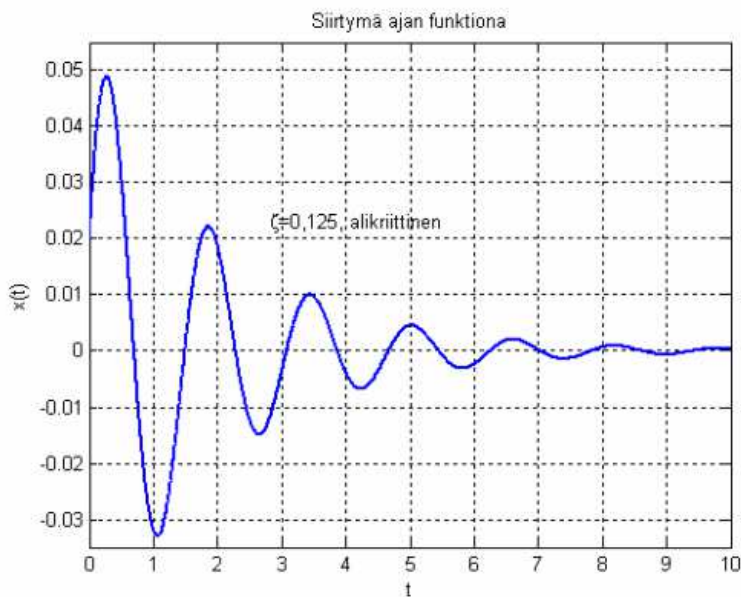
Värähtelyn värähdyslaajuutta ilmaistaan amplitudilla (10). Vaimennukseksi kutsutaan ilmiötä, jossa vapaan värähtelijän amplitudi pienenee jonkin ajan kuluttua nolllaksi. Vaimennuksen seurauksena mekaaninen energia kuluu äänen syntymiseen tai muuttuu esimerkiksi lämpöenergiaksi. Vaimennus on ilmiö, jota on vaikea hallita ja joka syntyy usean osatekijän yhteisvaikutuksesta. (11, s. 1.)

#### **3.3 Vaimennustavat**

Kolme erilaista vaimennustapaa ovat ylikriittinen, kriittinen ja alikriittinen vaimennus. Ylikriittisessä vaimennuksessa vaimennus on niin voimakas, että siinä ei esiinny värähtelyä ollenkaan. Myös kriittisessä vaimennuksessa vaimennus on niin voimakas, että värähtelyä ei esiinny. Alikriittisessä vaimennuksessa värähtely on vaimenevaa ominaisvärähtelyä. (12, s. 3 - 4.) Kuvissa 3 ja 4 havainnollistetaan kuvaajilla, millaisista vaimennustavoista on kyse.



KUVA 3. Ylikriittinen ja kriittinen vaimennus (12, s. 3)



KUVA 4. Alikriittinen vaimennus (12, s. 4)

### 3.4 Pyörimisnopeuden muuttaminen taajuudeksi

Pyörimisnopeuden ja kulmanopeuden välinen riippuvuus voidaan esittää kaavalla 1 (13, s. 92).

$$\omega = 2\pi n$$

KAAVA 1

$\omega$  = kulmanopeus (rad/s)

$n$  = pyörimisnopeus (1/s)

Taajuuden ja kulmataajuuden välinen riippuvuus voidaan esittää kaavalla 2 (13, s. 95).

$$\omega = 2\pi f$$

KAAVA 2

$\omega$  = kulmataajuus (rad/s)

$f$  = taajuus (Hz)

Kaavat 1 ja 2 yhdistämällä selviää, että taajuus on sama kuin pyörimisnopeus.

$$2\pi n = 2\pi f$$

$$n = f$$

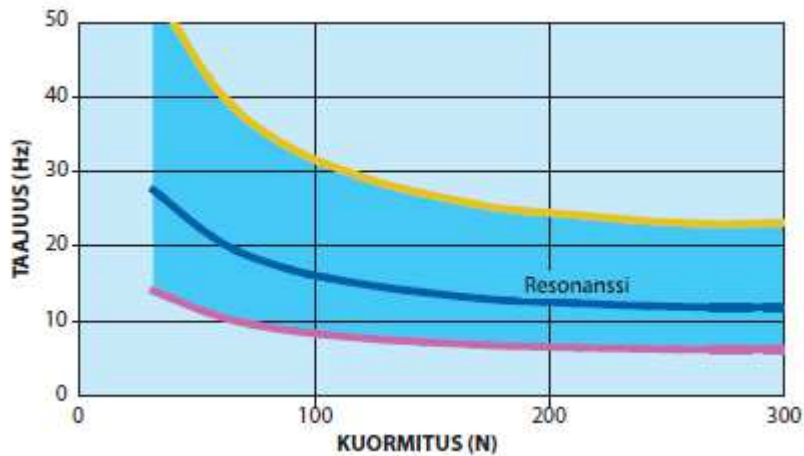
### 3.5 Vaimentimen mitoitus

Vaimennusta mitoittaessa tulee ottaa huomioon vaimennettavan komponentin massa. Jos vaimennettavan komponentin massan aiheuttama kuormitus on epäsymmetrinen pitää huomioida, miten massa jakaantuu kiinnityspisteiden välille. Vaimennettavan komponentin pyörimisnopeus tulee myös ottaa huomioon. Vaimennettavan komponentin asennustapa vaikuttaa vaimennuksen mitoitukseen, koska kaikki vaimennintyytit eivät sovellu erilaisiin asennustapoihin. (14.)

Vaimentimien kuormitus valitaan mitoituksessa mahdollisimman suureksi, esimerkiksi 80 prosenttia maksimikuormitettavuudesta. Häiriötaajuudet saadaan selville pyörimisnopeuksista, jotka usein saadaan vaimennettavan koneen arvokilvestä. (15, s. 2.)

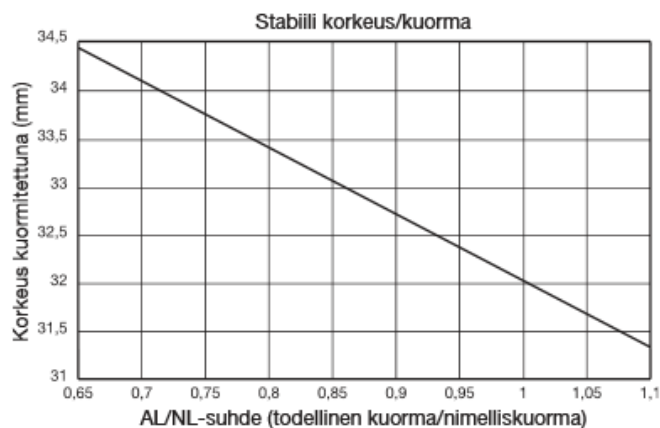
Vaimennettavan aineen kiinnitystarve useimmiten määrää, mikä vaimennintyyppi pitää valita. Kun vaimentimen tyyppi on valittu, tarkastellaan varsinaista mitoitusta. Tärinäneristys saavutetaan mitoittamalla vaimentimet siten, että päädytään ylikriittiseen vaimennukseen. (15, s. 2.)

Vaimentimien ominaiskäyristä katsotaan, että matalimman häiriötaajuuden vaakaviivan ja kuormituksen pystyviivan leikkauspiste osuu värillisen alueen ylärajalle tai sen yläpuolelle. Kuvassa 5 on Teknikum Oy:n valmistaman lieriöeristinsarjan mitoituskäyrä. (16, s. 2.)



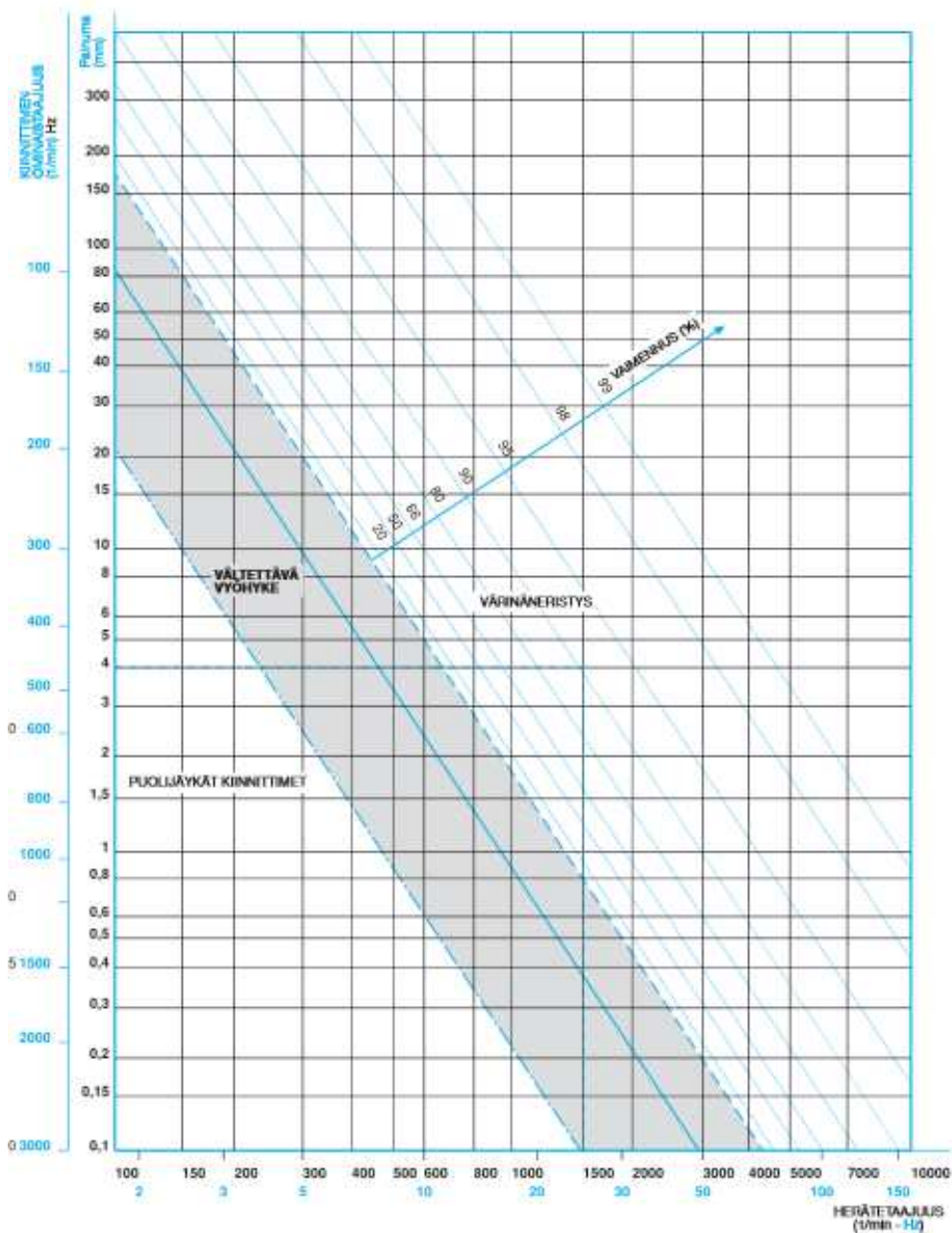
KUVA 5. Lieriöeristimen mitoituksen ominaiskäyrästä (16, s. 4)

Vaimentimia voidaan mitoittaa vaimentimeen kohdistuvan kuormituksen aiheuttaman painuman mukaan. Ensin lasketaan vaimennettavan komponentin aiheuttama todellinen kuorma, ja lasketaan sen suhde vaimentimen nimelliskuormaan. Nimelliskuorma on ilmoitettu vaimennintyypeille erikseen. Kuvassa 6 on erään vaimennintyyppin mitoituskäyrän avulla esitetty kuormien ja kuormitetun vaimentimen korkeuden välinen yhteys. (17, s. 4.)



KUVA 6. Vaimentimen korkeus kuorman suhteen (17, s. 16)

Kuormitusten suhde ilmoittaa kuinka paljon vaimennin painuu kasaan kuormituksen aikana. Laskemisen jälkeen katsotaan toisesta käyrästä vaimennuksen prosenttiluku. Luku saadaan piirtämällä pystyviiva käyrään vaaka-akselilta vaimennettavan komponentin herätetaajuuden kohdalle. Pystyakselille piirretään vaakaviiva vaimentimen painuman kohdalle. Näiden viivojen leikkauspisteestä luetaan vaimennuksen prosenttiluku. Yleensä tulisi pyrkiä yli 50 %:n vaimennukseen. (17, s. 4.)

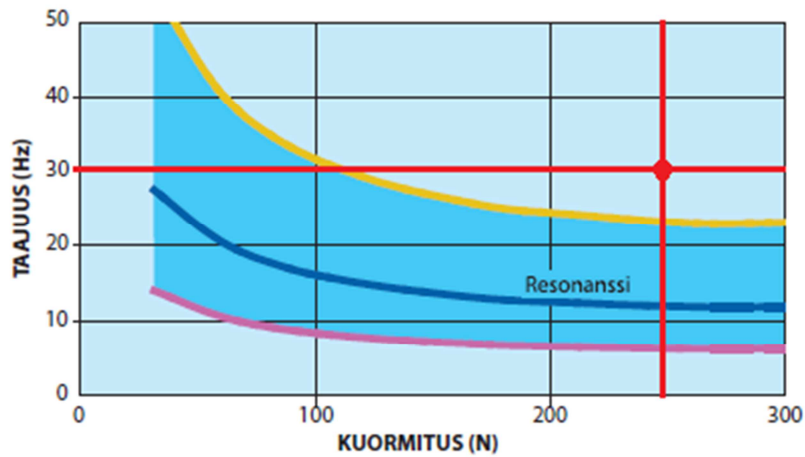


KUVA 7. Vaimentimen korkeus kuorman suhteen (17, s. 4)



### 3.6 Esimerkki mitoituksesta

Jos vaimennettavan komponentin aiheuttama kuormitus on esimerkiksi 1 250 N, ja se jakaantuisi neljään eri kiinnityskohtaan tasaisesti, niin kuormitus yhdelle vaimentimelle olisi 312,5 N. Tällöin 80% maksimikuormituksesta on 250 N. Komponentin pyörimisnopeus on 1 800 rpm, ja se muutettuna häiriötaajuudeksi on 30 Hz. Kuvan 8 mukaan kyseinen vaimennin vaimentaisi komponentin yli-kriittisesti ja vaimennus olisi hyvä.



KUVA 8. Eristimen käyrästäön käyttö (16, s. 4)

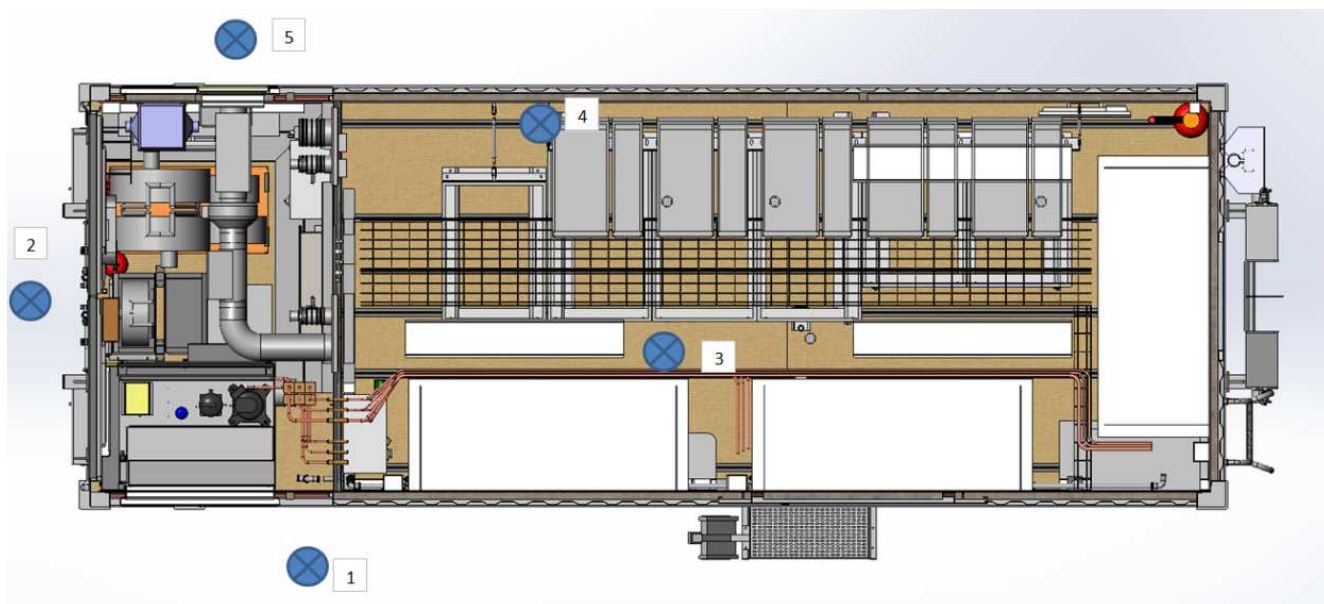
## 4 KONTTIEN MELULÄHTEIDEN MITTAUKSET

Työssä tutkittiin kahta eri saatavilla olevaa erikoiskonttia mittaamalla niissä olevien järjestelmien tuottamaa äänentasoja. Ensin mitattiin konttia, jossa ei ole meluhaittaa. Toisena mitattiin konttia, jossa meluhaitta on ongelma. Mittaukset suoritettiin Conlog Oy:n tuotannon tiloissa. Mittauksessa käytettiin seuraavia työvälineitä:

- äänitasomittari, YVT Sound Level Meter YC-30
- rullamitta
- maalarinteippi.

### 4.1 Palvelin-kontin melulähteiden mittaukset

Mittauksessa mitattiin Palvelin-kontiksi nimetyn kontin melun lähteitä. Mitattavien pisteiden paikat päätettiin yhdessä Conlog Oy:n huoltopäällikön Ville Piikiven kanssa (18). Tarkoituksena oli saada mitattua melua tuottavien komponenttien äänentasoja kontin sisältä ja ulkopuolelta. Eniten melua tuottavia komponentteja olivat Piikiven mukaan jäähdytyskoneet (3 kpl), höyrystinpuhaltimet (3 kpl), tuuloilma- ja poistoilmapuhallin (18.). Kuvassa 3 on havainnollistettu 3D-mallin avulla kontin rakenne ylhäältäpäin kuvattuna sekä mittauspisteet.



KUVA 9. Palvelin-kontin mittauspisteet (19)

Mittauspisteessä 1 mitattiin jäähdytyskoneiden tuottamaa melua kontin ulkopuolelta 1,2 m:n korkeudelta ja 2 m:n etäisyydeltä jäähdytyskoneista. Jäähdytyskoneita mitattiin mittaamalla ensin yhden koneen aiheuttama melu ja sen jälkeen laittamalla aina yksi kone kerrallaan lisää käyntiin.

Mittauspisteessä 2 mitattiin myös jäähdytyskoneiden melua, mutta kontin takaovien kohdalla. Mittaus suoritettiin ovien ollessa auki ja kiinni. Pisteessä 3 mitattiin höyrystinpuhaltimien tuottamaa melua kontin sisällä suoraan puhaltimen alapuolella 1,2 m:n korkeudelta. Kaikkien höyrystinpuhaltimien yhdessä tuottama melu mitattiin puhaltimien pyöriessä 50 %:n ja 100 %:n teholla.

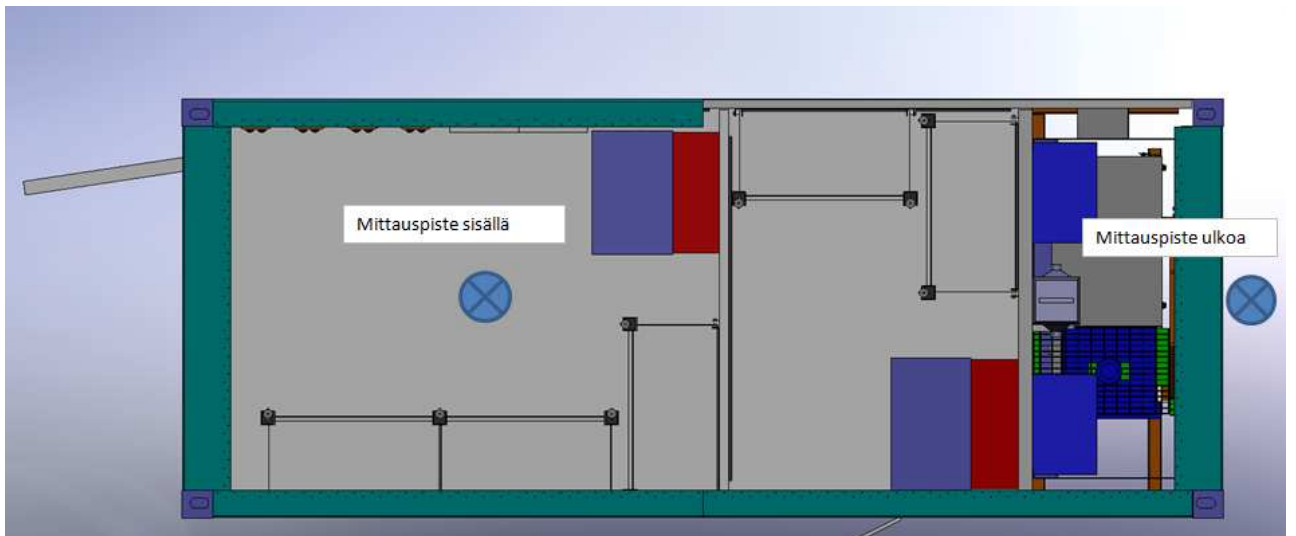
Pisteessä 4 mitattiin tulo- ja poistoilmapuhaltimien tuottamaa melua kontin sisällä 2 m:n etäisyydeltä ja 2 m:n korkeudelta puhaltimesta. Puhaltimet kävivät joko 30 %:n tai 100 %:n teholla. Pisteessä 5 mitattiin poistoilmapuhaltimen tuottamaa melua kontin ulkopuolella 2 m:n etäisyydeltä ja 2 m:n korkeudelta puhaltimesta. Mittaustulokset löytyvät taulukosta 1.

*TAULUKKO 1. Palvelin-kontin äänentason mittausten tulokset*

	<b>Ulkoa (dB)</b>	<b>Sisältä (dB)</b>	<b>Takaovi auki (dB)</b>	<b>Takaovi kiinni (dB)</b>
<b>Jäähdytyskoneet</b>	-	-	-	-
1 päällä	63,4	-	62,2	60,8
2 päällä	69,8	-	65,0	64,0
3 päällä	71,5	-	67,5	65,8
<b>Höyrystinpuhaltimet</b>	-	-	-	-
3 päällä 50%	-	65,3	-	-
3 päällä 100%	-	67,4	-	-
<b>Tuloilmakanava</b>	60,9	43,0	-	-
Tuloilmapuhallin 30%	-	56,8	-	-
Tuloilmapuhallin 100%	-	65,0	-	-
<b>Poistoilmakanava</b>	-	-	-	-
Tuloilmapuhallin 30%	-	58,9	-	-
Tuloilmapuhallin 100%	-	63,7	-	-

## 4.2 Kylmäpakastin-kontin melulähteiden mittaukset

Mittauksessa mitattiin Kylmäpakastin-kontiksi nimetyn kontin varustelun komponenttien tuottamaa melua. Mitattavat pisteet päätettiin yhdessä Piikiven kanssa (18). Tarkoituksena oli saada mitattua melua tuottavien komponenttien äänentasa kontin sisältä ja ulkopuolelta. Eniten melua tuottavia komponentteja olivat Piikiven mukaan kylmiö-, pakastus- ja voimakone (18). Kuvassa 4 on havainnollistettu 3D-mallin avulla kontin rakenne ylhäältäpäin kuvattuna ja mittauspisteet.



KUVA 10. Kylmäpakastin-kontin mittauspisteet (20)

Mittaukset toteutettiin mittaamalla ensin kylmiökoneen tuottama melu kontin sisällä ja ulkopuolella. Toiseksi mitattiin pakastuskoneen tuottama melu kontin sisällä ja ulkona. Seuraavaksi mitattiin melua kylmiö- ja pakastinkoneiden ollessa yhtä aikaa päällä kontin sisältä ja ulkopuolelta.

Voimakoneen tuottama melu mitattiin myös kontin sisältä ja ulkopuolelta. Viimeisenä mitattiin melu kaikkien koneiden ollessa yhtä aikaa päällä. Kontin ulkopuolella tehdyt mittaukset suoritettiin 1,2 m:n korkeudelta ja 2 m:n etäisyydeltä kontista. Kontin sisällä tehdyt mittaukset suoritettiin kylmiötilan keskellä 1,2 m:n korkeudelta. Mittaustulokset ovat taulukossa 2.

*TAULUKKO 2. Kylmäpakastin-kontin äänentason mittausten tulokset*

	<b>Ulkoa (dB)</b>	<b>Sisältä (dB)</b>
Kylmiökone päällä	65,1	70,8
Pakastuskone päällä	64,9	68,5
Kylmiö- ja pakastuskone päällä	65,9	72,2
Voimakone päällä	78,8	73
Kaikki yhtä aikaa päällä	79,2	69,1

## **5 MELUNTORJUNTA KONTTIVARUSTELUN KOMPONENTEILLE**

Mittausten perusteella huomiota tulee kiinnittää kylmiö-, pakastus-, voima- ja jäähdytyskoneiden tuottaman melun vaimentamiseen. Kylmäpakastin-kontissa olevien kaikkien koneiden ollessa yhtä aikaa päällä melutaso oli kontin ulkopuolella 79,2 dB (taulukko 1). Baumanin artikkelissa olevan Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviraston taulukon mukaan 79 dB:n melu on haitallista 3 tunnin melusaoloajan jälkeen (21). Kylmäpakastin-kontin tuottaman melutason voidaan olettaa haitalliseksi sen ympäristössä työskenteleville ihmisille.

### **5.1 Kylmiökoneen vaimentaminen**

Kylmäpakastin-kontissa oleva kylmiökone on kiinni kontin etupuolen seinässä. Kuvassa 11 on koneen paikka esitetty tarkemmin. Kylmiökone on koteloitu ja pultattu kontin seinään kiinni. Kylmiökoneen tuottamaa melua voidaan vaimentaa eri tavoin: asentamalla ääntä vaimentavaa materiaalia kotelon sisään, vaimentamalla kotelon kiinnitystä tai vaimentamalla kylmiökoneen kompressorin kiinnitys. Kylmiökoneen kompressori on yksi melua aiheuttava mekanismi. Kompressori aiheuttaa melua ja se myös aiheuttaa tärinää, joka läpäisee kontin seinän. Kompressoria vaimentamalla voidaan saada kontin sisälle tulevaa melua hiljennettyä.



*KUVA 11. Kylmäpakastin-kontin etupuoli (22)*

### **5.1.1 Kotelon vaimentaminen**

Kylmiökoneen kotelo voidaan vaimentaa asentamalla kotelon seiniin sisäpuolelle äänenvaimennukseen tarkoitettua materiaalia. Tähän soveltuu esimerkiksi Noisetekin valmistamat vaimennusmateriaalit, sillä ne soveltuvat muun muassa konekoteloinnin äänen vaimennukseen (23). Vaimennuslevyt leikataan kotelon sisäpuolen seinien muotoon sopiviksi ja asennetaan paikoilleen.

Vaihtoehtoisesti kotelo voidaan vaimentaa myös Sprefix-ruiskueristeellä. Sprefix G -ruiskueristeellä voidaan vaimentaa kotelosta ympäristöön johtuva ääni. Eris-

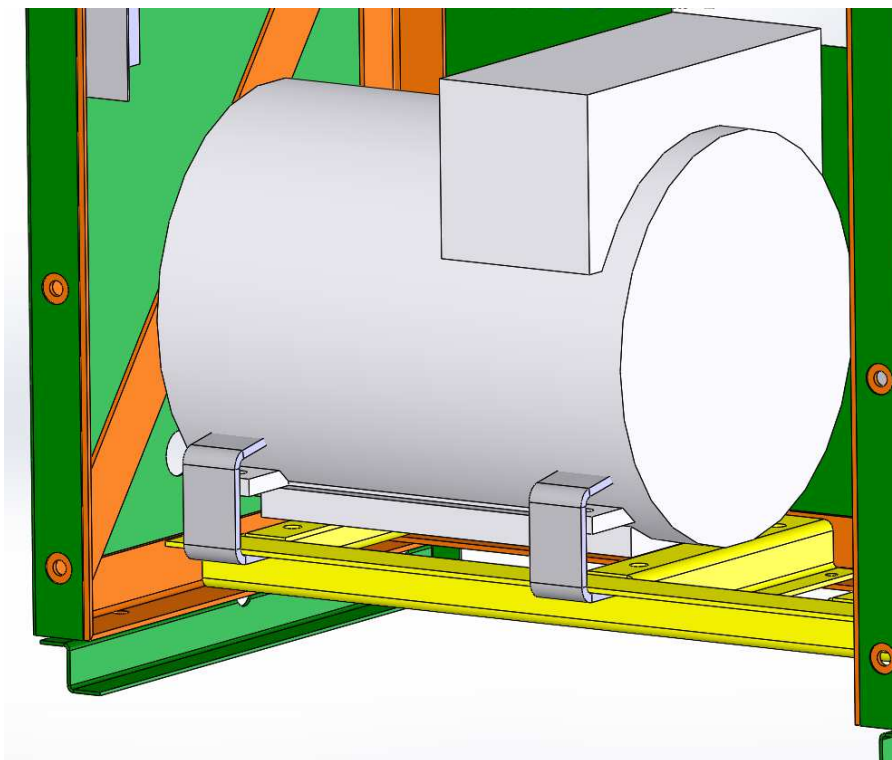
teelle luvataan valmistajan mukaan 25 mm:n eristepaksuudella riittävä äänen-  
vaimennus (24). Koteloa vaimentamalla se hiljentäisi kotelosta ulospäin lähte-  
vää ääntä, mutta ei välttämättä kontin sisälle tulevaa ääntä.

### 5.1.2 Kompressorin vaimentaminen

Kompressorin aiheuttaa käynnissä ollessaan tärinää, joka johtuu kontin runkoon  
ja aiheuttaa melua. Kompressorin tuottamaa melua voidaan vaimentaa esimer-  
kiksi kumivaimentimilla.

Kumi on yleinen materiaali ääni- ja tärinäeristyksessä. Kumi on elastista luon-  
nostaan ja sillä on hyvät vaimennusominaisuudet. Vaimennusominaisuuksia  
voidaan säätää kumisekoitusten ominaisuuksia säätämällä. ( 25.)

Kuvassa 12 on esitetty kompressorin kiinnitys Kylmäpakastin-kontin kylmiöko-  
neessa. Kompressor on asennettu kumivaimentimien päälle. Kompressorin  
valmistajan toimittavat vaimentimet voidaan korvata uusilla laadukkaammilla  
vaimentimilla. Vaimennuksen korvaamiseen voidaan käyttää esimerkiksi Tekni-  
kum Oy:n valmistamia lieriöeristimiä (26, s. 6).



KUVA 12. Kylmiökoneen kompressorin 3D-mallissa (27)



Kuvassa 13 on esitetty lieriöeristin. Lieriöeristin voidaan kiinnittää kompressorin ja sen alustan väliin, sillä ne soveltuvat kohteisiin, joissa on mahdollista tehdä kiinteä asennus. Näin saadaan aikaan yksinkertainen ja kustannustehokas tapa vaimentaa kompressorin tuottamaa värähtelyä ja melua. (26, s. 6.)



*KUVA 13. Lieriöeristin (26, s. 6)*

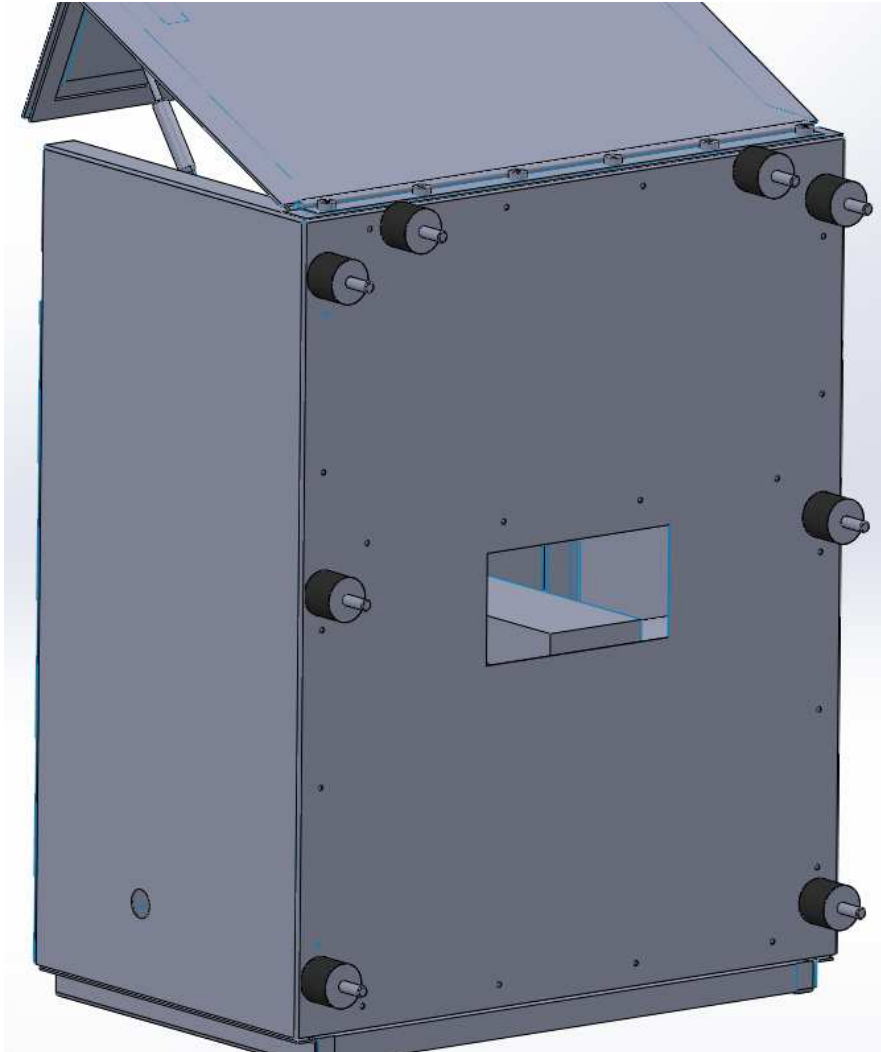
Toinen kompressorin vaimennustapa on käyttää kompressorin asennukseen Rubber Desingn B.V:n valmistamia tärinänvaimentimia jotka on esitetty kuvassa 14. Valmistajan mukaan tuote soveltuu kompressorien värähtelyn vaimennukseen. (28.)



*KUVA 14. Range Anti-Vibration Mounting (28)*

### 5.1.3 Kotelon kiinnityksen vaimentaminen

Kotelon ja seinän väliin voidaan asentaa esimerkiksi Teknikum Oy:n valmistamia lieriövaimentimia, jotka vaimentavat kylmiökoneen aiheuttamaa värähtelyä (26, s. 6). Lieriövaimentimet kiinnitetään kotelon asennusreikiin. Kuvassa 15 on esitetty kylmäkoneen kotelon vaimennus 3D-mallin avulla, ja johon lieriövaimentimet tarkalleen kiinnitetään.



*KUVA 15. Kylmiökoneen vaimennus (27)*

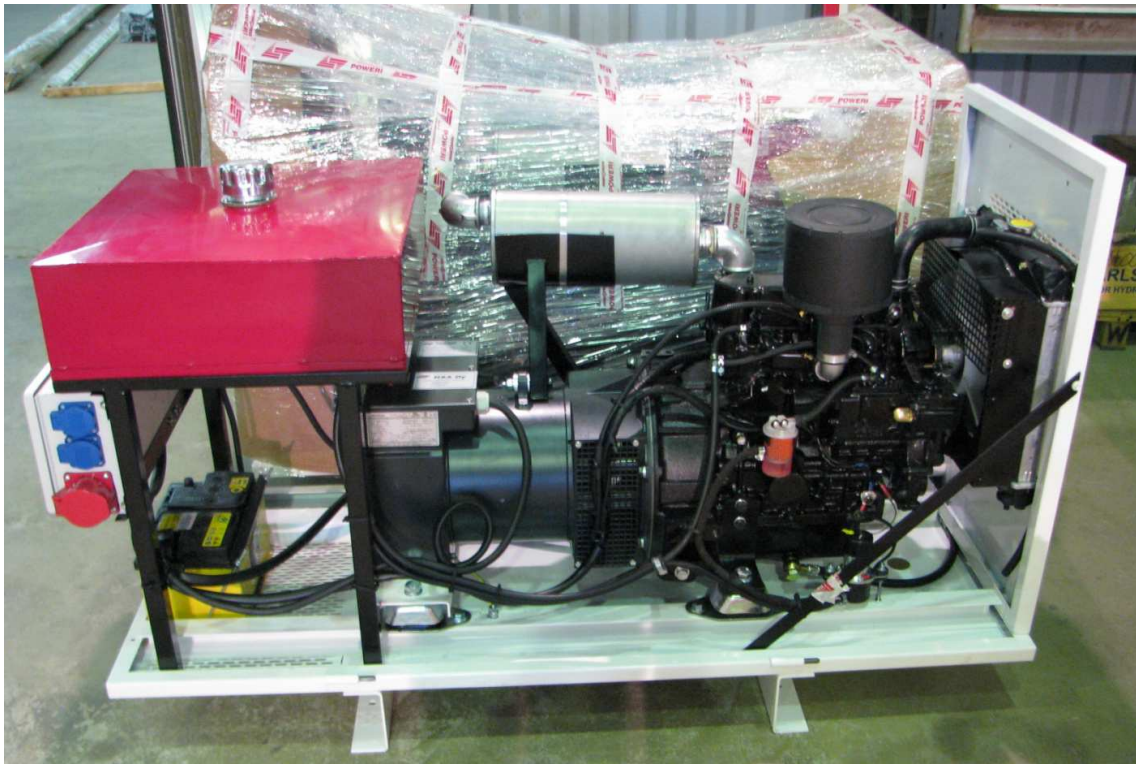
### 5.2 Pakastuskoneen vaimentaminen

Pakastuskonetta voidaan vaimentaa samoin tavoin kuin kylmiökonettakin, koska se on rakenteeltaan samanlainen. Voidaan joko vaimentaa koneen kiinnitys konttiin, vaimentaa kotelon sisustaan äänenvaimennuslevyillä tai korvata pakas-

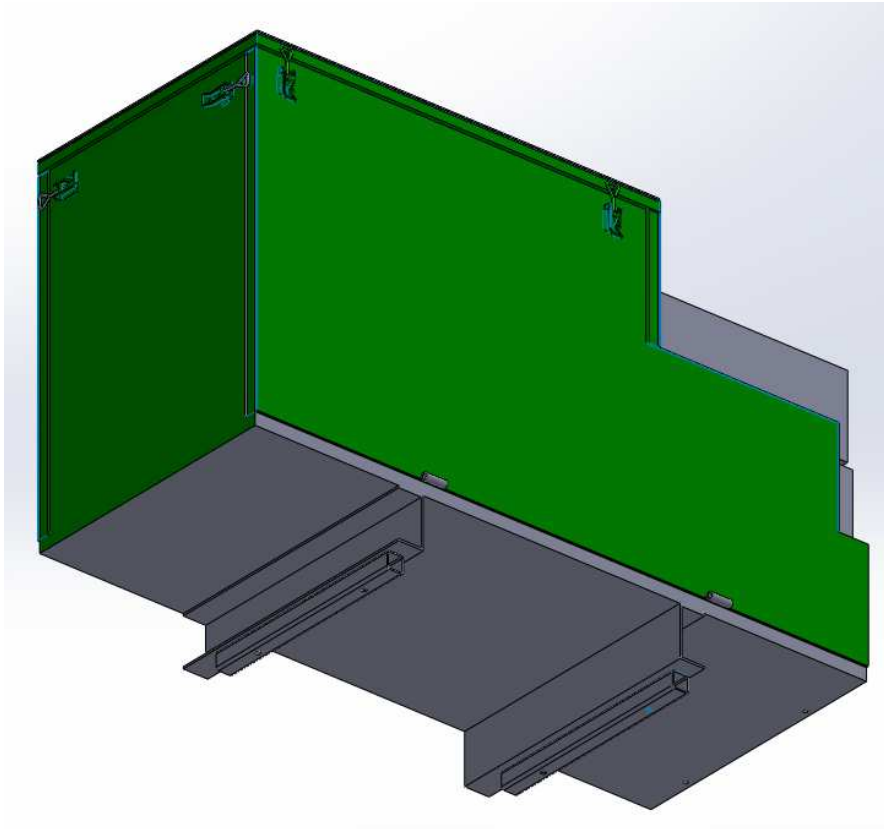
tuskoneen kompressorin vaimentimet uusilla. Pakastuskoneen tuottaman melun mittaukset osoittavat sen olevan kaikista vähiten melua tuottava komponentti kontin varustelussa (taulukko 2).

### 5.3 Voimakoneen vaimentaminen

Voimakone on kiinnitetty pulteilla kontin alustaan. Voimakoneen koneikko on vaimennettu valmistajan toimesta. Valmistajan asentamat vaimentimet voidaan korvata uusilla laadukkaammilla vaimentimilla. Kuvasta 11 näkee voimakoneen paikan Kylmäpakastin-kontissa ja kuvassa 16 näkyy, millainen voimakone on ilman sääsuojan koteloa. Kuvassa 17 on esitetty voimakoneen kiinnityskohdat 3D-mallin avulla.



*KUVA 16. Kylmäpakastin-kontin voimakone (29)*



*KUVA 17. Voimakoneen kiinnitys (30)*

Kuvassa 18 näkyy, millainen voimakone on sääsuojan kanssa. Voimakoneen vaimennus voidaan toteuttaa kahdella tavalla: korvataan voimakoneen koneikon vaimennus tai vaimennetaan sääsuojan kotelo. Kiinnityksen vaimennukseen voi käyttää esimerkiksi Lining Components Oy:n LV-sarjan tärinävaimentimia. Ne soveltuvat erilaisten koneiden tärinävaimennukseen ja niiden asennustavat on mahdollista toteuttaa toivomusten mukaan. (31, s. 1.)

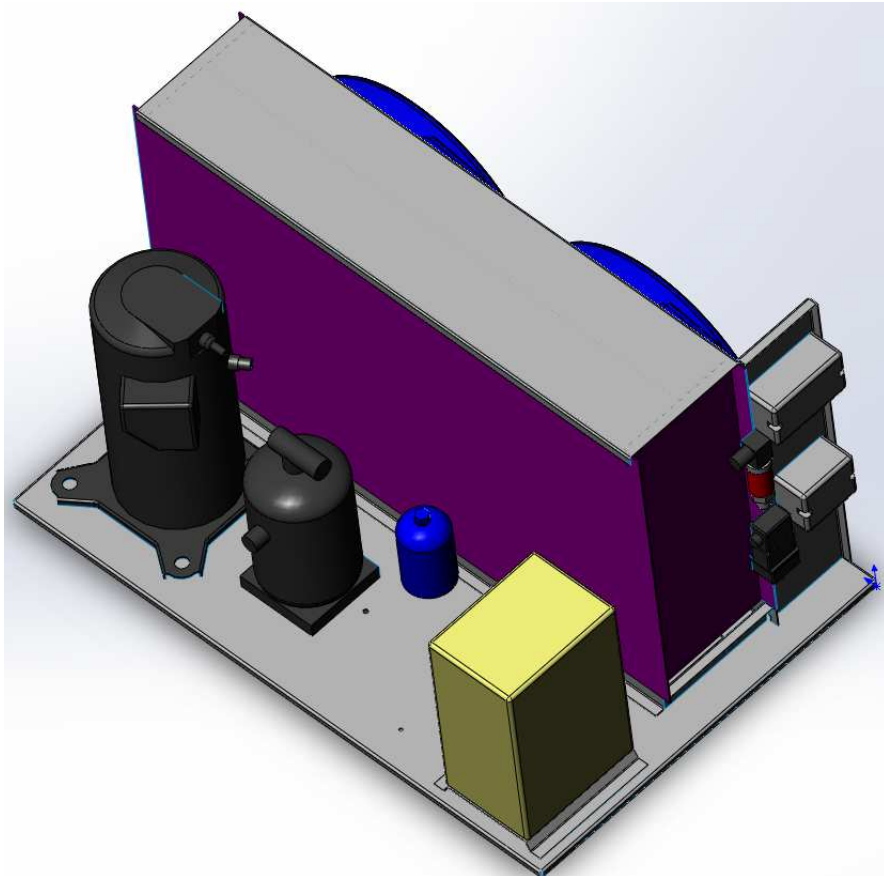


*KUVA 18. Voimakone sääsuojan kanssa (32)*

Sääsuojan kotelo voidaan vaimentaa esimerkiksi Noisetek Oy:n vaimennuslevyillä, sillä ne soveltuvat muun muassa työkoneiden äänenvaimennukseen (23). Levyt asennettaisiin sääsuojan sisäpuolelle, koko suojan ympäri. Toinen äänenvaimennustapa on käyttää jo aiemmin mainittua Sprefix-ruiskueristettä (24). Sääsuojaa vaimentamalla saisi hiljennettyä kontin ulkopuolelle tulevaa melua, mutta tärinästä sisälle tuleva melu ei vaimenisi.

#### **5.4 Jäähdytyskoneen vaimentaminen**

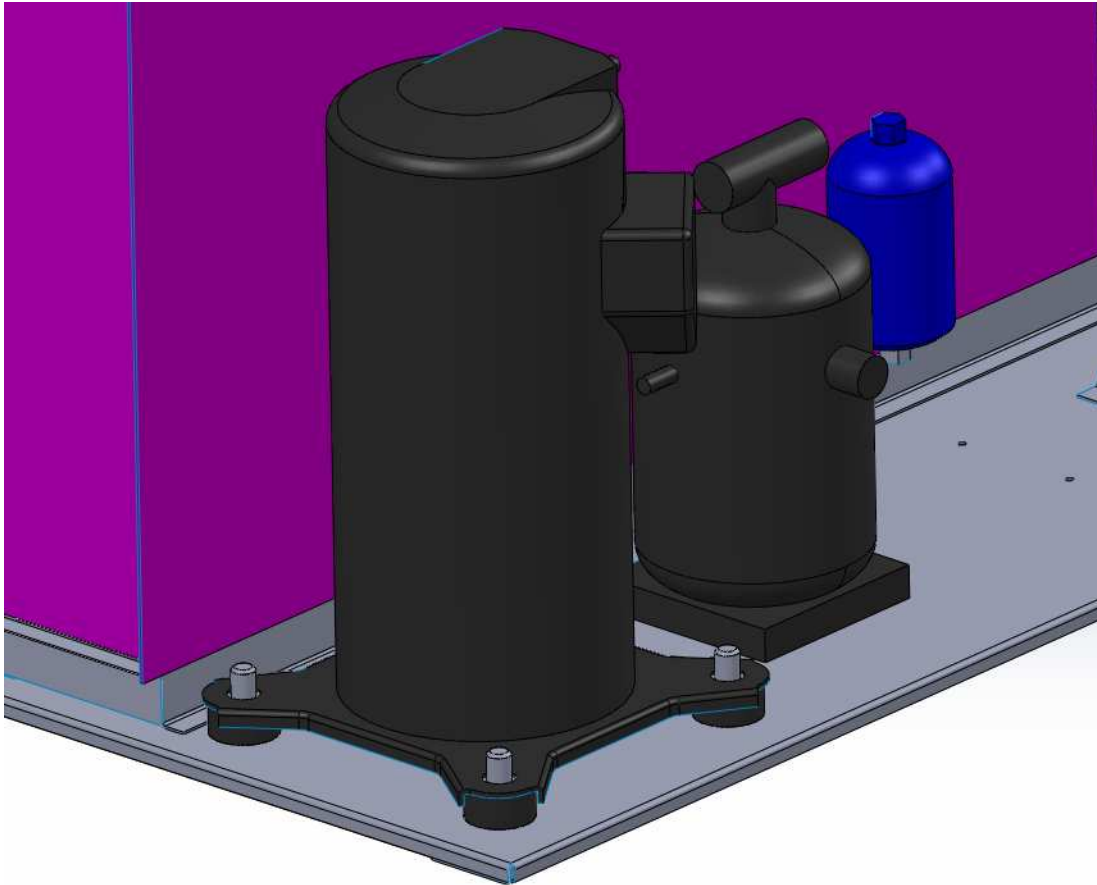
Palvelin-kontissa olevien jäähdytyskoneiden tuottamaa melua voidaan vaimentaa. Kontista mitattujen mittausten mukaan jäähdytyskoneet tuottavat eniten melua Palvelin-kontista (taulukko 1). Jäähdytyskoneista voidaan vaimentaa joko kompressoria tai puhaltimia. Jäähdytyskone on esitetty 3D-mallin avulla kuvassa 19.



*KUVA 19. Jäähdytyskone (33)*

#### **5.4.1 Kompressorin vaimentaminen**

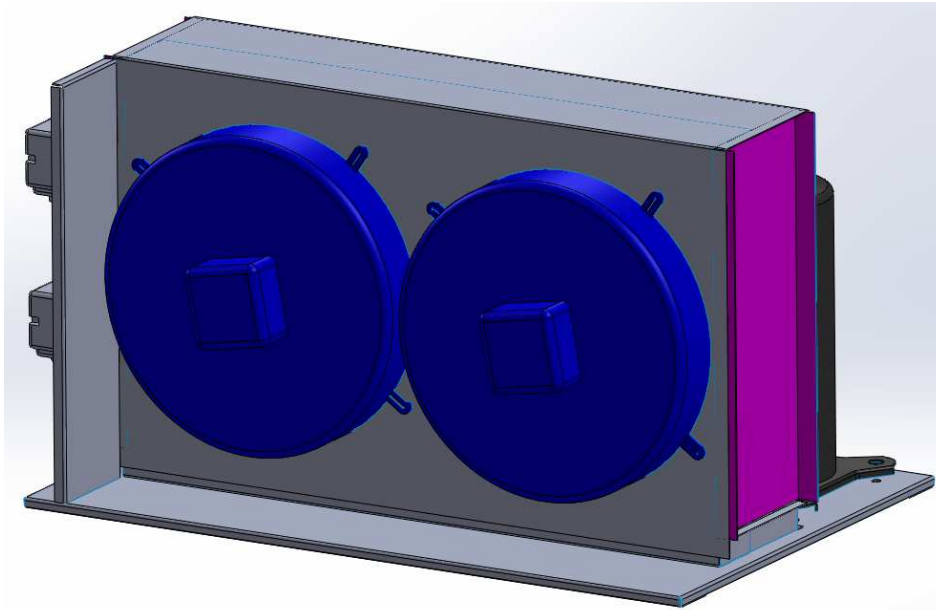
Jäähdytyskoneen kompressorin tuottamaa melua saadaan vaimennettua samalla tavalla kuin kylmiökoneen kompressoria, eli korvataan kompressorin ja sen alustan väliin asennettu vaimentava komponentti uudella vaimentimella, esimerkiksi lieriövaimentimella. Lieriövaimentimena voidaan käyttää jo aiemmin mainittuja Teknikum Oy:n valmistamia lieriöeristimiä. Kuvassa 20 on esitetty 3D-mallin avulla, miten vaimennus voitaisiin toteuttaa.



*KUVA 20. Jäähdytyskoneen kompressorin vaimennus lieriövaimentimilla (33)*

#### **5.4.2 Puhaltimien vaimentaminen**

Jäähdytyskoneessa on 2 puhallinta. Puhaltimien tuottama melu syntyy kahdella tavalla: mekaanisena äänenä tai puhaltimen läpivirtaavassa ilmassa syntyvänä äänenä (34). Jäähdytyskoneen puhaltimet on esitetty kuvassa 21 sinisellä värillä 3D-mallin avulla.



*KUVA 21. Jäähdytyskoneen puhaltimet (33)*

Puhaltimien aiheuttamaa melua voidaan vaimentaa käyttämällä ilmaäänen vaimennuslevyä. Voidaan esimerkiksi asentaa Noisetek Oy:n valmistamaa alumiinipintaista vaimennuslevyä LRP10PV jäähdytyskoneen ympärille (23). Vaimennuslevy pitäisi asentaa niin, että ääntä pääsisi mahdollisimman kantautumaan kontin varustetilasta operointitilaan. Jäähdytyskone pitäisi vuorata kauttaaltaan ympäri vaimennuslevyjen palasilla niistä paikoista, mistä se on mahdollista. Jos koko konetta ei saada ympäröityä vaimennuslevyillä, ei välttämättä saavutettaisi riittävän hyvää ääneneristystä.



## 6 VAIMENNUKSIEN VALINTA JA MITOITUS

Melun suurimpia aiheuttajia ovat Kylmäpakastin-kontissa oleva voimakone ja kylmiökone. Seuraavaksi valitaan miten voimakone ja kylmiökoneen kompressorivaimennetaan, ja mitoitetaan vaimennukset.

### 6.1 Kylmiökoneen kompressorin vaimennuksen valinta ja mitoitus

Kylmiökoneen kompressorivaimennus valittiin vaimennettavaksi, koska se oli toiseksi kovin melunlähde kontin ulkopuolelta mitattuna. Vaimentimien asennus onnistuisi helpoiten kompressorin. Kompressorissa olevat vaimentimet voidaan korvata uusilla. Vaimennus voidaan toteuttaa käyttämällä SKS Group Oy:n valmistamia Paulstradyn-värinänvaimentimia. Kylmiökoneen kompressorin malli on Frascold A 1,5 8 Y, ja sen massa sekä pyörimisnopeus ovat 36 kg ja 1 450 rpm (35).

Kompressorin massa jakautuu tasaisesti neljään kiinnityskohtaan, eli  $36 \text{ kg} / 4 = 9 \text{ kg}$ . Kuormittavaksi voimaksi tulee  $9 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 88,29 \text{ N}$ . Pyörimisnopeus muutetaan yksikköön 1/s,  $1\,450 \text{ rpm} / 60 \text{ s} = 24,167 \text{ 1/s}$ . Taajuudeksi tulee 24,167 Hz.

Paulstradyn -värinänvaimentimien mitoituksessa lasketaan ensin todellisen kuorman ja nimellisen kuorman suhde. Valitaan vaimennintyyppi Paulstradyn 12, jonka nimelliskuorma on 120 N (17, s. 15). Suhteeksi tulee tällöin  $88,29 \text{ N} / 120 \text{ N} = 0,73575$ . Vaimentimen korkeus kuormitettuna on käyrästä luettuna n. 33,8 mm. Vaimentimen korkeus kuormittamattomana on 40 mm, joten painumaksi tulee  $40 \text{ mm} - 33,8 \text{ mm} = 6,2 \text{ mm}$  (17, s. 15 - 16). Seuraavaksi luetaan käyrästä vaimennuksen prosenttiluku ominaistajuuden ja painuman suhteen (17, s. 4). Vaimennusprosentiksi saadaan noin 92.5 %, eli vaimennus on hyvä.

### 6.2 Voimakoneen vaimennuksen valinta ja mitoitus

Voimakone valittiin toiseksi vaimennettavaksi, koska se oli suurin melunlähde Kylmäpakastin-kontissa. Myös Conlog Oy:n huoltopäällikön Ville Piikiven näkemyksen mukaan voimakone on suurin melun aiheuttaja (18). Voimakoneessa

olevat vaimentimet voidaan korvata uusilla vaimentimilla. Voimakoneen massa on 210 kg ja pyörimisnopeus 1 500 rpm (36). Valitaan voimakoneen vaimennukseen Lining Components Oy:n valmistamat LV-sarjan vaimentimet.

Voimakone mitoitetaan LV-sarjan vaimentimien mitoitustaulukon mukaan. Koneen pyörimisnopeus on 1 500 rpm, mutta kun se on yli 700, sitä ei tarvitse huomioida mitoittaessa LV-sarjan vaimentimia. Koneen paino jaetaan neljälle vaimentimelle, joten jokaista vaimenninta kohti tulee 52,5 kg kuormitusta. Seuraavaksi vedetään pystysuora viiva lasketun kuorman kohdalle liitteestä 1 löytyvään taulukkoon. Liitteestä 1 löytyvän taulukon mukaan pystyviiva leikkaa LV 10 vaimenninmallin viivan. Vaimennusluokaksi tulee luokka 2, eli vaimennus on hyvä. (37, s. 11.)

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia konttivarustelussa yleisesti käytettyjen järjestelmien aiheuttamien meluhaittojen syntyä ja mahdollisuuksia niiden ehkäisemiseksi suunnittelun näkökulmasta. Työn sisältönä oli löytää oleelliset meluhaittojen lähteet, selvittää niiden melun syntyyn vaikuttavat mekanismit ja löytää kustannustehokkaita keinoja torjua melu. Työssä mitattiin kahden erilaisen erikoiskontin varustelun komponenttien tuottamaa melua ja etsittiin ratkaisuja melun vaimentamiseen.

Mittauksista selvisi että meluisimmat järjestelmät mitatuissa konteissa olivat voimakone ja kylmiö- tai jäähdytyskoneen kompressori. Mittausten tuloksiin saattoi vaikuttaa viereisessä työtilassa tapahtunut Conlog Oy:n tuotannon työskentely, koska sieltä kantautui melua tilaan, missä mittaukset suoritettiin.

Mitatut kontit eivät olleet rakenteeltaan identtisiä, eikä Palvelin-kontissa ollut melu ongelmaa. Palvelin-kontin mittaus tuotti sellaisia tuloksia, mihin muissa konteissa tulisi päästä melun kannalta. Näitä tuloksia oli hyvä verrata Kylmäpakastin-kontista mitattuihin tuloksiin, jotta nähtäisiin, millaiseen melutasoon tulisi pyrkiä.

Työn aikana löytyi useita keinoja vaimentaa melunlähteitä. Niistä valittiin meluisimmat komponentit, etsittiin niihin vaimennustapa ja mitoitettiin se. Valinta perustui Conlog Oy:n asiantuntijoiden näkemykseen suurimman melun aiheuttajista ja mittauksista saatuihin mittaustuloksiin. Mitoitus toteutettiin vaimentavia komponentteja valmistavien yritysten ohjeiden mukaisesti. Tuloksena syntyi mitoitettuja vaimennustapoja konttivarusteluiden meluisimmille komponenteille. Kylmäpakastinkontin kylmiökoneen kompressorille sekä voimakoneelle mitoitettiin toimivat vaimennukset.

Työssä olisi voinut tehdä melumittausten kanssa värähtelymittauksia, joista olisi voinut selvittää lisää tietoa, jota hyödyntää meluhaittojen torjunnassa. Työssä olisi myös voinut hankkia mitoitettuja vaimentimia ja asentaa ne paikoilleen. Asennuksen jälkeen olisi voinut mitata uudestaan esimerkiksi voimakoneen tuottama melu ja katsoa, vaikuttiko vaimennintyyppin vaihtaminen melutasoon.

Tämä opinnäytetyö voi toimia pohjana kenelle tahansa, joka haluaa mitoittaa vaimennuksia vastaavanlaisille laitteille. Conlog Oy voi käyttää tämän työn tietoa hyväksi, jos tulevaisuudessa valmistetaan erikoiskontteja, joihin tulee voima-, pakastus- tai kylmiökoneita. Työssä on myös pohja laskea vaimennus helposti komponenteille, jotka halutaan vaimentaa, kun tiedetään komponentin pyörimisnopeus ja massa.

## LÄHTEET

1. Perustiedot Conlog. Word-dokumentti. Sisäinen dokumentti. Conlog Oy.
2. Finder. Tunnuslukutiivistelmä. Saatavissa:  
<http://www.finder.fi/Autokoritehtaita/Conlog%20Oy/YLIKIIIMINKI/taloustiedot/1003735>. Hakupäivä 3.5.2014.
3. Viestiasema CL-600. Conlog Group. Saatavissa: <http://www.conlog-group.fi/fi/tuotteet-ja-palvelut/puolustus-ja-turvallisuus/tiedustelu-valvonta-ja-johtamistilat/viestiasema-cl-600.html>. Hakupäivä 3.5.2014.
4. Case Kemiittiajoneuvo. Conlog Group. Saatavissa: <http://www.conlog-group.fi/fi/tuotteet-ja-palvelut/erikoisajoneuvot/case-kemiittiajoneuvo.html>. Hakupäivä 3.5.2014.
5. Melu ja sen torjunta. Periaatteita ja sovellutuksia. 1979. Käännöstyön tarkastus: dipl.ins Kari Pesonen. Helsinki: Työturvallisuuskeskus.
6. Melu ja tärinä. Työturvallisuuskeskus. Saatavissa:  
[http://www.tyoturva.fi/tyosuojelu/melu\\_ja\\_tarina\\_vanha](http://www.tyoturva.fi/tyosuojelu/melu_ja_tarina_vanha). Hakupäivä 3.5.2014.
7. Peltonen, Hannu - Perkkiö, Juha - Vierinen, Kari 2002. Insinöörin (AMK) fyysikka. Osa 2. Lahti: Lahden Teho-Opetus Oy.
8. Ääneneristys. Paroc Group. Saatavissa:  
<http://www.paroc.fi/knowhow/aani/aaneneristys>. Hakupäivä 22.4.2014.
9. Värähtelymekaniikka Sessio 01. Johdanto, peruskäsitteitä, laskentamallit. Digma. Saatavissa:  
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/digma/5h5F4nd6W/VMS01.pdf>. Hakupäivä 2.5.2013.
10. Amplitudi. 2014. Wikipedia. Saatavilla: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Amplitudi>. Hakupäivä 3.5.2014.

11. Värähtelymekaniikka Sessio 05. Vaimennus. Digma. Saatavissa:  
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/digma/5h5F4p2m1/VMS05.pdf>. Hakupäivä 3.5.2014.
12. Värähtelymekaniikka Sessio 09. Yhden vapausasteen vaimeneva ominaisvärähtely. Digma. Saatavissa:  
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/digma/5h5F4rODE/VMS09.pdf>. Hakupäivä 19.5.2014.
13. Tiensuu, Pentti 2014. Lieriöeristimien mitoitus. Sähköposti. Vastaanottaja: Antti Kaisanlahti. 14.5.2014.
14. Tekniikan kaavasto. 2008. Tampere: Tammertekniikka Oy.
15. Tärinäeristimen mitoituksen perusteet. Teknikum Oy. Saatavissa:  
[http://www.teknikum.com/@Bin/31197/Teknikum\\_Tarinaneristykseen\\_valinta.pdf](http://www.teknikum.com/@Bin/31197/Teknikum_Tarinaneristykseen_valinta.pdf). Hakupäivä 19.5.2014.
16. Lieriöeristimet. PDF-tiedosto. Teknikum Oy.
17. Paulstra värinänvaimentimet. SKS Group Oy. Saatavissa:  
[http://www.sks.fi/www/sivut/D80C80B00EBD7566C2257B6A001FB359/\\$FILE/Paulstra\\_pdf%20p%C3%A4%C3%A4luettelo%20suom.kiel.pdf](http://www.sks.fi/www/sivut/D80C80B00EBD7566C2257B6A001FB359/$FILE/Paulstra_pdf%20p%C3%A4%C3%A4luettelo%20suom.kiel.pdf). Hakupäivä 20.5.2014.
18. Piikivi, Ville. Huoltopäällikkö, Conlog Oy, Ylikiiminki. Keskustelut marraskuun 2013 – toukokuun 2014 aikana.
19. 11281-7001-sisävarustelu. SolidWorks-malli. Sisäinen dokumentti. Conlog Oy.
20. 08197-Kypa. SolidWorks-malli. Sisäinen dokumentti. Conlog Oy.
21. Bauman, Neil 2007. What Are Safe Sound Levels? Saatavissa:  
<http://hearinglosshelp.com/weblog/what-are-safe-sound-levels.php>. Hakupäivä 2.5.2014.
22. Kuva 004. Kansio 08197-KYPA. Sisäinen dokumentti. Conlog Oy.

23. Ilmaäänien vaimennusmateriaalit. Noisetek Oy. Saatavissa:  
<http://www.noisetek.fi/ilmvaim.html>. Hakupäivä 3.5.2014.
24. Äänenvaimennus. Backa Industriservice AB. Saatavissa: <http://www.sprefix-eristys.fi/aanieristys>. Hakupäivä 18.4.2014.
25. Tärinän- ja äänenvaimennus. Teknikum Oy. Saatavissa:  
<http://www.teknikum.com/tuotteet/tekniset-polymeerit-tuotteet-ja-/tarinan-ja-aanenvaimennus>. Hakupäivä 22.4.2014.
26. Äänen- ja tärinäneristys. Teknikum Oy. Saatavissa: <http://teknikum-com-bin.aldone.fi/@Bin/3401c4779a0d4203b6853acc58cdfdb4/1397832106/application/pdf/26704/Eristys.pdf>. Hakupäivä 3.5.2014.
27. 08197-2100-Kylmäkone. SolidWorks-malli. Sisäinen dokumentti. Conlog Oy.
28. Range Anti-Vibration Mountings. Rubber Design B.V. Saatavissa:  
<http://www.rubberdesign.nl/products-services/anti-vibration-mountings/range-anti-vibration-mountings.aspx>. Hakupäivä 18.4.2014.
29. IMG\_0035. Kansio 08197-KYPA. Sisäinen dokumentti. Conlog Oy.
30. 07164-1222\_Voimakone (sääsuojaus). SolidWorks-malli. Sisäinen dokumentti. Conlog Oy.
31. LV-sarjan tärinänvaimentimet. Lining Components Oy. Saatavissa:  
<http://www.liningcomponents.fi/vaimennustekniikka/lv-sarjan-tarinanvaimentimet>. Hakupäivä 23.4.2014.
32. IMG\_0102. Kansio 08197-KYPA. Sisäinen dokumentti. Conlog Oy.
33. Kylmäkone-CL-100. SolidWorks-malli. Sisäinen dokumentti. Conlog Oy.
34. Äänitekniset tarkastelut. 2014. VTT Expert Services Oy. Saatavissa:  
[http://www.sulvi.fi/wp-content/uploads/2013/12/VTT\\_a\\_a\\_nitekniset\\_tarkastelut-LIITTEET\\_040113.pdf](http://www.sulvi.fi/wp-content/uploads/2013/12/VTT_a_a_nitekniset_tarkastelut-LIITTEET_040113.pdf). Hakupäivä 2.5.2014.

35. Frascold A 1,5 8 Y. Saatavissa:

[http://www.infrost.com.ua/frascold\\_a\\_1\\_5\\_8\\_y.html](http://www.infrost.com.ua/frascold_a_1_5_8_y.html). Hakupäivä 17.5.2014.

36. Poweri. Diesel-aggregaatit Mitsubishi-moottorilla. Hsa Oy. Saatavissa:

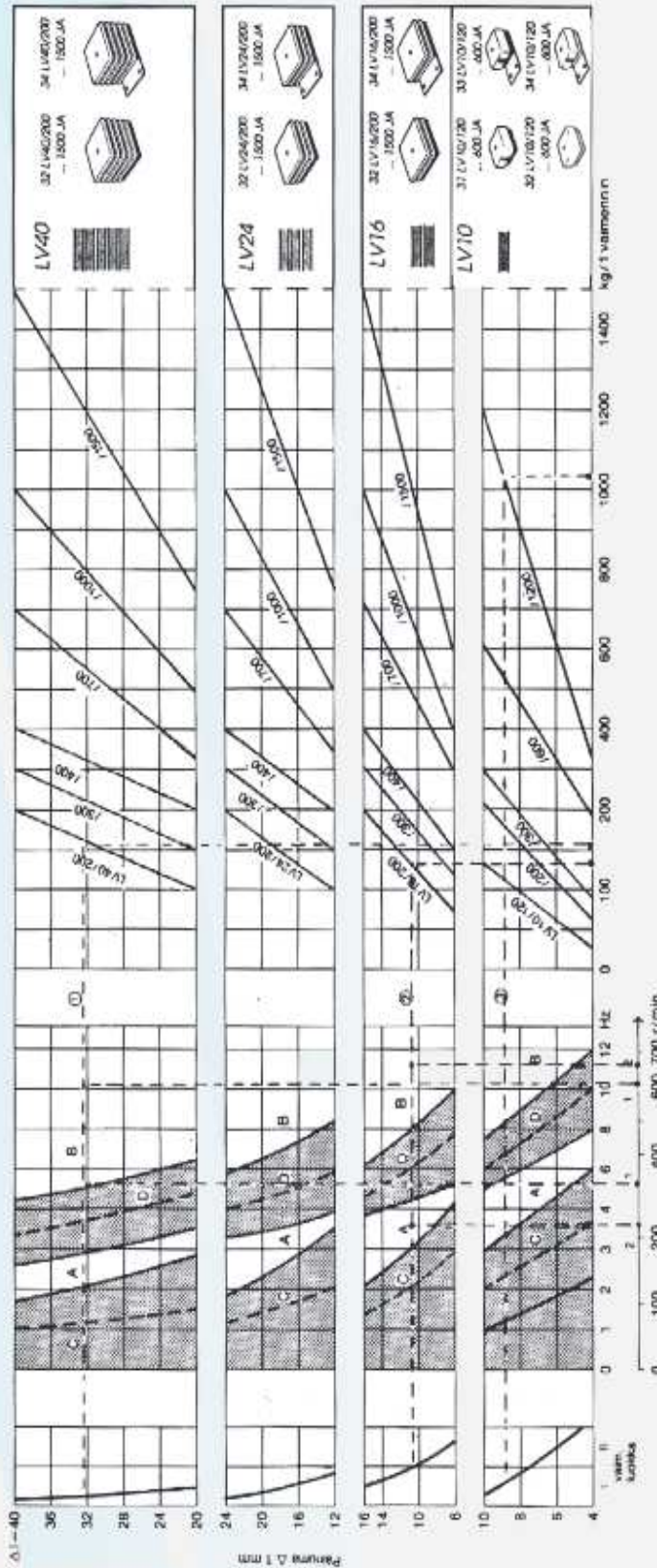
[http://www.hsaoy.com/aggregaatit/poweri/esitteet\\_poweri/ES\\_Poweri\\_DMW4.pdf](http://www.hsaoy.com/aggregaatit/poweri/esitteet_poweri/ES_Poweri_DMW4.pdf). Hakupäivä: 21.5.2014.

37. LV-Sarjan tärinävaimentimet. Lining Components Oy. Saatavissa:

[http://www.liningcomponents.fi/pdf/Lining\\_Components\\_-\\_LV-sarjan\\_tarinanvaimentimet\\_%28FIN%29.pdf](http://www.liningcomponents.fi/pdf/Lining_Components_-_LV-sarjan_tarinanvaimentimet_%28FIN%29.pdf). Hakupäivä 23.4.2014.



### MITOITUSTAULUKKO



Esimerkit:	1	2	3
Koneen kierr. r/min	300/600/900	220/650	1500
Koneen paino kg	650	520	6300
Vaim. malli	LV 40/200	LV 16/200	LV 10/1200
Vaim. lukumäärä	4	4	6
Vaimennusluokka			

#### VAIMENNUSLUOKKA I

= vaimennus erinomainen, runkoäännet lakkaavat

#### VAIMENNUSLUOKKA II

= vaimennus hyvä, malittavia tärinävoimia ei siirry ympäristöön

*Valitaan vaimennusluokka I, kun ympäristöllä (lattialla, tasolla) on sama ominaisuus kuin koneella.*

A = vaimennusalue 1,5-4,5 Hz  
B = vaimennusalue > 4,5 Hz

C: Vaakasuora resonanssialue  
D: Pystysuora resonanssialue

*Vaakasuorassa pyörivä akseli aiheuttaa pystysuoraa tärinää, jolloin aluetta D ei voida käyttää.*

*Pystysuorassa pyörivä akseli aiheuttaa vaakasuoraa tärinää, jolloin aluetta C ei voida käyttää.*