

Kimmo Köykkä

ILMASTOINNIN
ÄÄNENPAINETASOJEN
MITTAUS

Opinnäytetyö
Talotekniikka
T057SN_1


Toukokuu 2011




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILOLEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Opinnäytetyön päivämäärä 10.5.2011
Tekijä(t) Kimmo Köykkä		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Talotekniikka
Nimeke Ilmastoinnin äänenpainetasojen mittaus		
Tiivistelmä <p>Työn tarkoitus oli selvittää ilmastoinnin äänenpainetasoja sekä olosuhdetta ja tuloilman riittämättömyyttä LVI - Kaari OY:n urakointikohteessa Mikkelin Anttolanhovissa. Anttolanhovin mittausalueeseen kuului kaksi osaa: hallinto ja kuntoutus.</p> <p>Tutkimukseen kuului äänenpainetasokyselyn ja -mittausten järjestäminen ja toteuttaminen mittauskohteessa. Mittauksissa käytettiin Brüel & Kjaerin melumittaria ja SwemaAir-300 paine-, ilmavirta-, nopeus- ja olosuhdemittaria. Lisäksi kanavistoa kuvattiin Snake-kameralla.</p> <p>Kyselyyn vastasi 14 ja noin puolet heistä koki ilmastoinnin äänet häiritseviksi. Lisäksi vetoa ja tuloilman riittämättömyyttä valitettiin. Kyselyn perusteella voitiin mittaukset kohdistaa enimmäkseen ongelmahuoneisiin. Mitattavia tiloja oli yli 100, joista suurin osa oli määräyksiä vastaavat. Muutamissa tiloissa ilmeni äänenpainetaso-ongelmia. Vetoisuutta ei juuri ilmentynyt. Staattinen paine jäi vajaaksi yhdessä kohdassa kanavamutoksen seurauksena.</p> <p>Korjausratkaisuja mietittäessä pääkriteerinä oli helppo asennettavuus. Useampaan kohtaan olisi asennettava äänenvaimentimia ja lisättävä äänieristystä. Ilmavirran riittämättömyyteen ja säätöön vaikuttaisivat moottorin suurentamisen lisäksi kanavamutkiin asennettavat ohjaussiivet.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Ilmastointi, äänenpainetaso, mittaus		
Sivumäärä 44	Kieli Suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Heikki Salomaa		Opinnäytetyön toimeksiantaja LVI - Kaari Oy, Mikkeli

DESCRIPTION

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Date of the bachelor's thesis 10.5.2011
Author(s) Kimmo Köykkä	Degree program and option Building Service	
Name of the bachelor's thesis Measuring the sound pressure levels of the air conditioning systems		
Abstract <p>The purpose of this bachelor's thesis was to concentrate on measuring the sound pressure levels of the air conditioning system and both the draught and the inadequacy of supply air was declared at a building site of HVAC - Kaari Ltd. The case building was Anttolanhovi in Mikkeli. The building had two parts: management and health treatments.</p> <p>The research consisted of two parts. These were the organization and the implementation of a survey and the measurement of sound pressure levels. I used Bruel & Kjaer noise meter and SwemaAir-300 pressure, airflow, velocity and condition meter during this work. In addition, ductwork was filmed with the snake-camera.</p> <p>Responses were received from 14 employees of Anttolanhovi. About 50 percent of them felt disturbing voice. In addition, they complained about the draught and the inadequacy of the supply air. There were over 100 measured rooms, which complied essentially with the design specifications. There were high sound pressure levels in some rooms. The draught was low. The static pressure fell in some point of ducts as a result of the changing duct size.</p> <p>The starting point of improvements was to choose equipment easy to install. In some places silencers should be installed and sound insulation should be added in some points. The inadequacy of airflow and controlling could be helped by control wings, which would be installed to duct curves.</p>		
Subject headings, (keywords) Air conditioning, sound pressure level, measurement		
Pages 44	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Heikki Salomaa	Bachelor's thesis assigned by HVAC - Kaari Ltd, Mikkeli Finland	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	ILMASTOINNIN ÄÄNENPAINETASOMITTAUSTEN TEORIAA	2
2.1	ILMASTOINNIN ÄÄNI	2
2.1.1	Äänen eteneminen.....	3
2.1.2	Äänen vaimeneminen.....	4
2.1.3	Äänenvaimentimet	5
2.1.4	Huoneeseen tulevan äänenpainetason määrittäminen.....	7
2.2	MÄÄRÄYKSET JA OHJEET	12
2.2.1	Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisohje 2003:1.....	13
2.2.2	Suomen rakentamismääräyskokoelmat.....	13
2.2.3	Ilmastoinnin äänenpainetasomittausten määräykset.....	15
3	MITTAUSKOHDDE	17
3.1	Esittely	17
3.2	Mitattavat tilat.....	17
3.3	Toteutettu ilmastointi.....	18
4	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	19
4.1	Äänenpainetasokysely	19
4.1.1	Tavoite	19
4.1.2	Kyselyn rakenne.....	19
4.2	Äänenpainetasomittaukset	20
4.2.1	Mittauskalusto.....	20
4.2.2	Toteutetut mittaukset	21
5	TUTKIMUKSEN TULOKSET JA TARKASTELU.....	22
5.1	Äänenpainetasokysely	22
5.2	Äänenpainetasomittaukset	25
5.2.1	Hallinto	25
5.2.2	Kuntoutus	27
5.2.3	Muut tilat.....	30
5.3	Olosuhteen mittaus	31
5.4	Staatista paineen mittaus.....	32
5.5	SFP-luku	34
5.6	IV-konehuonemelu	35

5.7	NR-luvun esitys	37
6	SUOSITUKSET ONGELMIEN RATKAISEMISEKSI	37
6.1	Ilmavirran puute.....	37
6.2	Äänet.....	39
7	POHDINTA	42
	LÄHTEET	43

LIITE/LIITTEET

- 1 Tuloilmakoneen(TK12) puhaltimen tiedot
- 2 Stravent S11- suutinputki
- 3 Äänenpainetasokysely
- 4 Äänenpainetasomittauspöytäkirja
- 5 Äänenpainetasomittaukset (hallinto)
- 6 Äänenpainetasomittaukset (kuntoutus)
- 7 NR - käyrästä
- 8 NR - luvun esitys
- 9 Jeven - Inno
- 10 Jeven JEVE R- ja L

1 JOHDANTO

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia ilmastoinnin äänenpainetasoja LVI-kaari OY:n urakointikohteessa. Urakointikohde oli Anttolanhovi, joka sijaitsee 20 km Mikkelistä. Ongelmana oli tuloilmakoneen ilmamäärän riittämättömyys osassa huoneissa. Tuloilmakoneelta lähtee suunniteltu ilmamäärä, mutta ensimmäisten huoneiden kohdalla ilmamäärä jää noin puoleen. Lisäksi on havaittu korkeita äänenpainetasoja muutamissa huoneissa sekä lämpötilan nousua ja työntekijöiden oireilua. Opinnäytetyössä selvitettyjä tutkimuskysymyksiä olivat, minkälaiset äänenpainetasot urakointikohteessa ovat, miten rakennuksen työntekijät kokevat ilmastoinnin äänenpainetasojen vaikutuksen ja minkälaisia ratkaisukeinoja löytyy. Tutkimuskysymyksiä lähdettiin purkamaan kahden osa-alueen kautta.

Tutkimuksen ensimmäinen osa-alue oli kyselylomakkeilla tehtävä haastattelu, jolla pyrittiin kartoittamaan urakointikohteen työntekijöiden kokemuksia ja havaintoja ilmastoinnin äänistä sekä puutteita yleisimminkin. Kyselyn perusteella voitiin kohdistua ongelmahuoneisiin. Lomakkeita jaettiin 20 kappaletta.

Toinen osa-alue oli tutkia mittaamalla työmaan ilmastoinnin äänenpainetasoja huonekohtaisesti. Osassa huoneista selvitettiin äänenpainetasot oktaavikaistoittain. Ongelmasyitä on haettu tutkimalla kanaviston paineita, ilmamääriä ja nopeuksia sekä sähkönkulutuksen tilaa SFP-luvun avulla. Mittauksissa käytettiin kahta erilaista mittauslaitetta sekä kuulohavaintoa.

Toimeksianto opinnäytetyöhön saatiin LVI-Kaari Oy:ltä. LVI-Kaari Oy on Mikkelissä toimiva LVI-yritys, jonka toimialueena on pääasiassa Etelä-Savo. Yrityksen palvelutarjonta on kokonaisvaltaisen urakoinnin suunnittelusta toteutukseen. Palveluita ovat talotekniikan huolto- ja remonttipalvelut, vesi- ja viemärihuollot, IV-huollot, vuosittaiset huoltosopimukset ja talotekniikan remontit, tekniset palvelut, tutkimuspalvelut ja vahinkosaneeraus sekä talotekniikan urakointi, IV-urakointi, LV-urakointi, liike- ja toimistorakentaminen, teollisuus- ja varastorakentaminen, asuinrakentaminen ja saneeraus. Suunnittelussa yritys tekee yhteistyötä LVI-insinööritoimisto Enerplan Oy:n kanssa. Yritys tarjoaa myös sähkötyöt ja suunnittelun. LVI - Kaari tekee yhteistyötä sähköurakointi Eulux Oy:n kanssa. /1./

2 ILMASTOINNIN ÄÄNENPAINETASOMITTAUSTEN TEORIAA

2.1 ILMASTOINNIN ÄÄNI

Ilmastointi on yksi merkittävimmistä rakennuksen äänilähteistä. Ilmastointi sekä synnyttää ääntä että myös kuljettaa sitä rakennuksen kanavia pitkin. Ilmastointia suunniteltaessa äänellä on suuri merkitys rakennuksen käyttöä ajatellen. Väärät laitevalinnat, turha äänenvaimennus ja huolimattomat mittaukset saattavat johtaa jälkikäteen mittaviin ilmastoinnin korjauksiin. Kustannustehokkuuden kannalta ilmastoinnin äänitekniiseen suunnitteluun panostaminen on erittäin tärkeää. Suunnittelun on oltava huolellista ja tarkkaa. /2, s.3; 3./

Ilmanvaihtolaitteiston pääasialliset äänilähteet ovat puhallin ja ilman virtaukseen vaikuttavat kanaviston kohdat. Vaimennustarvetta aiheuttavat lisäksi ilmanvaihtojärjestelmän kautta siirtyvät äänet (puhe, musiikki, yms.). Taulukossa 1 on esitetty ilmastoinnin ääntä aiheuttavat ja vaimentavat tekijät. /2, s.3./

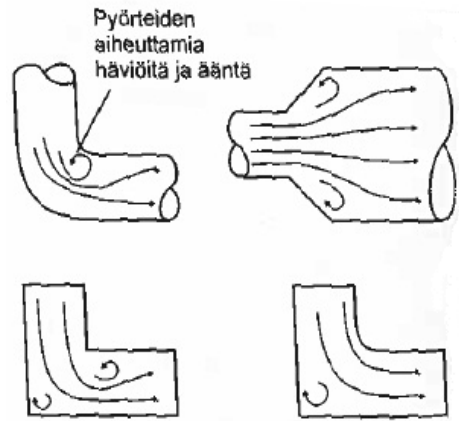
Taulukko 1. Ilmanvaihtolaitteiden ääntä aiheuttavat ja vaimentavat osat /2, s.3/

Ääntä aiheuttaa	Ääntä vaimentaa
Puhallin	Äänenvaimentimet
Säätölaitteet	Päätevaimennus
Päätelaitteet	Huonevaimennus
Mutkat, haarat yms kanavaosat	Mutkat
Virtausnopeutta lisäävät poikki-pinnan muutokset	Kanava haaroitukset

Puhaltimen aiheuttama ääni kostuu puhaltimen moottorin, mekaanisten osien täristä ja aaltoilevan ilmavirtauksen painevaihtelusta. Moottorin ääni syntyy moottorin käymisestä. Puhaltimen ääniä johtuu yleensä puhallinpyörän tai moottorin epätasapainosta, hihnavälityksen huonosta linjauksesta tai laakerivioista. Puhaltimen iällä ja kunnolla on suuri merkitys äänenkehitykseen. Lisäksi puhaltimen siipien suuntaavuus vaikuttaa ääneen. /2, s.3./

Aaltoileva ilmavirta aiheuttaa äänen, jonka merkittävin taajuus on ns. siipitaajuus eli puhaltimen kierrosluku x puhaltimen siipien lukumäärä. Syntynyt ääni siirtyy ilman ja kanaviston välityksellä sekä kanavan seinämän läpi ja rakennuksen runkoon. /2, s.3./

Virtausääni syntyy kanaviston eri osissa, joissa virtaavan ilman pyörteisyys tai nopeus muuttuu. Tällaisia ovat mm. mutkat, haarakohdat, vuodot, muodon tai koon muutokset, venttiilit, säleiköt ja säätölaitteet. Virtaavasta ilmasta syntynyt ääni siirtyy kanavistoa pitkin. Kuvalla 1 havainnollistetaan virtauksen pyörteilyä eri kanavamutkissa ja muutoskohdassa. /2, s.3; 4, s.52./



Kuva 1. Kanavavirtauksen pyörteily /4, s.52/

Kuvasta voidaan havaita, että mutkat ja kanavakoon muutos ovat erittäin vaikea hallita virtauksellisesti. Osa virtauksesta heijastuu takaisin, osa jää pyörteilemään ja osa virtaa suunnitellun mukaisesti. Kuvissa paine vaihtelee - toisin sanoen syntyy ääntä. Suunnittelussa ja urakoinnissa on kiinnitettävä erityistä huomiota kyseisiin kohtiin. /4, s.52./

Ilmastointijärjestelmän kautta siirtyviä ääniä ovat jokapäiväisistä toimista syntyviä ääniä kuten puhetta, musiikkia tai muuta vastaavaa ääntä. Lisäksi on huomioitava IV-konehuoneesta siirtyvä muu melu. /2, s.3./

2.1.1 Äänen eteneminen

Ääni etenee ilmanvaihtolaitteistossa runkoäänenä ja ilmaäänenä. Runkoääni etenee äänilähteestä kanavistomateriaalia ja rakenteita pitkin värähtelynä, josta syntyy ilmaääntä.

Ilmaääni etenee äänilähteestä kanavistossa kulkevan ilman välityksellä. Ääni etenee myös ns. vastavirtaan, koska äänen nopeus (n. 340 m/s) on kanavassa kulkevan ilman nopeuteen verrattuna suuri. /2, s.3./

Kanavan läpi siirtyvä ääni on kanavan sisältä seinämän läpi ympäröivään tilaan siirtyvää ääntä. Kanavan läpi siirtyvä ääni on yleensä ilmaääntä. /2, s.3./

Sivutiesiirtymä on nimitys äänen siirtymiselle laitteen, rakenteen, ääneneristyksen, äänenvaimentimen tms. ohitse sivutien kautta. Sivutiesiirtymänä etenevä ääni voi olla runko- tai ilmaääntä. Ilmanvaihtojärjestelmässä sivutiesiirtymän reittejä ovat mm. kanavan äänien siirtyminen kannakkeen kautta rakenteeseen ja siitä edelleen hormitilassa tai alakatossa olevasta viemäristä, toisesta kanavasta tms. tuleva ääni siirtyy kanavaan ja sitä pitkin. /2, s.3./

2.1.2 Äänen vaimeneminen

Ilmanvaihtolaitteistossa ääni vaimenee usean eri tekijän vaikutuksesta. Edellä esitetyn taulukon 1 mukaan ilmastoinnin vaimentavia tekijöitä ovat äänenvaimentimet, päätevaimennus, huonevaimennus, mutkat ja kanavahaarat.

Runkoääni, joka vaimenee hiljalleen siirryttäessä äänilähteestä kauemmas. Ääni menettää tehoaan siirtyessään värähtelynä rakenteissa ja kanavan seinämissä eteenpäin. Äänen siirtymistä runkoon voidaan estää tärinänvaimentimilla.

Ilmaääni, joka vaimenee kanavassa äänenvaimentimien, pääte- ja huonevaimennuksen ansiosta. Kanavakoon muutos ja kanavan suunnan vaihtelut yleensä vaimentavat ilmaääntä, äänen törmätessä muutoskohtaan. Ääni menettää tällöin tehoaan ja vaimenee. Poikkeustilanteita ovat IV-koneen lähetyvillä olevat kanavamutokset, jossa ääni helposti kasvaa. Ääntä vaimentavia muutoksia ovat kanavan mutkat, haarat, kanavakoon muutos ja vastaavat kanaviston osat.

Muutos aiheuttaa myös ääntä, kun ilma virtaa sen läpi. Kun ilman virtausnopeus on riittävän pieni ja muutoksen muoto ei aiheuta ilmapirtauksen voimakasta pyörteilyä, jää syntynyt ääni yleensä melko pieneksi. Tällöin muutoksen vaimennuskyky nousee syntynyttä ääntä merkittävämmäksi. Suorassa, sisäpuoleltaan kovapintaisessa kanavassa äänen vaimeneminen on vähäistä ja tavallisesti se jätetään ns. varmuusvaraksi. /2, s.3./

Haaravaimennus syntyy ilmavirran jakautuessa kanaviston haarakohdissa. Ääniteho jakautuu haarautuvien kanavien pinta-alojen ja ilmavirtojen suhteessa. /2, s.3./

Päätevaimennus syntyy kanavan päässä äänen siirtyessä kanavasta huonetilaan ja se koostuu pääteheijastuksesta ja päätelaitteen vaimennuksesta. Pääteheijastuksesta osa äänitehosta heijastuu takaisin kanavaan. Pääteheijastukseen vaikuttaa taajuus, kanavan poikkipinta-ala ja kanavan pään sijainti huonetilassa. /2, s.3./

Huonevaimennus syntyy, kun ääni vaimenee osuessaan huoneessa oleviin ääntä absorboiviin pintoihin, esineisiin, jne. Tällaisia ovat mm. seinät, katot, lattiat, verhot, huonekalut, matot ja ihmiset. Huonevaimennuksen suuruus riippuu huonetilan kokonaisabsorptioalasta. /2, s.3./

Äänenvaimentimet on tarkoitettu pelkästään ääntä vaimentaviksi esteiksi ja osiksi, toisin kuin esim. kanavan mutkat, joiden tärkein tehtävä on toimia ilmaa kuljettavan kanaviston osana. Yleisimmin käytettävät äänenvaimentimet ovat ns. absorptiovaimentimia eli ääni imeytyy vaimennusmateriaaliin, jolloin ääni menettää tehoaan ja vaimenee. /2, s.3./

Primäärivaimennus tarkoittaa ilmastointikoneen kehittämän melun vaimentamista kanavistossa. Vaimennus kohdistetaan puhaltimen läheisyyteen painepuolelle.

Sekundäärivaimennus tarkoittaa kanavistomelun vaimentamista primäärivaimennuksen jälkeen. Vaimennus kohdistetaan säätölaitteen tai päätelaitteen läheisyyteen.

2.1.3 Äänenvaimentimet

Äänenvaimentimina käytetään tavallisesti tehdasvalmisteisia äänenvaimentimia, joissa on valmiiksi mitatut äänenvaimennusarvot. Vaimennin valitaan äänenvaimennustarpeen mukaan äänilaskelman perusteella. Vaimentimen valinnassa otetaan huomioon pituus, sillä pitkä vaimennin on yleensä kokonaisvaimennukseltaan lyhyttä parempi. Vaimennin (poikkeuksena lamellivaimennin) mitoitetaan siten, ettei virtausnopeus kanavassa kasva liikaa. /2, s.3./

Jos vaimennin on paloneristetyin kanavan osa, on vaimentimen materiaaleineen täytettävä myös asetetut palotekniset vaatimukset. Äänenvaimentimissa käytetään vaimennusmateriaalina yleensä mineraalivillaa. Äänenvaimentimen rei'itetyn sisäputken ja villan väliin sijoitetaan kuitukangas, joka estää villakuitujen siirtymisen ilmavirtaan. Vaimentimen on kestävä puhdistus ja nuohous, etteivät mineraalivillakuidut leviä ilmastointijärjestelmän kautta huoneisiin.

Äänenvaimennin sijoitetaan mahdollisimman lähelle äänilähdettä ottaen huomioon kuitenkin riittävä suojaetäisyys, jotta ilmavirtaus ehtii tasoittua ennen vaimenninta. Lisäksi vaimentimen sijoituksessa otetaan huomioon se, ettei ääni pääse ohittamaan vaimenninta sitä ennen olevan eristämättömän kanavan seinämän läpi. Tarvittaessa kanava ennen vaimenninta eristetään 50 mm mineraalivillalla.

Tavallisimpia äänenvaimentimia ovat seuraavat, kuvissa 2-5 esitettävät laitteet



Kuva 2. Lamellivaimennin /5/



Kuva 3. Sylinterivaimennin(pyöreä) /5/



Kuva 4. Kammiovaimennin /5/



Kuva 5. Äänivaimennettu mutka /5/

2.1.4 Huoneeseen tulevan äänenpainetason määrittäminen

Seuraavaksi esitetään, miten ilmastoinnin ääni etenee ilmastointikoneen puhaltimelta päätelaitteelle ja sitä kautta huoneeseen. Tarkastelussa on tuloilma toimistohuoneeseen 264 - 265, jonka mitat ovat 3,9 m (sivu1) x 5,5 m (sivu2) x 2,5 m (huonekorkeus). Lattia-ala on siten $21,45 m^2$. Tulokset perustuvat työssä tehtyihin äänenpainetasomittauksiin sekä mittauskohteen kanavistossa olevien laitteiden valmistajien ilmoittamiin tietoihin. Esimerkkihuvoneen ja konehuoneen välillä ei ollut säätöpeltiä, eikä kanavavaimennusta. Kanava on pääosin suorakaidekanavaa ja osittain soikiokanavaa.

Huoneeseen syntyvän äänenpainetason laskemiseksi selvitetään:

- Puhaltimen äänitehotasot oktaavikaistoittain valmistajan käyrästä (Liite 1)
- Puhaltimen äänitehotasoista vähennettävät ilmavirran jakautumisesta aiheutuva vaimennus D_q ,
- Äänenvaimentimen vaimennusarvot $D_{äv}$
- Päätevaimennus $D_{pääte}$
- Huonevaimennus D_{huone} joka riippuu huoneen materiaalien ja pintalojen perusteella laskettavista absorptiokertoimista ja -aloista.
- Painottamaton (L_p) äänenpainetaso huoneessa, joka tarkoittaa korkeinta äänenpainetasoa huoneessa
- A-suodatus oktaavikaistoittain, jossa L-painotetuista äänenpainetasoista vähennetään tai lisätään kaistan mukaan ohjeissa määrätty arvo. Taulukossa 2 esitetään oktaavikaistojen A-suodatusarvot. /4, s.13 - 14/

Taulukko 2. A-suodatus oktaavikaistoittain /4, s.14/

63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1

- A - suodatettu äänenpainetaso (L_{pA}), joka on päätelaitteen kautta huoneeseen muodostunut äänenpainetaso oktaavikaistoittain. Kaavan 1 mukaan saadaan selvitettyä laitteen aiheuttaman kokonaisäänitason.

Kokonaisäänitaso lasketaan kaavalla 1 /9, s.27/

$$L_{A,tot} = 10 \lg (10^{(L_{A1}/10)} + 10^{(L_{A2}/10)} + \dots + 10^{(L_{An}/10)}) \quad (1)$$

$L_{A,tot}$ on laitteiden tai oktaavikaistoittain mitattujen yhteisesti aiheuttama kokonaisäänitaso

$L_{A1} \dots L_{An}$ ovat laitteen kehittämät tai oktaavikaistoilta mitatut äänitasot

Puhaltimen äänitehotaso voidaan laskea kaavan 2 avulla, jos puhaltimen äänitiedot eivät ole saatavilla. Kaavalla 2 lasketut äänitehotasoarvot ovat suuntaa-antavia, joten eivät vastaa täysin puhaltimen todellisia äänitehotasoja. /6, s.194./

$$L_w = 10 \lg q_v + 20 \lg p_{tF} + L_o - K(f) \quad (2)$$

L_w = puhaltimen kehittämä kokonaisäänitehotaso, dB

$$q_v = \text{tilavuusvirta, } \frac{m^3}{s}$$

p_{tF} = kokonaispaine, Pa

L_o = 35-40 dB hyvillä käytetyillä puhaltimilla

$K(f)$ = korjauskerroin (taulukko2)

Taulukossa 2 esitetään korjauskertoimet eri puhallintyypeille, joita tarvitaan kaavassa 2.

Taulukko 3. Korjauskertoimet /6, s. 194 - 195/

Korjauskertoimet	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Keskipakopuhallin, taaksepäin kaartuvat siivet	4	6	8	10	15	20	26	32
Keskipakopuhallin, eteenpäin kaartuvat siivet	2	6	12	17	18	22	27	32
Aksiaalipuhallin	9	8	7	7	8	11	16	18

Koska liitteestä 1 selviävät tuloilmastointikoneessa käytetyn puhaltimen tiedot, voidaan puhaltimen äänitehotaso selvittää oktaavikaistoittain puhaltimen käyrästä ja taulukon mukaan. Liitteen 1 ylemmästä käyrästä selviävät puhaltimen toimintapisteet: 1 ennen puhaltimen moottorin vaihtoa ja 2 puhaltimen moottorin vaihdon jäl-

keen. Koska puhaltimen moottoria vaihdettiin ennen äänenpainetasomittauksia, valitaan toimintapiste 2. Käyrästä nähdään, että pyörimisnopeus on n. 1600 r/min. Pyörimisnopeus tarvitaan korjauskertoimen selvittämiseen. Korjauskerroin valitaan painepuolelta, koska työn mittauksissa tarkastellaan järjestelmän painepuolta. Taulukkoon 4 on selvitetty puhaltimen äänitehotason muodostuminen. (Liite 1.)

Taulukko 4. Puhaltimen äänitehotason selvitys (Liite 1)

	OKTAAVIKAISTOJEN TAAJUUDET, Hz								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Lpa
Puhaltimen Lw, dB	93	93	93	93	93	93	93	93	102
Korjauskerroin	-3	-9	-10	-10	-11	-14	-16	-21	
Puhaltimen Lw, dB	90	84	83	83	82	79	77	72	92,9

Ilmavirran jakautumisesta aiheutuva vaimennus D_q lasketaan kaavan 3 avulla:

$$D_q = 10 \lg \frac{q_{\text{päätelaitte}}}{q_{\text{koneenlähtämä}}} \quad (3)$$

$q_{\text{päätelaitte}}$ = päätelaitteesta mitattu tuloilmavirta, l/s

$q_{\text{koneenlähtämä}}$ = koneelta lähtevä tuloilmavirta, l/s

Esimerkkilasku 1

$$D_q = 10 \lg \frac{34 \text{ l/s}}{2200 \text{ l/s}} = -18,1$$

Tuloilmalaitteen päätevaimennus selviää liitteestä 2.

Seuraavaksi määritetään absorptioala. Taulukko 5 esittää lähtötietoja absorptioalan laskentaa varten. Taulukossa havainnollistetaan huoneen 264-265 jokaista huoneosaa vastaavat materiaalit, mittojen mukaan lasketut pinta-alat sekä materiaalikohtaiset absorptiokertoimet.

Taulukko 5. Huoneen 264-265 huoneosa, materiaali, pinta-ala ja materiaaliabsorptiokertoimet /4, s.147 – 150/

Huone-osa	Materiaali	Ala, m^2	125	250	500	1000	2000	4000
Lattia	5mm kumimatto	21,45	0,04	0,04	0,08	0,12	0,13	0,1
Katto	Rei'ittämätön kipsilevy	15,69	0,25	0,2	0,1	0,05	0,05	0,1
	Akustiikkalevy 30 mm 16kpl (600 x600)	5,76	0,1	0,3	0,65	0,9	0,96	0,95
Seinä1	Kipsilevy välissä mineraalivilla	9,75	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Seinä2	Kevyt betoni maalattu	13,75	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Seinä3	Kipsilevy välissä mineraalivilla	9,75	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Seinä4	Kipsilevy välissä mineraalivilla	9,85	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Ovi	Puurunkoinen lakattu ovi	2,62	0,14	0,1	0,08	0,07	0,06	0,05
Ikkuna	2-4 kerroksinen ikkuna	1,28	0,4	0,3	0,2	0,17	0,15	0,1

Huoneiden materiaalien alat kertoen materiaalikohtaisilla oktaavikaistoittain annetuilla absorptiokertoimilla saadaan taulukon 6 mukaiset absorptioalat:

Taulukko 6. Absorptioalat oktaavikaistoittain

	Oktaavikaistojen taajuudet, Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Absorptioala, m^2	15,2	12,5	10,7	12,2	12,8	12,8

Taulukon 6 perusteella oktaavikaistalla 2 on suurin absorptioala ja vastaavasti oktaavikaistalla 4 pienin absorptioala. Alojen vaihtelu on riippuvainen kaistoille määrättyistä absorptiokertoimista. Kun absorptioalat on määritetty, voidaan jälkikäyttö-aika määrittää absorptioalojen mukaan kaavasta 4.

$$T = 0,16 \frac{V}{A} \quad (4)$$

$$V = 3,9m \cdot 5,5m \cdot 2,5m \approx 54m^3$$

$$A = 15,2m^2 \text{ (125)}$$

$$T = 0,16 \frac{54m^3}{15,2m^2} \approx 0,6s$$

Taulukko 7. Jälkikaiunta-ajan määrittäminen

	Oktaavikaistojen taajuudet, Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Jälkikaiunta-aika, s	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7

Taulukossa 7 esitetään huoneen jälkikaiunta-aika. Jälkikaiunta aika täyttää rakentamismääräyskokoelmien määräykset, sillä toimistojen jälkikaiunta-aika tulisi olla 0,5 – 0,8 sekuntia +/- 0,05. Huoneesta pitää huomioida lisäksi kalusteet, joita ei huomioitu laskussa.

Huonevaimennus

Huonevaimennusta selvittäessä on siis määrättävä huoneen absorptioala. Ilman merkittävää virhettä absorptioala voidaan myös arvioida. Huomioitavaa on se, että n. 25 %:n virhe absorptioalassa vaikuttaa lopputulokseen vain yhden desibelin. Absorptioala määrätään yleisen laadun tai jälkikaiunta-ajan avulla. Yleinen laatu liittyy huoneen kalustukseen. Jos huone on voimakkaasti vaimennettu, $n=1$ kaavassa 5. Normaalisti kalustetuissa huoneissa $n=2$. Huoneessa on kalusteina esim. pöytiä, tuolia, sohvia, mattoja tms. Normaalisti kalustetut huoneet ovat tavallisimpia. Tyhjässä huoneessa eli vaimentamattomassa huoneessa $n=4$. Tarkasteluhuone, 264 – 265, kuuluu normaalisti kalustettuun kategoriaan. Selvitys tehtiin taajuuskaistoittain ja vaimennusarvot selviävät taulukosta 6. Esimerkkilasku on tehty oktaavikaistalla 1 (63Hz). /4, s.23./

Esimerkkilasku 2

$$D_{huone} = 10 \lg(S / 4n) - 3,3 \lg(500 / f) \quad (5)$$

$$S = \text{huoneen lattia-ala, } m^2 \text{ (taulukko 3)}$$

$$f = \text{oktaavikaistan taajuus, Hz}$$

$$D_{huone} = 10 \lg\left(\frac{21,45 m^2}{4 \cdot 2}\right) - 3,3 \lg\left(\frac{500}{63}\right) = 1,3 dB$$

**Taulukko 8: Tuloilmapäätelaitteen aiheuttama äänenpainetaso oktaavikaistoit-
tain huoneessa 264-265**

Laite	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L _{pA} , dB(A)
Puhaltimen äänitaso, dB	90	84	83	83	82	79	77	72	92,9
Ilmavirran jakautumisen vaimenus, D _q	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	
Puhaltimen äänenvaimennin, D _{äv}	-3	-7	-17	-30	-41	-39	-39	-26	
Päätevaimennus (Liite 3)	-20	-16	-12	-9	-7	-6	-6	-7	
Absorptioala, m ²	-	15,2	12,5	10,7	12,2	12,8	12,8	-	
Absorptiokerroin	-	0,17	0,14	0,12	0,14	0,14	0,14	-	
Huonevaimennus, D _{huone}	1,3	2,3	3,3	4,3	5,3	6,3	7,3	8,3	
Painottamaton äänenpainetaso, dB	50,2	45,2	39,2	30,2	21,2	22,2	21,2	29,2	51,7
A – suodatus, dB	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	
A - painotettu äänenpainetaso, dB	24,2	29,2	30,2	27,2	21,2	23,2	22,2	28,2	35,8

Taulukossa 8 on esitetty tuloilman päätelaitteen kehittämät äänenpainetasot oktaavi-kaistoittain huoneeseen 264 - 265. Näin ollen päätelaitteen kehittämä kokonaisäänitaso (L_{pA}) huoneeseen on 35,8 dB(A). Tulos ylittää D2:ssa määrätyn tavoiteäänitason 33 dB(A), vaikka on kyseessä pelkästään tuloilmalaitteen aiheuttama ääni. Tulos alittaa D2:n enimmäisäänitason 38 dB(A). Tuloilman kehittämä äänitaso on liian suuri ja ilmastoinnin ääntä on vaimennettava. Äänitasolaskelmaan ei saatu todellisia primääri-äänenvaimentimen oktaavikaistojen vaimennusarvoja, joten tuloilman päätelaitteen kautta muodostuma äänenpainetaso ei ole täysin luotettava. Tuloilman päätelaitteen lisäksi huoneesta on huomioitava poistoilmapäätelaitteiden ja taustamelun kehittämät äänitasot, jolloin saadaan huoneen kokonaisäänipainetaso. Laskelman tarkoituksena oli havainnollistaa äänitason muodostuminen ilmastointikoneelta huoneeseen. Myöhempanä, kohdassa 5.2.2, on tulossa tarkemmat mittaustulokset huoneesta. Huoneen kokonaisäänitasoksi mitattiin 39,8 dB(A), joten taustamelun ja poistoilman kehittämä äänitason on kaavan 1 mukaan 37,6 dB(A)

2.2 MÄÄRÄYKSET JA OHJEET

Seuraavassa käydään läpi annettuja ohjeita ja määräyksiä ilmastoinnin äänenpainetasojen osalta. Käsiteltävissä ovat Sosiaali- ja terveysministeriön asumisohje

2003:1, Suomen rakennusmääräyskokoelmat C1 ja D2, RT-kortisto, LVI-standardit ja -määräykset. Keskityn tässä mittauskohteeseen liittyviin määräyksiin.

2.2.1 Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisohje 2003:1

Sosiaali- ja terveysministeriön (STM) Asumisterveysohje antaa päivä- ja yöajan melutasoille taulukon 9 mukaiset ohjearvot. Luvut kuvaavat kokonaismelun tasoa, jolle henkilö tai yleisö saisi altistua. $L_{A,eq}$ eli ekvivalenttinen äänitaso annetaan silloin, jos äänitaso vaihtelee tilassa voimakkaasti.

Taulukko 9. Päivä- ja yöajan sallitut äänenpainetasot /7, s.39; 4, s.32/

Huoneisto tai huonetila	$L_{A,eq}$, 07-22	$L_{A,eq}$, 22-07
Toimistot, työhuoneet	35 dB	30 dB
Potilashuoneet, majoitustilat, päiväkodit	35 dB	30 dB
Kokoontumis- ja opetustilat	35 dB	-
Muut kokoontumistilat	40 dB	-

Taulukosta 9 nähdään, että tutkimuskohteen tiloille, joita käytetään säännöllisesti, määrätään 35dB (yöllä 30dB). Varastoille, WC:ille, auloille ja muille vastaaville tiloille ei ohjearvoja määräyksessä anneta.

2.2.2 Suomen rakentamismääräyskokoelmat

Tässä käsitellään seuraavia ilmastointiin liittyviä Suomen rakentamismääräyskokoelmia:

- C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet
- D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet

Suomen rakentamismääräyskokoelma C1 antaa ohjeita asuntojen, hotellien, hoitolaitosten, oppilaitosten, päiväkotien, toimistojen yms. ääneneristykselle ja meluntorjunnalle. Yleisesti toimistoille annettavat äänitasot ovat luokkaa 33 - 38 dB. Ensimmäinen arvo on huoneen taajuuspainotettu keskiäänitaso ($L_{A,eq}$) dB ja jälkimmäinen arvo enimmäisäänitaso ($L_{A,max}$) dB.

Suomen rakennusmääräyskokoelma D2 perustuu uusimpaan rakennuksen sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa koskevaan määräykseen ja ohjeeseen. Ohjeessa annetaan C1:n kaltaisia määräyksiä huoneiden äänitasoille. Taulukosta 10 selviävät Suomen rakentamismääräyskokoelmissa annettavat ohjearvot huoneiden äänitasoille.

Taulukosta 10. Äänenpainetasoarvot /8; 9/

Huoneisto tai huonetila	$L_{A,eq,T}$	$L_{A,max,T}$
Toimistot, työhuoneet	33 dB	38 dB
Hoito- ja kuntoutushuoneet	33dB	38 dB
Neuvottelu- ja kokoushuoneet, oleskelu- ja odotustilat	33 dB	38 dB
Taukotila	38 dB	43 dB
Käytävät ja niiden oleskelutilat	38 dB	43dB
Aulat	38 dB	43 dB
Palloilusali, kuntosali	38 dB	43 dB
WC, varastot	38 dB	43 dB
Luentosalit	33 dB	38 dB

Äänitason ohjearvot ovat rakennuksen LVIS - laitteiden ja muiden niihin rinnastavien laitteiden aiheuttama taajuuspainotettu keskiäänitaso ja enimmäisäänitaso huoneessa. Ohjearvoja sovellettaessa on otettava huomioon ilmanvaihdon ja muiden äänilähteiden yhteisvaikutus. Jos tilaan tulee ääntä useammasta kuin yhdestä äänilähteestä, tulee kunkin äänilähteen erikseen tuottama äänitaso olla niin alhainen, ettei niiden yhteisesti aiheuttama äänitaso ylitä sallittua äänitasoa. Usean äänilähteen vaikutus huonetilan kokonaisäänitasoon otetaan huomioon laskemalla kaikkien huonetilaan ääntä aiheuttavien laitteiden äänitaso yhteen seuraavan kaavan 1 avulla. /9, s.27./

Määräykset eroavat toisistaan. Rakentamismääräyskokoelmat antavat keski- ja enimmäisäänitasot, esim. toimisto 33 dB ja 38 dB. STM antaa erilliset äänitaso-ohjeet päivä- ja yöajalle, esim. toimisto 35 dB ja 30 dB. Tulokset eroavat toisistaan, mutta ero ei ole merkittävä. STM antaa rakennusmääräyskokoelmien pohjalta ohjearvot tiloille. Koska yöllä ei ole tiloissa käyttäjiä, käyttöajan tehostustakaan ei silloin tarvita. Siksi yökohtainen äänitaso on alempi. Rakennusmääräyskokoelmat antavat ohjeet, mihin välille äänitasojen olisi oltava. Äänitasot voivat olla ohjearvoja matalammat. Lisäksi ilmavirran riittämättömyys voi johtaa alempaan äänitasoon huoneessa. Äänitasojen enimmäisarvo on ehdoton maksimi.

2.2.3 Ilmastoinnin äänenpainetasomittausten määräykset

Edellytyksenä mittauksille on, että mittauskohde on laitteistoinen mittausvalmis. Mittaukset tehdään yleensä rakennuksen käyttöaikana, esim. toimistorakennuksessa työpäivän aikana, jos taustamelu ei ole häiritsevää. Äänenpainetasomittauksissa käytetään standardin mukaista äänitasomittaria, jossa on A- ja C- tai Lin-taajuuspainotus ja Leq-toiminto tai Slow- tai Fast-aikapainotus. A-taajuuspainotusta käytetään normaalisti ilmastointia mitattaessa, jolloin kokonaisäänitaso on yleisesti alle 55 dB. C- ja Lin-painotusta käytetään yleisesti äänekkäimmissä tiloissa ja ne vastaavat aika lailla toisiaan. C - ja Lin - taajuuspainotusta käytetään tässä työssä IV-konehuonetta mitattaessa, jossa äänitaso on yli 60 dB. Fast- ja Slow-aikapainotukset kuvaavat mittarin takaisin palautumista mitattaessa mittausvalmiuteen. Fast mittaa 1 sekunnin välein otoksia muistiin ja vastaavasti Slow 4 sekunnin välein. Fast-aikapainotusta käytetään lyhyissä mittauksissa esim. minuutin mittaus ja Slow-aikapainotusta pitemmissä mittauksissa, esim. 15min - 1 tunti. Äänenpainetasomittauksissa käytetään A-taajuuspainotusta, Fast-aikapainotusta sekä Leq-toimintoa ajalta 30 -60 sekuntia. /10, s.2./

Usein ilmanvaihtolaitoksen äänitaso ei ole aivan vakio epätasaisen virtauksen takia vaan huojuu ajan ja paikan mukaan. Huojunta vaihtelee tavallisesti +/- 5dB. Melumittarit antavat minimi- ja maksimi-arvot, josta huojunta selviää. Tästä syystä määräyksissä annetaan sekä ekvivalenttitaso että maksimitaso. Huoneen kokonaisäänitaso mitataan ilmastointijärjestelmän toimiessa mitoitusilmavirroilla, jotka on määritetty mitoitusolosuhteissa. Lukemaa seurataan yhden minuutin ajan. Jos siinä esiintyy voimakasta huojuntaa, seurantaa jatketaan. Äänitasomittarista luetaan näyttämän keskimääräinen arvo. /10, s.2./

Äänenpainetasomittarin kalibroinnin on oltava voimassa ja siitä on oltava kalibrointitodistus. Äänitasomittarin näyttämän oikeellisuus tarkistetaan laitevalmistajan antamia ohjeita noudattaen ennen jokaista mittaussarjaa. Mittarin toiminta tarkastetaan testimelun avulla, jossa testimeluäänilähde lähettää 94 dB:ä signaalin mittariin. Tarkastus tehdään oktaavikaistalla 5 (1000 Hz). /10, s.2./

Äänitaso mitataan kolmesta pisteestä, pääasiallisesti oleskelu- tai työpisteiltä. Ellei ne ole tiedossa, keskeltä huonetta 1,1m...1,5 m korkeudella lattiasta. Ikkunat ja ovet on

oltava suljettuina. Mittauspisteet sijaitsevat vähintään 0,5m etäisyydellä toisistaan, myös mittaajasta. Äänitasoina ilmoitetaan mittarin näyttämät arvot. /10, s.2./

Eri mittauskertojen Lpa-arvojen keskiarvoa pidetään huoneen kokonaisäänitasona ko. mitoituolosuhteissa. Jos kokonaisäänitaso alittaa vaatimusrajan, on taustäänitasomittaus tarpeeton. Jos kokonaisäänitaso ylittää vaatimusrajan, mitataan huoneen taustäänitaso siten, että ilmastointijärjestelmä ei ole toiminnassa. Ilmastointijärjestelmän huoneeseen aiheuttama äänitaso määritetään siten, että huoneen kokonaisäänitasosta vähennetään seuraavat kokonaisäänitason ja taustäänitason erotuksesta riippuvat arvot. Asiaa havainnollistetaan taulukolla 11. /10, s.3./

Taulukko 11. Kokonais- ja taustäänitason erotus /10, s.3/

Kokonais- ja taustäänitason erotus, dB(A)	Kokonaisäänitasosta vähennettävä, dB(A)
>10	0
6-10	1
4-5	2
3	3
2	4
1	6

Ilmastoinnin aiheuttamaa äänitasoa ei voida arvioida, jos kokonais- ja taustäänitason erotus on pienempi kuin 1dB(A) ja kokonaisäänitaso ylittää vaatimustason yli 6dB(A).

Äänenpainetasomittauspöytäkirjaan kirjataan seuraavat asiat:

- mittauskohde
- päivämäärä
- mittaaja
- mittari
- mittauspisteiden sijainti
- mittaustulokset eri mittauspisteistä
- huoneen kokonaisäänitaso
- huoneen taustäänitaso, tarvittaessa
- laskettu ilmastointijärjestelmän aiheuttama äänitaso, tarvittaessa

Mittauspöytäkirjaan on huomioitava paljon asioista. Mittauspöytäkirjamalli on liitteenä 4. Mittauspöytäkirjasta selviävät suurin osa edellä luetelluista asioista. Mittauspöytäkirja on muistio myöhempiä raportointeja varten.

3 MITTAUSKOHDE

3.1 Esittely

Opinnäytetyössäni mitattava kohde on siis Anttolanhovi, joka sijaitsee Saimaan rannalla Anttolan kylässä. Anttolassa asuu n. 1500 asukasta ja n. 30 % sen pinta-alasta on vesistöjä. Anttolanhovista kylän keskustaan on matkaa n. 3 km. Anttola liitettiin Mikkelin kaupunkiin vuoden 2001 alusta. Mikkelin keskustaan on matkaa n. 25 km. /11./

LVI - Kaaren urakointiosuuteen kuuluvat rakennuksen hallinto- ja kuntoutusosat. Hallinto-osan ilmastointikoneet ovat TK11 (tuloilma) ja PK11 (poistoilma) ja kuntoutusosan vastaavasti TK12 ja PK12. Rakennukseen kuuluu lisäksi luentosaleja, hotelli-huoneita, palloilusaleja, ravintola jne.

Anttolanhovissa työskentelee kaikkiaan 61 työntekijää. Urakointiosissa työskentelee 35 työntekijää, 29 kuntoutuksessa ja 6 hallinnossa. Lisäksi kohteessa työskentelee vastaanottovirkailijoita, siivoojia ja laitosmiehiä.

3.2 Mitattavat tilat

Seuraavassa esitetään mittauskohteen mitattavat tilat, joita oli yli 100. Mittauksien painopiste oli kuntoutuksen toimisto-, työ- ja hoituhuoneissa perustuen ongelmia selvittäneeseen kyselyyn.

Hallintopuolella oli 36 huonetta. Niistä 14:ssä (11 kpl toimistohuone, 1 kpl neuvotteluhuone ja 2 kpl taukotila) oleskellaan säännöllisesti tai melko usein. Muissa huoneissa oleskellaan hetkellisesti tai harvoin. Tällaisia olivat varastot, siivoushuoneet, WC:t, taukotilat, käytävät, tasanteet, aula, atk-tila, vastaanotto/baari ja kopiohuone.

Kuntoutuksen puolella oli 69 huonetta. Näistä 39:ssä (11 kpl toimisto/työhuone, 18 kpl hoituhuone, 1 kpl taukotila, 2 kpl neuvotteluhuone, 1 kpl rentoutushuone) oleskellaan säännöllisesti tai melko usein. Muissa huoneissa oleskellaan hetkellisesti tai harvoin. Tällaisia tiloja olivat kuntosalit, varastot, siivoushuoneet, WC:t, käytävät, tasan- teet, odotus-/oleskelutilat, kopiohuone, pukuhuoneet, tekninen tila, pesuhuone, saunat ja terapia-allas.

Lisäksi muita mittauksia vaativia tiloja ilmeni kyselyn seurauksena. Näitä olivat luen- tosali Hovi 1 ja palloilusali. Myös IV-konehuone kuului tutkimuksessa mittausryh- mään.

3.3 Toteutettu ilmastointi

Urakointialuetta palvelevat erilliset tulo- ja poistoilman ilmastointikoneet. Ilmastointi- koneet ovat Kojan valmistamat, ja ne ovat yli 20 vuotta vanhat. Hallinto-osaa palvele- vat TK11 ja PK11 ilmastointikoneet ja vastaavasti kuntoutusosaa TK12 ja PK12 ko- neet. Lisäksi palloilusaliin on erilliset tulo- ja poistoilmastointikoneet sekä luentosalia ja sen viereisiä tiloja palvelevat erilliset tulo- ja poistoilmakoneet. Yhteensä on siis 4 kappaletta tulo- ja poistoilmakoneita.

Mittauskohteen kanavisto on toteutettu suorakaide-, soikio- ja pyörökanavilla. Runko- kanavistot ovat alkupäästä suorakaidekanavaa ja muuttuvat ensimmäisten huoneiden yläpuolella (välikatossa) soikiokanaviksi. Kanavisto jatkuu soikiokanavana oikeastaan lähes vaikutuspiirinsä viimeisiin huoneisiin asti. Haarautuvat kanavat ovat pääasiassa pyöreitä kanavia. Huomattavaa on, ettei kanavistoon ole suunniteltu juurikaan säätö- peltejä ohjaamaan ilmavirtaa. Kanavisto ei ole vaimennettua. Päätelaitteina on käytet- ty yleisesti tulopuolella Straventin S11-suutinkanavia, Haltonin TKA-kattohajottimia ja ULA-venttiileitä sekä Fläktwoods sin DYKH-suutinhajottimia, RHOK- kattohajottimia ja KTS-venttiileitä. Poistopuolella vastaavasti päätelaitteina on käytet- ty Fläktwoods sin KSO-venttiileitä, Haltonin AHK- ja EVA-säleiköitä sekä URH - venttiileitä. Rakennuksen ilmanjakotapa on pääosin sekoittava, mutta toimisto- ja hoi- tohuoneissa syrjäyttävä.

Äänenvaimentimia eli primääriäänenvaimentimia on käytetty lähes kaikkien ilmas- tointikoneiden puhaltimien yhteydessä. Primääriäänenvaimentimen tehtävänä on vai-

mentaa IV-koneen kehittämää melua kanaviston alussa. Poistokanavia on äänivaimennettu estämään pääteheijastusta. Laitevalmistajan esitteen mukaan Straventin tuloilmapäätelaitteessa on sisäänrakennettu äänenvaimennus. (Liite 2.)

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

4.1 Äänenpainetasokysely

4.1.1 Tavoite

Kyselyn tarkoituksena oli selvittää mittauskohteessa työskentelevien henkilöiden havaintoja ja aistimuksia ilmastoinnista johtuvista ääniongelmista. Se edesauttoi kohdistamaan äänenpainetasomittaukset ongelmahuoneisiin. Kyselyä tehdessä täytyi miettiä, minkälainen ryhmä olisi vastaamassa kysymyksiin ja mitä heiltä voisi ja kannattaisi kysyä. Ennen kyselyn toteuttamista lomaketta tarkistutettiin muutamilla asiaa tuntemattomilla henkilöillä, koska tällä pyrittiin kyselyn ymmärrettävyyteen. Kyselylomakkeita jaettiin 20.

4.1.2 Kyselyn rakenne

Kysely jakautui seuraavasti: esittely, alkutietojen täyttäminen ja kysymykset. Esitellyssä kerrottiin kyselyn tarkoitus, mihin sillä pyritään, mitä hyötyä sillä on, kenen asialla ollaan ja vastausvaihtoehdoista.

Aluksi pyydettiin täyttämään vastaajan tiedot. Tietoihin kuuluivat sukupuoli, ikä, työhuone ja työtehtävä.

Kysymyksiä oli kaikkiaan 13, joista puoleen sai ympyröidä vastausvaihtoehdot 1-5. Vastausvaihtoehdoista 1 oli erittäin vähän, 2 vähän, 3 kohtalainen, 4 paljon ja 5 erittäin paljon. Toiseen puoleen vastattiin vapaasanalla havaintojen ja aistimusten mukaan.

Kysely keskittyi kysymään työntekijöiltä ilmastoinnista johtuvista äänistä: kokivatko työntekijät äänet häiritseviksi, minkälaisia häiriötekijöitä he olivat havainneet, missä

rakennuksen tiloissa, olivatko häiriöt vaikuttaneet työtehtäviin, oliko aiheuttanut mahdollisesti oireita ja mitä parannuskeinoja he ehdottaisivat ilmastoinnin toteutuksen ja ääniongelmien suhteen. Kyselylomake oli 2-sivuinen. Kyselylomake on liitteenä 3.

4.2 Äänenpainetasomittaukset

4.2.1 Mittauskalusto

Ilmastoinnin äänenpainetasomittauksissa käytettiin kohdan 2.2.3 mukaista äänitasomittaria. Mittarina oli Bruel & Kjaerin (B&K) tyyppi 2236 melumittari. Se oli helppokäyttöinen ja -lukuinen. B&K:ssa on monipuoliset mittausmahdollisuudet. Mittaukset suoritettiin Leq-toiminnolla keskitäajuuksien mukaan, Fast-aikapainotusta ja A-suodatusta käyttäen

Sisäilmasto-olojen mittarina käytettiin SwemaAir-300:sta, jolla mittailtiin osasta huoneesta vetoa olosuhdeanturin avulla sekä kanaviston ilmavirtaa ja painetta pitotputken avulla.

Mittarit kalibroitiin aina ennen mittausjaksoja sekä mittauksien aikana. B&K:n kalibrointi tehtiin apuäänilähdettä käyttäen. Äänilähde lähetti 1000 Hz:n taajuudella 94dB mittariin ja virheraja oli +/- 0,5 dB. Kuvissa 6-9 esitetään työssä käytetyt mittarit ja niihin liittyvät lisälaitteet.



Kuva 6. Bruel & Kjaer 2236



Kuva 7. SwemaAir-300



Kuva 8. Olosuhde-anturi



Kuva 9. Pitot-putki

Melumittarissa käytettiin ääntä tunnistavan mikrofoniin edessä suojahuppua, joka on kuvan 6 oikeassa ylä laidassa. Suojahupun tarkoituksena on estää mittauskohdan eri häiriöiden (esim. ilman nopeus) vaikutusta ääneen. Vetoanturi liitetään johdolla suoraan mittariin (SwemaAir-300) jolloin mittari on heti mittausvalmis. Pitot-putkella mitattaessa tarvittiin väliin SWA 07-paineanturi. Anturin avulla mitataan ilman virtausta, nopeutta ja painetta (dynaaminen ja staattinen). Mittaaminen tapahtuu kanavasta. Mittaustilanteessa putken mittauspää asetetaan virtauksen suuntaisesti.

4.2.2 Toteutetut mittaukset

Ilmastoinnin aiheuttamat äänenpainetasomittaukset toteutettiin hallinto-osan tiloissa 11.2.2011 ja kuntoutusosassa 23.-24.2.2011. Tilojen vetoisuutta mitattiin 3.3.-4.3.2011 ja kanavista staattista painetta 23.3.2011. Hallinto-osan huoneet olivat heti valmiina mitattaviksi, mutta kuntoutusosan huoneet olivat aluksi rakennusvaiheessa. Kuntoutusosaan oli tekeillä uutta kanavaa, koska osassa huoneissa tuloilmamäärät ovat jääneet suunnitellusta. Pääpainopisteenä oli mittata äänenpainetasot huoneissa, joissa oleskellaan pääsääntöisesti.

Mittaukset tehtiin pääasiassa illalla työntekijöiden lähdettyään kotiin, jolloin puheesta ja laitteista johtuva taustamelu saatiin minimoitua. Ainoastaan ilmastointi oli päällä. Tavoitteena oli päästä mahdollisimman luotettaviin tuloksiin.

Mittaukset tehtiin n. 1,2 metrin korkeudessa lattiasta ja 2-3m päässä päätelaitteista. Korkeus kyseisellä korkeudella on sopiva, koska työskentelevän istumahenkilön melun aistimiskohta (korvat) on keskimäärin kyseisellä korkeudella. Mittauskohtina huoneissa olivat työpiste ja/tai huoneen keskikohta. Niistä otettiin muutamia otoksia ohjeiden mukaisesti.

Käytävät olivat poikkeus. Niissä mitattiin useammasta kohtaa keskeltä ja käytävän päistä. Mittausaika oli normaalisti 20 - 30 sekuntia, koska huoneeseen tuleva äänitaso vakiutui tässä ajassa tiettyyn tasoon. Tuloksia analysoitaessa on muistettava, että mittauksiin vaikutti huoneen koko, huoneessa olevat laitteet, mittalaitteen virheet sekä mittausvirheet.

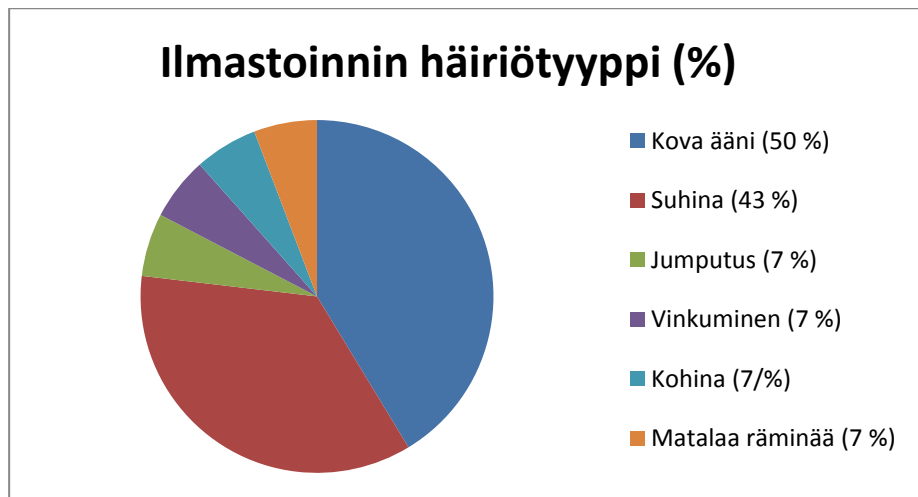
Mittauspöytäkirja tehtiin pääpiirteissään 2.2.3. kohdan mukaan. Tulokset taulukoitiin, ja taulukossa on sarakkeissa esitetty mitattava huone, taajuudet oktaavikaistoittain, mitattu A-suodatettu äänenpainetaso, tilaan suunniteltu äänenpainetasoarvo sekä huom! - kohta mahdollisia havaintoja ja huomioita varten. (Liite 4.)

Kohdassa 5.2 käydään läpi vaikutusalueelta saatuja huonekohtaisia äänenpainetasotuloksia. Kuntoutusosan kohdalla pohditaan lisäksi tuloilmakoneen (TK12) puhaltimen moottorin vaihdosta aiheutuvaa SFP-luvun muutosta, tuloilman riittävyttä huoneisiin, staattista painetta ja sen takaisin saamista sekä mahdollisia muita asioita, jotka ovat osana äänenpainetasojen suuruuteen.

5 TUTKIMUKSEN TULOKSET JA TARKASTELU

5.1 Äänenpainetasokysely

Äänenpainetasokyselyyn vastasi 14 ja vastanneista kaikki olivat naisia. Heistä 50 % oli 51 - 60 -vuotiaita, 29 % 41 - 50 -vuotiaita ja 21 % 31 - 40 -vuotiaita. Puolet vastajista oli tyytyväisiä rakennuksen urakointiosien vallitseviin äänioloihin, mutta toista puolta ääniolot häiritsivät. Ilmastointi koettiin häiritsevänä 14 % vähäisenä, 29 % kohtalaisena ja 7 % merkittävänä. Kuvan 10 ympyrädiagrammissa esitetään työntekijöiden kokemat ilmastoinnin häiriötyypit.



Kuva 10. Ilmastoinnin häiriötyyppi

Diagrammin perusteella voidaan todeta, että häiritsevin tekijä on liian kova ääni. Liian kovaa ääntä valitettiin mm. huoneessa 264-265, palloilusalissa ja Rentolassa. Vastaa- jista 14 % koki kovan äänen vähäisenä, 22 % kohtalaisena ja 14 % merkittävänä. Dia- grammissa kunkin tekijän perässä on sulkeissa prosenttiluku. Luku kuvaa, moniko vastaajista kokee häiriötyypin häiritseväksi.

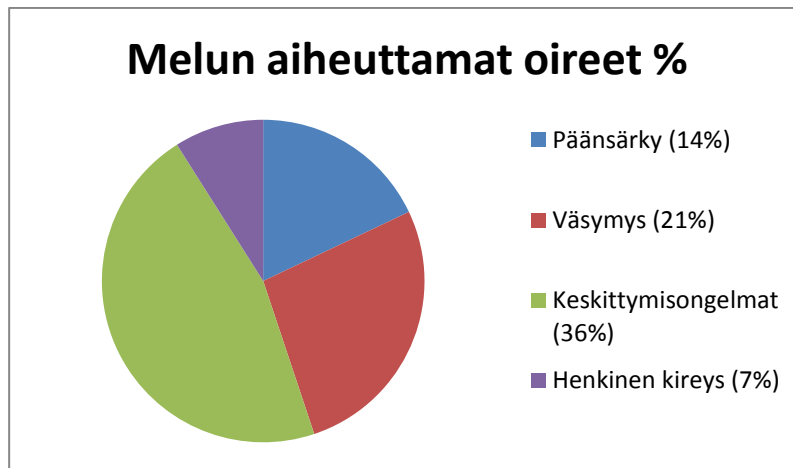
Toiseksi häiritsevänä koettiin suhina, jota ilmeni myös huoneessa 264-265 sekä Ren- tolassa. Suhinan koki vastaajista 22 % vähäisenä, 7 % kohtalaisena, 7 % merkittävänä ja 7 % erittäin merkittävänä. Lisäksi vinkumista koettiin luentosalissa Hovi 2 ja kohi- naa Rentolassa. Jumputusta ja matalaa räminää koettiin niin ikään huoneessa 264-265. Jumputusta ja matalaa räminää aiheuttavat ilmastointikoneen puhaltimen moottori ja ilmapvirtauksen kova pyörteisyys kanavassa.

Ilmastoinnin aiheuttama melu oli häirinnyt 58 %:lle vastaajista, josta puolet koki me- lun vähäisenä ja toinen puoli kohtalaisena. Ilmastoinnin melun vaikutus todettiin mer- kittävimmän palloilusalissa ja Rentolassa. Seurauksena oli, ettei voi pitää peli- tai ren- toutusharjoituksia kovan melun vuoksi. Etenkin Rentolassa kova ääni vaikuttaa keskit- tymisongelmiin ja tarkkaavaisuus kärsii. Lisäksi vetoisuutta valitettiin Rentolassa ja palloilusalissa.

Melu vaikutti työntekijöiden viihtyvyyteen heikentävästi lähes puoleen vastaajista (43 %). Näistä vastauksista 2/3 koki vaikutuksen vähäisenä ja 1/3 kohtalaisena.

Vastaajista 36 % koki melun vaikuttavan työntekoon heikentävästi. Näistä 4/5 koki vaikutuksen vähäisenä ja loput 1/5 merkittävänä. Melun vaikutus työntekoon liittyi pääosin keskittymiseen.

Jatkuva taustahäly ja ilmastoinnin aiheuttama melu on aiheuttanut muutamille vastaajista oireita. Kuvassa 11 on ympyrädiagrammi, joka esittää melun aiheuttamia oireita työntekijöille.



Kuva 11. Melun aiheuttamat oireet

Kuvan 11 mukaan eniten ongelmia on ollut keskittymisessä, kun täytyisi työskennellä esim. tietokoneella. Keskittymisongelmia ilmeni 36 %:lla vastaajista. Melu aiheutti 14 %:lle vastanneista päänsärkyä, josta puolet koki vaikutuksen vähäisenä ja toiset puolet kohtalaisena. Melu aiheutti 21 %:lle vastanneista väsymystä, josta 1/3 koki vaikutuksen vähäisenä ja 2/3 kohtalaisena. Henkistä kireyttä ilmeni 7 %:lla vastaajista, joka koettiin kohtalaisena. Väsymyksen arveltiin aiheutuneen ilmanvaihdon puutteellisesta toiminnasta, mutta se saattaa johtua myös muistakin tekijöistä, kuten stressistä tai työkiireistä.

Yleisesti ottaen kritisoitiin tuloilman jakoa ja puutetta. Vastaajista puolet kaipaa parannuksia ilmastoinnin toteutukseen. Näistä 7 % kaipaa vähän parempia ratkaisuja ilmastoinnin toteutukseen, 14 % kohtalaisesti, 22 % paljon ja 7 % erittäin paljon. Osaan huoneista kaivataan parempia ilmanvaihtoratkaisuja, kuten ilmapirtojen säätömahdollisuutta sekä parempaa äänenvaimennusta.

Vastaajat esittivät seuraavia parannuskeinoja:

- Pienryhmätiloihin tuloilman ohjauksen suuntaus vedon vähentämiseksi
- Toimistoon 288 lämpötilan säätömahdollisuus, kesällä huoneen lämpötila on ollut +28 °C . Tässä edellyttää jäähdytystä
- Riittävä tulo- ja poistoilma huoneeseen 264-265 tilan kokoon ja käyttäjiin nähdä
- Toimistoon 257 säätölaite tuloilman tarpeen mukaiseen ohjaukseen
- Toimistoon 260 tuloilman suuntaus
- Toimistoon 264 - 265 toinen tuloilmapäätelaite ja tehokkaampi poisto
- Tuloilmavirran säätömahdollisuus kuntosaliin, Rentolaan ja palloilusaliin käyttäjälle

Vastaajista 14 % toivoisi äänien olevan hiljaisemmat. Tällaisia huoneita olivat mm. kuntoutusosan huoneet 264-265, Rentola ja kuntosali. Lisäksi palloilusalin äänet toivottiin hiljaisemmiksi.

5.2 Äänenpainetasomittaukset

5.2.1 Hallinto

Äänenpainetasojen mittaustuloksista on todettava heti aluksi, että ne pääosin vastasivat määräyksissä annettuja ohjearvoja. Mittaustulokset ovat nähtävissä liitteessä 5. Äänenpainetasokyselyn perusteellakin asia voidaan todeta. Vastaajien valituksesta ei yksikään kohdistunut hallinto-osaan.

Osassa varastoja, siivouskomoissa, WC:issä, auloissa, tasanteilla ja käytävillä äänenpainetasot olivat määräyksien ja suunnitelmien mukaisia. Auloissa, tasanteilla ja osin siivouskomoissakin ääneen vaikuttivat ilmastoinnin äänenpainetasojen lisäksi taustamelulähteet, kuten puhe ja radio. Muissa luetelluista tiloista ei taustamelun ääniä kuulunut. Varastoissa oli paljon ääntä vaimentavia tavaroita, kuten pahvilaatikoita, kirjoja, yöpymistarvikkeita ja vaatteita. Siksi niissä jäätin selvästi suunnittelusta.

Atk-tilassa laitteiden aiheuttama ääni oli erittäin kovaa. Ääni johtui tietokoneiden pätekeskuksesta (serveri). Tilan meteli kantautui osittain viereisiin huoneisiin.

Hallinto-osan toimistohuoneiden kohdalla mitattiin myös suunnitteluarvoja noudattavia lukemia. Alakerran huoneissa (140 - 144) jäätin alle ohjearvojen, joka johtui huoneiden päätelaitevalinnoista ja kanaviston hyvästä äänenvaimennuksesta. Mittausajan kohta saattoi vaikuttaa tulokseen, sillä mittaukset toteutettiin illalla. Ilmastoinnin käyttöajan tehostus oli mahdollisesti pois päältä tai huoneiden ilmastointi oli erikseen ohjattava. Huoneet olivat myyntipalveluhuoneita, joten niiden käyttötarkoitus vaikuttaa alhaisiin äänenpainetasoihin. Huoneissa asioidaan, joten kaikki ylimääräinen melu on ehkäistävä ymmärrettävyyden takia.

Alakerran toimistohuone 146 poikkesi hieman edellisistä. Siellä äänenpainetasoon vaikuttivat ilmastoinnin lisäksi oven takaa taustalla hyrräävä pyykinpesukone ja huoneessa tikittävä kello. Alakerran toimistohuoneiden äänenpainetasot olivat luokkaa 26 - 35dB. Tulokset täyttävät pääosin määräykset ja ovat hyväksyttävällä tasolla.

Alakerran huoneista 144 ja 146 ylittävät määräysten ohjearvon 33 dB(A).

Yläkerran toimistohuoneissa sen sijaan äänenpainetasot olivat hiukan korkeampia. Huoneissa 231 - 233, 235 äänenpainetasot olivat määräyksiä vastaavat. Ilmastoinnin lisäksi huoneissa 232 ja 234 tuloksiin vaikuttivat taustamelulähteistä kello. Tietokoneet eivät olleet päällä ja taustalta ei kuulunut puheita. Ongelmahuoneiden kokonaisäänepainetasot (ilmastointi + taustamelu) olivat luokkaa 34 - 35 dB(A). Huoneessa 232 ja 233 mitattiin taulukon 12 mukaiset tulokset. Ilman taustamelua ilmastointi oli n. 1 dB:n alempi.

Taulukko 12. IV ja taustamelun erittely hallinto-osan ongelmahuoneissa /10, s.3/

Huone	Ilmastointi, dB(A)	Taustamelu, dB(A)	Ilmastointi + tausta, dB(A)	Taustaäänilähteet
231	34	-	34	-
232	34	27,5	35	Kello
234	33	27,7	34	Kello
235	33	-	33	-
245	34	29	35	Kello puheet
144	34	27,6	35	Kello

Taulukon 12 perusteella voidaan todeta, että taustamelun ja ilmastoinnin välinen ero on huoneessa 231 0 dB, 232 6 dB, 234 5 dB, 235 0 dB, 245 6 dB ja 144 7 dB. Ilmas-

toinnin kokonaisäänitason ja taustamelun erotuksen jälkeen ilmastoinnin osuus ylittää ongelmahuoneista 2/3:ssa määräysten tavoiteäänitason ja 1/3 vastaa määräyksiä. Taustäänilähteen (kellon) aiheuttama ääni estettiin siirtämällä kello viereiseen huoneeseen tai ääntä vaimentamaan kaappiin. Huoneesta 244 (atk-tila) siirtyi sivutiesiirtymänä ääntä huoneeseen 245. /10, 3/

Hallinto-osassa ilmeni ilmastoinnin ääniongelmaa 14 %:ssa huoneista. Ongelmahuoneiden kokonaisäänipainetasot olivat luokkaa 34 - 35 dB(A). Ilmastoinnin ja taustamelun erottelun jälkeen 9 %:ssa kaikista huoneista (4 huonetta) ylitettiin määräyksen mukainen tavoiteäänitaso 1 dB:llä. Mitatut äänitasoluvut alittavat selvästi huoneille sallitun enimmäisäänitason 38 dB(A). Tuloksien perusteella hallinto-osassa ei ole tarvetta jälkivaimennuksen lisäämiseen. Taustameluina olivat osan huoneissa kello, valaisimet, ovien takaa kuuluneet puheet ja askeleet. Ääntä absorpoivia tavaroita oli etenkin varastoissa.

5.2.2 Kuntoutus

Kuntoutusosan huoneet mitattiin puhaltimen moottorin vaihdon jälkeen 23.2.2011. Kuntoutusosa oli äänekkäämpi ja ongelmallisempi hallinto-osaan nähden. Kuntoutusosan mittaustulokset ovat nähtävissä liitteessä 6. Huoneista selvitettiin A-suodatetut äänenpainetasot. Osassa huoneissa äänenpainetasot mitattiin tarkemmin oktaavikaistoittain.

Analysoitaessa tuloksia voidaan aluksi todeta, että tilat, joissa ei oleskella koko ajan, täyttävät määräyksen mukaiset kriteerit. Tällaisia tiloja olivat mm. WC:t, varastot, käytävät, pukutilat, siivoushuoneet, kopiohuoneet, odotustilat, ryhmätilat ja tasanteet. Mittaustulokset olivat luokkaa 30 - 39 dB(A). Tuloksiin vaikuttivat ilmastoinnin lisäksi osittain ulkopuolelta kantautuneet puheet ja askellukset sekä oven paukahdukset.

Alakerrassa kuntoutushuone (Rentola) ja kuntosalit olivat ongelmallisimpia, kuin muut tilat. Kyselyssäkin moitittiin Rentolan ja kuntosalin ääniä sekä lisäksi vetoa. Äänenpainetasomittausten perusteella Rentolan äänitasoksi mitattiin 35 dB(A) ja kuntosalissa 47 dB(A).

Rentolan tavoiteäänitaso keskitaajuuksien mukaan on 33 dB(A) ja enimmäisäänitaso on 38 dB (A). Äänitasoarvot asetetaan neuvotteluhuoneen tai makuuhuoneen mukaan, koska tilan käyttö perustuu nimensä mukaisesti rentoutumiseen. Rentolan äänitaso ylittää määräyksien tavoiteäänitason 2 dB:llä, joten ilmastoinnin ääniä olisi vaimennettava. Tilassa ei ole taustäänilähteitä. Melu ei ole kuulohavainnon perusteella häiritsevää. Rentolassa ilmeni hiukan vetoa. Vetoisuutta käsitellään kohdassa 5.3.

Kuntosalissa melu oli häiritsevämpi kuin Rentolassa. Tilassa oli juuri saneerausvaihe menossa, joten sitä ei tutkittu tarkemmin. Kanavistot olivat eristämättä ja ilmapuotoja oli paljon. Kanaviston meluun vaikutti osittain suuremman moottorin vaihto. Lisäksi tilan ilmastointi oli säätämättä, joten sekin vaikutti tulokseen. Tilojen taustameluäänilähteenä olivat ainoastaan valaisimet, mutta niiden vaikutus oli vähäistä.

Hoito-, työ- ja toimistohuoneissa äänenpainetasot ylittivät suurelta osin tiloille asetetut tavoiteäänitasot, mutta taustamelu huomioiden alittivat enimmäisäänitason. Hoitohuoneiden ja lääkärin vastaanottohuoneissa äänenpainetasot olivat luokkaa 30 - 35dB(A). Huoneista 53 %:ssa ylitetään tavoiteäänitason. Osassa huoneessa taustamelun äänilähteenä olivat kello sekä seinien takaa kuuluneet puheet. Kellosta aiheutuva melu estettiin, asettamalla kello ääntä vaimentavaan kaappiin. Testitasanteen (voimistelutila) ympäröimissä huoneissa ääneen vaikutti osittain palloilusaliin johtava kanavisto, jonka virtausääni on häiritsevää. Tuloilmakoneen kierroksien lisääntyessä tiloihin on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska ilmapirran lisäys lisää myös ääntä.

Kyselyn perusteella toimistohuoneissa ilmeni eniten ääniongelmia. Tutkittaviksi huoneiksi kaivattiin tiloja 257 - 260, 264 - 266. Mittausten perusteella äänenpainetasot olivat huoneissa luokkaa 34 - 39 dB(A), joten ne ovat tavoiteäänitasoa korkeammat. Taulukossa 12 on esitetty mitatut tulokset mainituista huoneista.

Taulukko 13. Huoneiden 257 - 266 äänitasotulokset (Liite 6)

Huone	IV + tausta, dB(A)	Tausta, dB(A)	Ilmastointi, dB(A)
257	35	31,3	33
258	36	32,1	34
259	37	32,7	35
260	34	30	32
264-265	40	36	38 (37,8)
266	37	33	35

Tilojen äänenpainetasot ylittävät määräysten tavoiteäänitason (33 dB), mutta alittavat enimmäisäänitason 38 dB. IV:n osuus selvitetään kohdan 2.2.3 taulukon 10 mukaan. Taustamelun ja IV:n erotus oli yleisesti 4 dB. Huoneessa 264-265 on liian korkea ja häiritsevä äänitaso. Kuulohavainnon perusteella tuloilma häiritsee merkittävimmin. Lisäksi välikatosta kuuluvien tulo- ja poistokanavien melu häiritsee huoneessa 264-265. Huoneisiin 257 - 260 ja 266 ei tässä niinkään syvennyttä, vaan huoneeseen 264-265.

Huoneessa 264-265 työskentelee 4 henkilöä ja huoneessa on normaalikalustus (kohta 2.1.4). Ilmanjako on toteutettu Straventin suutinputkilla (liite 2). Huoneen lämpötila on korkea huolimatta lämmitysjärjestelmän säädöistä. Taustäänilähteiden (tietokoneen yms.) ja ihmisten tuottama lämpökuorma huoneeseen vaikuttavat tuloilman lisäksi huoneen korkeaan lämpötilaan. Tuloilman puhalluslämpötila voi olla korkea. Tuloilmalaitteen kautta on kuultavissa kovaa ääntä, jumputusta, suhinaa, kohinaa ja jopa ilman törmäilyä. Kuulostaa kuin tuloilma osuisi johonkin runkokanavassa. Ääniongelmia selvitetäessä tutkimusta laajennettiin huoneen taustamelun mittauksella, kanavan staattisen paineen mittauksella, IV-konehuoneen ja puhaltimelta lähtevän melun mittauksen kanavistomitoituksella.

Huoneen 264-265 ilmanvaihdon aiheuttama kokonaisäänepainetaso on taulukon 12 mukaan 37,8 dB, kun taustamelu otetaan huomioon. Taustamelulähteinä olivat 4 käynnissä olevaa tietokonetta ja valaisimet (loisteputki). Tietokoneiden tuuletuksen puhaltimet eivät pyörineet. Melu huoneessa on häiritsevää. Kokonaisäänitasoa on vaimennettava. Huoneeseen 264-265 tulee ilmaa 34 l/s (24 Pa). Suunnitellun mukaan olisi tilaan tuotava tuloilmaa 60 l/s (50 Pa).

Kuntoutusosassa ilmeni ääniongelmia 34 %:ssa kaikista huoneista, joissa ylitetään määräyksien mukainen tavoiteäänitaso. Huoneet olivat toimisto-, hoito-, rentoutus- ja neuvotteluhuoneita sekä taukutiloja ja kuntosaleja. Ilmastoinnin ja taustamelun erottelun jälkeen 8 %:ssa ongelmahuoneista alitetaan määräysten tavoiteäänitaso, 10 % vastaavat tavoiteäänitasoa ja 16 % (12 huonetta) ylittää tavoiteäänitason. Tulosten perusteella kuntoutusosassa olisi tarvetta jälkivaimennukseen. Taustaäänilähteinä olivat kello, tietokoneet, valaisimet ja seinien takaa kuuluneet puheet ja askellukset.

5.2.3 Muut tilat

Muihin tiloihin kuuluivat palloilusalit ja luentosalit Hovi 2. Kyselyn mukaan palloilusalissa valitettiin liian kovaa ääntä ja vetoa. Kuulohavainnon perusteella palloilusalin A ja B-osat olivat määräysten mukaiset ilmastoinnin äänien osalta, mutta C-osa oli eroava. Eroa oli 3 dB. Äänenpainetasomittaukset toteutettiin oktaavikaistoittain hiukan eri puolilta C-osaa. Tilan A-suodatettu kokonaisäänepainetaso oli 41,4 dB(A). Tulos on mitattu, kun salissa oli käyttöajan tehostus päällä. Mittaustulos olisi määräykset täyttävä, mutta ääni oli häiritsevää. Tilan äänenpainetasoon vaikutti enimmäkseen poistoilman ääni, koska poistokanavassa ei ole primäärivaimennusta. Melu haittaa myös sivutiesiirtymänä kuntoutusosan huoneisiin. (Liite 6.)

Luentosalissa Hovi 2 ilmastointi ei toiminut täysin kunnolla. Korviin kantautui kyselyn vastauksissakin mainittu vinkuminen. Huoneen toinen poistokanava vihelsi. Poistoventtiilinä oli Fläktwoods KSO-160. Vieressä oleva toinen poistoventtiili ja -kanava ja tuloilmaventtiili ja -kanava eivät ääniltään häirinneet. Huoneen kokonaisäänepainetasoon ei vinkumisella ollut vaikutusta. Poistokanaviston vinkuminen johtuu yleensä joko päätelaitteen huonosta kunnosta, liikakuristuksesta tai sitten kanavassa olevasta pienestä reiästä. Tässä tapauksessa vinkuminen johtui päätelaitteen tiivisteen uupumisesta. Venttiili vaihdettiin. Ennen venttiilivaihdosta tilassa oli kokonaisäänitaso 35 dB(A) ja vaihdon jälkeen lukema oli 34 dB(A). Vihellyksen poiston vaikutuksesta äänenpainetaso laski 1 dB:n. Tulos ylittää näin ollen tavoiteäänitason 1 dB:llä. Tilassa ei ollut valaisimien lisäksi muita taustamelulähteitä.

5.3 Olosuhteen mittaus

Olosuhdemittaukset toteutettiin 24.2.2011. Mittavälineenä olivat SwemaAir-300 ja olosuhdemittausanturi. Kyselyn perusteella vetoisuutta ilmeni muutamissa huoneissa. Taulukosta 14 selviävät olosuhdemittauksen tulokset. Taulukosta selviävät mitattu huone, huoneen lämpötila, ilman keskimääräinen nopeus (m/s) sekä tilaan tyytymättömien(Dr) osuus prosentteina.

Taulukko 14. Olosuhde

HUONE	$T(^{\circ}C)$	$V_{aver}(\frac{m}{s})$	Dr (%)
Palloilusali C-osa (1.piste)	20,6	0,12	14,7
Palloilusali C-osa (2.piste)	20,4	0,8	5,6
Rentola (1.piste)	21,5	0,03	0
Rentola (2.piste)	21,4	0,04	2,8
Huone 264 - 265	23,4	0,05	2,6
Luentosali Hovi 2	19.8	0,02	0

Vetoa ei esiintynyt merkittävästi missään tilassa. Palloilusalista mitattiin vain C-osasta vetoa, koska A- ja B-osissa vetoa ei kyselyn mukaan esiintynyt. Taulukon 14 mukaan C-osaan tyytymättömien osuus on 15 %. Mittaus tehtiin n. 15 metrin päässä päätelaitteista (tulo ja poisto) ja 1,2 metrin korkeudella. Toinen palloilusalin C-osan mittausotos mitattiin n. 7 metrin päässä päätelaitteesta ja 1,2 metrin korkeudella. Tällöin vetoisuus oli lievempi. Tulosten perusteella, mitä etäämpänä henkilöt liikkuvat päätelaitteesta, sitä tyytymättömämpiä he ovat tilan ilmannopeuteen. Koska tuloilma puhalletaan tilaan suurella nopeudella, tuloilman heittopituus on pitkä. Tuloilma kiertää salin yläosassa vastakkaiselle seinälle, jossa tuloilma painautuu alas ja kulkee lattian pintaa pitkin poistoilmapäätelaitteelle. Heittopituudella on siten suuri merkitys olosuhteen aistimisessa. Hikisenä vedon tunne usein miten lisääntyy.

Rentolassa mitattiin vetoa niin ikään kahdesta pisteestä 1,2 metrin korkeudella. 1. mittauspiste sijaitsi n. 3 metrin päässä poistoilmapäätelaitteista (2 x KSO-160) ja 2 metrin päässä tuloilmapäätelaitteesta. 2. mittauspiste sijaitsi n. 6 metrin päässä poistoilmapäätelaitteesta ja 2 metrin päässä tuloilmapäätelaitteesta. Tulosten perusteella havaitaan, että vetoa esiintyy jälleen sitä enemmän mitä etäämpänä päätelaitteista ollaan. Tässä-

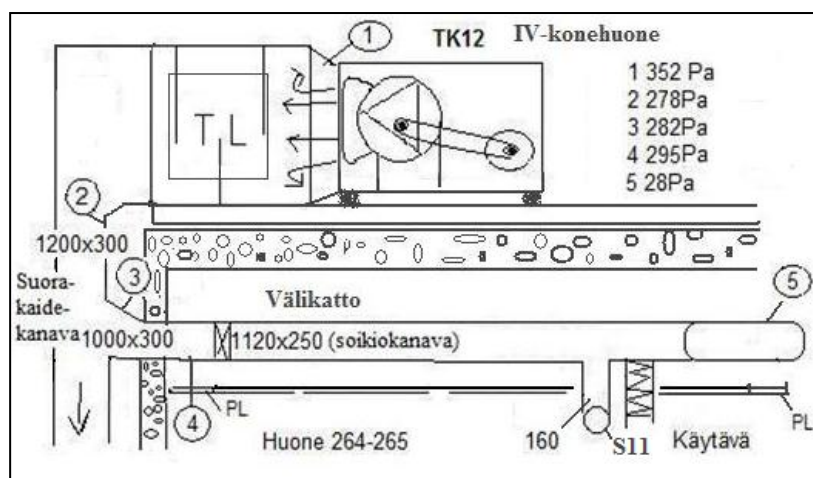
kin ilmanjaon heittopituus vaikuttaa asiaan. Tuloilmaa puhalletaan suurella nopeudella tilaan. Ilma kiertää katon rajassa vastakkaiselle seinälle saakka, jossa tuloilma painautuu alas lattian tasolle ja kiertää 2. mittauspisteen kautta 1. mittauspisteelle ja siitä edelleen poistoilmapäätelaitteelle. Tilassa on nimenmukaisesti tarkoitus rentoutua. Kun ilma liikkuu lattian pintaa pitkin, veto tunnetaan herkemmin lattian tasolla. Tilassa nimenmukaisesti rentoudutaan ja useimmiten lattian tasolla. Vetoisuutta ei tilassa mittausten perusteella ollut.

Huoneessa 264-265 ilmeni vähäistä vetoa. Veto mitattiin keskellä huonetta n. 2 metrin päässä tuloilmapäätelaitteesta ja 3 metrin päässä poistoilmapäätelaitteista. Tuloilman puhallus on seinään päin ja ilma kiertää seinän kautta lattiaan ja vaikuttaa täten etenkin istumatyöntekijöiden nilkkoihin. Huoneen kalustus saattaa edesauttaa vedon tuntemisessa, sillä se estää ilman suunnan kulkeutumista.

Luentosali Hovi 2:ssa ei ilmentynyt vetoa. Veto mitattiin keskeltä huonetta 1,2 metrin korkeudella ja yli 2 metrin päässä tulo- ja poistoilmapäätelaitteista.

5.4 Staattisen paineen mittaus

Ilmastoinnin äänen muodostumista ja ilman riittämättömyyttä selvitettiin työssä staattisen paineen mittauksella. Ilman riittämättömyys selviää kuvasta 12 painehäviön suuren alenemisen perusteella kanavassa.



Kuva 12. Staattisen paineen mittaus

Staattinen paine mitattiin kohdan 2.2.3 mukaan. Mittauspisteinä ja -tulokset olivat:

1. puhaltimen jälkeen ennen primäärivaimennusta (IV-konehuone), 352 Pa
2. suorakaidekanava, 1.mutkan jälkeen (IV-konehuone), 278 Pa
3. suorakaidekanavasta, 2.mutka (IV-konehuone), 282 Pa
4. puhdistusluukun kautta (huone 264 - 265), 295 Pa
5. ensimmäinen T-haara (käytävä), 28 Pa

Mittaus suoritettiin 23.3.2011 SwemaAir-300:lla ja pitot-putkella. Mittaus tapahtui kanavan kyljestä. Paineen pudotus on huomattava. Staattinen paine häviää lähes 90 % kohtien 4 ja 5 välillä. Mittauspisteiden (4 ja 5) välillä suorakaidekanava muuttuu soikiokanavaksi. Soikiokanavan mitoitus on helposti liian tiukka tai tuloilman kulkua estää mahdollisesti osittain palopelti. Snake-kameran avulla selvisi, ettei palopelti ollut esteenä. Kuntoutuksen alakerran säätöpellin kuristuksella ei ollut kohentavaa vaikutusta yläkerran ilmamääriin ja staattisiin paineisiin. Alakerrasta kuristettiin tuloilman staattinen paine 80 Pa → 45 Pa ja yläkertaan tämä vaikutti ainoastaan 1-2 Pa. Staattista painetta tarkasteltiin Straventin tuloilmapäätelaitteiden kautta (liite 2.) Staattisen paineen takaisin saamiseksi olisi pyrittävä nostamaan tuloilman nopeutta.

Ilmavirtaa on pyritty kohottamaan puhaltimen moottorin vaihdolla. Alun perin moottori oli 3kW (1210r/min) ja vaihdon jälkeen 4kW (1440r/min). Puhaltimen moottorin yhteyteen asennettiin taajuusmuuntaja säätämään mm. taajuutta ja virtaa, että kanavanpaineet pysyisivät vakiona. Puhaltimen moottorin vaihdon seurauksena kokonaisilmavirta kasvoi 25 %, mutta ei suunniteltua vastaavaksi kuntoutuksen 2. kerroksessa. Puhaltimen moottorin suurentaminen merkitsi myös äänihaittojen lisääntymistä. Äänenpainetaso kohosi keskimäärin 2 dB:ä. Puhaltimen moottorin vaihto ei saanut ilmavirtaa kulkemaan 2. kerrokseen, joten moottorin oli tämän tavoitteen kannalta tarpeeton.

Ilmavirtaa pyrittiin nostamaan myös välityssuhteen muutoksella eli pyörimisnopeuden säädöllä. Toimenpiteessä puhaltimen ja moottorin kiilahihnapyörät vaihdettiin ja pyrittiin sitä kautta kasvattamaan puhaltimen pyörimisnopeutta. Puhaltimen ja moottorin kiilahihnapyörät olivat kooltaan erikokoiset. Ennen vaihtoa tuloilmavirta oli 2950 l/s ja vaihdon jälkeen 2750 l/s. Ilmamäärä jäi edelleen vajaaksi kuntoutuksen 2. kerroksessa.

Kiilahihnapyörien vaihdon jälkeen puhaltimen moottori suoristettiin puhaltimeen nähdessä linjauksen avulla. Linjauksella pyrittiin kiilahihnapyörien pyörimisradan suoristamiseen, sillä liikerata oli aluksi väärä. Linjaus tarkistettiin linjurin (rima/lista) avulla. Tämän lisäksi puhallin puhdistettiin. Toimenpiteen vaikutuksesta tuloilmavirta kohentui yli 400 l/s. Tuloilmavirta oli nyt 3200 l/s. Kohentumisella ei ollut merkittävää vaikutusta kuntoutuksen 2.kerroksen tuloilmavirtaukseen. Äänenpainetasot eivät juuri muuttuneet.

5.5 SFP-luku

SFP-luku kuvaa puhaltimen sähkönkulutusta liikutettua ilmavirtaa (m^3/s) kohti ja vaikuttaa suuresti rakennuksen energiankulutukseen. Suomen rakentamismääräyskoelma D2:n mukaan tulo- ja poistoilmapuhaltimen SFP -luku saisi korkeintaan olla enintään $2,5 \text{ kW}/(m^3/s)$ asunnoissa, toimistoissa, kouluissa yms. D2:n mukaan poistoilmapuhaltimen SFP-luku saisi korkeintaan olla enintään $1,0 \text{ kW}/(m^3/s)$. Poikkeus-tilanteessa hyväksytään korkeampi SFP - arvo. /12, s.78/

Luku voidaan selvittää kahdella eri tapaa joko kaavasta 6 tai 7:

$$SFP_v = \frac{P_{tulo} + P_{poisto}}{q_{\max}} \quad (6)$$

SFP_v = koneen ominaissähköteho, jossa on tulo ja poistopuhaltimet, $\text{kW}/(m^3/s)$

P_{tulo} = tuloilmapuhaltimen ottama sähköteho, kW

P_{poisto} = poistoilmapuhaltimen ottama sähköteho, kW

q_{\max} = koneen ilmavirroista suurempi, m^3/s

Kaavaa 6 ei käytetä, jos rakennusta palvelevat erilliset tulo- ja poistoilmakoneet. SFP-luku laskettaisiin tällöin kaavalla 7:

$$SFP_v = \frac{P}{q} \quad (7)$$

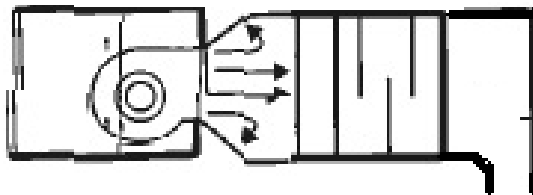
P = puhaltimen ottama sähköteho, kW

q = koneen tai puhaltimen ilmavirta, m^3/s

Puhaltimen ottama sähköteho tarkoittaa mitattavissa olevaa sähkötehoa, jonka puhaltimet mitoituspisteessä toimiessaan sähköverkosta ottavat. Ottotehoon vaikuttavat puhaltimen hyötysuhde, hihnäkäytön hyötysuhde, moottorin hyötysuhde ja mahdollisen pyörimisnopeussäätimen hyötysuhde, esim. taajuusmuuntaja. Työssä ei saatu selvitettyä SFP-lukua uupuneiden tietojen takia. /12, s.78/

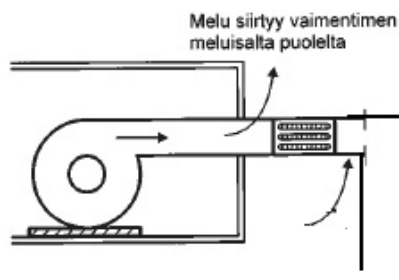
5.6 IV-konehuonemelu

IV-konehuoneen äänitasoksi mitattiin 63,2 dB. Välikatossa (huoneen 264-265 yläpuolella) äänenpainetasoksi mitattiin puolestaan 53,2 dB. IV-konehuoneessa on tutkittavan tuloilmakoneen lisäksi toinen tuloilmakone sekä näiden vaikutusalueilta ilmaa poistavat poistoilmakoneet. Tarkasteltaessa tuloilmakoneen puhallinta ja äänenvaimentimen kohtaa havaitaan, että ääntä pääsee kanavan seinämän läpi tuloilmakoneelta IV-konehuoneeseen ennen äänenvaimenninta. Vastaavasti IV-konehuonemelu pääsee kanavakuiluun ja edelleen kanavakuilusta kanaviin kanavaseinämien läpi. IV-konehuoneesta kanavakuiluun pääsevää melua ei ole ehkäisty millään tavalla. Tämä aiheuttaa mm. ääntä kuntoutusosan huoneissa. Tätä havainnollistavat kuvat 13 ja 14.



Kuva 13. Puhallin ja äänenvaimennin /12, s.79 – 80/

Kuva 13 esittää tuloilmakoneen TK12 puhaltimen ja äänenvaimentimen sijaintia konehuoneessa.

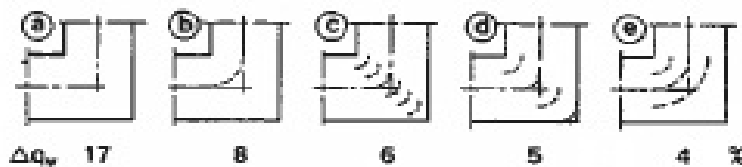


Kuva 14. Puhaltimen ääni /4, s.75/

Kuva 14 esittää vastaavaa, mutta kuvassa on havainnollistettu nuolilla äänen siirtymistä kanaviston seinämän läpi. Nuolet kuvaavat sitä, miten ääni pääsee konehuoneesta lähtevään kanavistoon. Samalla ääni pääsee ohittamaan primääriäänenvaimentimen. Tällä on merkitystä kuntoutuksen 2. kerroksen huoneissa häiritsevissä äänenpainetasoissa.

Huoneen 264-265 yläpuolella tuloilmakanava muuttuu soikiokanavaksi. Soikiokanavankoko on 1120 x 250. Kanavakoko on ensimmäinen, jossa keskellä on kanavaa tuettava tukirakenne. Soikiokanavaa on käytetty aikoinaan ahtaissa paikoissa. Kanava on tiiviydeltään heikompaa kuin kierresaumattu kanava. /13, s.60./

Toimistohuoneen 264-265 välikaton tuloilmakanavistoa kuvattiin snake-kameralla puhdistusluukun (kuva 12) kautta ja IV-konehuoneen äänenvaimentimen tarkastusluukun kautta. Kuvauksien perusteella soikiokanavan tukirakenne ei ollut tuloilmavirran esteenä. Kuvauksissa havaittiin, että suorakaidekanavan mutkissa ei ole lainkaan ohjaussiipiä. Ohjaussiivillä olisi vaikutusta tuloilman kulkuun. Kuva 15 havainnollistaa ohjaussiipien vaikutusta virtaukseen mutkassa verrattuna suoraan kanavaan.



Kuva 15. Ohjaussiipien vaikutus ilmavirtojen muutokseen /14, s.54/

Ohjaussiivet vähentäisivät jopa yli 10 % tuloilmavirran pienenemistä mutkassa verrattuna suoraan kanavaan. Kuvan 15 prosentit kuvaavat ilmavirran häviötä mutkassa puhalletusta kokonaisilmavirrasta. Ilmavirran ohjauksen parhain tulos saavutetaan, kun mutkassa olisi 3 ohjaussiipeä. Tällöin ilmavirtaushäviö on vain 4 % (kuva 15). Siipien pituudet kasvaisivat sisäkurvista ulkokaarteeseen päin mentäessä. Ohjaussiipiratkaisussa ei siis ole parhain menettely lisätä siipien määrää. Otollisin tilanne saavutetaan kolmella ohjaussiivellä. /14, s.54/

5.7 NR-luvun esitys

Äänitekniikassa käytetty NR-luku kuvaa häiritsevimmän oktaavikaistan äänenvoimakkuutta. Luku selvitetään huoneissa mitattujen A-painotettujen äänenpainetasolujen perusteella. Sijoittamalla oktaavikaistoittain mitatut äänenpainetasot pisteinä NR - käyrästön (liite 7) ja yhdistämällä pisteet viivoin saadaan NR-luku. Luku saadaan käyrästön korkeimman pisteestä. NR-luku on usein noin kuin 5 dB pienempi kuin kokonaisäänitaso. Liitteessä 8 on esitettyä NR-luvut IV-konehuoneesta, palloilusalista, Rentolasta, luentosalista Hovi 2 ja toimistohuoneesta 264 - 265. Liitteestä 8 havaitaan, että häiritsevimmät oktaavikaistataajuudet ovat 1000 - 4000 Hz.

Taulukossa 15 esitetään NR-luvut edellä mainituista huoneista.

Taulukko 15. NR-luvun esitys /liite 8./

Huone	Kokonaisäänepainetaso Tausta + IV, dB(A)	NR-luku
IV-konehuone	64	60
Palloilusali	41	40
Rentola	35	33
Luentosali Hovi 2	35	34
Toimistohuone 264-265	40	36
	± 0,5	± 0,5

6 SUOSITUKSET ONGELMIEN RATKAISEMISEKSI

6.1 Ilmavirran puute

Tuloilmavirta jää riittämättömäksi kuntoutusosan 2-kerroksen kaikissa toimisto ja hoituhuoneissa, joissa tuloilmapäätelaitteena on Straventin suutinputki. Tuloilmavirta jää noin 50 % suunnittelusta. Esimerkiksi huone 264-265, jossa suunniteltu tuloilmavirta on 60 l/s, mittaustulos on vain 32 l/s. Kuntoutusosan toimisto- ja hoituhuoneiden ja käytävien tuloilmapäätelaitteilta mitattujen tuloilmavirtojen perusteella käytävillä saavutetaan suunniteltua vastaava tuloilmavirta, mutta toimisto- ja hoituhuoneissa ei saavuteta. Käytävillä tuloilmapäätelaitteina ovat Haltonin TKA-kattohajottimet. Hal-

tonin TKA-kattohajottimet aiheuttavat pienemmän painehäviön suunniteltua vastavalla tuloilmavirralla verrattuna Straventin suutinputkiin.

Mutkassa käytettävät ohjaussiivet voivat lisätä ilmavirtausta yli 10 %. Ohjaussiivet tulisi asentaa TK12 koneen puhaltimen jälkeisiin suorakaidekanavan kahteen ensimmäiseen mutkaan. Siipien lukumäärä olisi 3 ja siipikaaren pituus tulisi kasvaa sisäkaarteesta uloskaarten päin kohdan 5.2.2 kuvan 15 mukaan, koska tällä päästäisiin parhaimpaan mahdolliseen ilmavirtaustulokseen. Ohjaussiipiä asennetaan kahteen mutkaan, joten tuloilman virtaus tehostuisi tällöin 25 % alkuperäisestä. Jos ohjaussiivet olisi asennettu ennen puhaltimen moottorin vaihtoa, ei moottoria olisi tarvinnut vaihtaa. Puhaltimen moottorin vaihdon yhteydessä tuloilmanvirtaus kasvoi 30 %, mutta seurauksena myös äänihaitat kasvoivat n. 2 dB. Väilyssuhteen muuttamisella puhaltimen pyörimisnopeus kasvaa, mutta tästä seurauksena myös äänihaitat kasvavat entisestään ja energiakulutus lisääntyy.

Muutamissa huoneissa valitettiin kyselyn mukaan lämpötilan kohoamista, esim. huone 288, näin varsinkin kesällä. Huone on kuntoutusosan länsisivun nurkkahuone. Lämpötilan nousu johtuu ensinnäkin ilmavirran riittämättömyydestä ja toiseksi auringon tuomasta säteilykuormasta huoneeseen. Huoneen ikkuna on sijoitettuna länteen päin, joten auringon säteilyn vaikutuksen estämisellä tilanne paranisi. Ikkunalle olisi syytä asentaa aurinkolippa, markiisi tai pidettävä ainakin sälekaihtimia kiinni.

Kuntoutusosaa palvelevassa tuloilmakoneessa ei ole jäähdytysmahdollisuutta. Jäähdytyksellä voitaisiin vaikuttaa tuloilmavirran ja huoneiden lämpötilaan. Lisäksi tuloilman puhalluslämpötilan alilämpöisyydellä voidaan parantaa huoneen lämpötilaa.

Huoneeseen 260 kaivattiin tuloilmavirran ohjausta ilmastointiin. Tuloilmalaitteena on Straventin suutinkanava (liite 2), eli sitä ei pysty säätämään kuin ilmamäärän suhteen. Päätelaitteen ilmamäärän säätö tapahtuu ulospuhallusreikien tulppaamisella. Huoneessa työskentelee 2 henkilöä, ja työntekijöiden välissä on siirrettävä väliseinä. Seinä estää ilmansuihkun etenemisen huoneessa ja vaikuttaa suurelta osin työntekijöiden mieltymykseen tuloilman ohjauksesta. Suutinkanava puhalttaa enemmän toisen työntekijän työpisteelle kuin toisen, joten huonejärjestelyt voisivat mahdollisesti auttaa asiassa.

6.2 Äänet

Äänenpainetasojen ja kyselyn perusteella Anttolanhovin kuntoutusosa oli selvästi ongelmallisempi kuin hallinto-osa. Äänenpainetasomittausten perusteella äänenpainetasot ylittyvät 14 %:ssa hallinto-osan sekä 32 %:ssa kuntoutusosan huoneessa määräykseen verrattuna. Huoneista kaikki olivat toimisto- tai hoituhuoneita. Hallinto-osassa äänenpainetasot olivat 1 - 3 dB määräyksiä korkeammat. Kuntoutusosan äänenpainetasot olivat 1-5 dB määräyksiä korkeammat. Ongelmakaistat olivat 5 ja 6 eli ts. taajuudet 1000 Hz ja 2000 Hz.

Ääniä olisi pyrittävä ehkäisemään jo IV-konehuoneessa. Puhaltimen aiheuttamaa melua ehkäisee primäärivaimennin. Vaimennin on yleensä IV-koneeseen integroitu kammiovaimennin. Primäärivaimennusta pitäisi tehostaa. Toinen vaihtoehto olisi suurempia korjaustoimenpiteitä ja kustannuksia vaativa primäärivaimentimen vaihto.

IV-konehuonemelu pääsee tuloilmakanavistoon primäärivaimentimen jälkeen, joten melua olisi vaimennettava. Primäärivaimentimelta lähtevää tuloilmakanavistoa olisi äänivaimennettava tai äänieristettävä. Äänieristyksellä ehkäistäisiin konehuonemelun siirtyminen sivutiesiirtymänä kanavan.

Jälkivaimentimiksi on syytä valita helposti asennettavat ja tarpeenmukaiset laitteet. Äänenvaimenninvalmistajia ovat esim. Fläktwoods, Halton, Lindab ja Jeven. Näistä viimeiseksi mainittu myy markkinoilla äänenvaimentimia, jotka ovat helposti asennettavissa. Lisäksi äänenvaimennuslaitteet eivät vaadi suuria rakennustoimenpiteitä. Ne ovat kevytrakenteisia ja käytännöllisiä (huolto, puhdistus). Liitteissä 9 ja 10 on esitetty lisätietoa Jevenin äänenvaimennuksen ja ilmapirran säätölaitteista. Äänenvaimentimia voidaan asentaa kanavaan tarvittaessa useita.

Jälkivaimennusta voidaan asentaa runkokanavaan puhdistusluukkujen tai päätelaitteen kautta. Puhdistusluukkujen kautta asennettavat Jevenin äänenvaimentimet ovat JEVE-L ja -R -järjestelmävaimentimia (liite 10) ja päätelaitteiden kautta asennettavat ovat Inno äänenvaimentimia (liite 9).

Hallinto-osan huoneisiin 144, 231 – 232 ja 245 olisi asennettava jälkivaimennusta, koska niissä äänenpainetasot ylittivät määräykset. Kuntoutusosan huoneisiin 155, 163

- 164, 257 - 259, 261 - 262, 264 - 266 ja 290 - 291 olisi asennettava jälkiäänenvaimennusta. Vaimennuslaitteiksi sopisi Jevenin Inno tai JEVE-R (Liitteet 9 ja 10.)

Erityisesti toimistohuone 264-265 on ongelmallinen ilmastoinnin ja taustamelun erotelun perusteella, koska huone on ensimmäinen IV-konehuoneesta lähtien ja huone sijaitsee suoraan IV-konehuoneen alapuolella. Huoneen välikatossa sijaitsevat tulo- ja poistoilmakanavat, joita siirtyy melua huoneeseen. Tämän lisäksi tuloilmalaitteen kautta tulevat äänet ovat häiritseviä. Ääntä voidaan ehkäistä äänieristyksellä. Huoneen puhdistusluukun kautta voidaan asentaa runkokanavaan Jevenin järjestelmävaimenninta JEVE-R (liite 10). Koska tuloilmapäätelaitteessa on integroitu äänenvaimennus, niin laitteen yhteyteen ei tarvitse asentaa jälkivaimennusta. Tuloilmapäätelaite on tarvittavan suuri jakamaan tuloilman huoneeseen, joten toista tuloilmapäätelaitetta ei tarvita.

Kuntosalissa (163 – 164) kanavia olisi äänivaimennettava sekä ilmavuotoja olisi tiivistettävä ja tulpattava. Huoneiden äänenpainetasot olivat 5 dB yli määräysten. Äänivaimennukseen sopisi Jevenin järjestelmävaimennin JEVE-R, jota voidaan asentaa kanavaan puhdistusluukkujen kautta. (Liite 10.)

Rentolan (155) äänenpainetaso oli 35 dB ja arvo ylittää 2 dB:llä määräykset. Jälkivaimennusta olisi lisättävä tulo- ja poistoilmakanavistoon. Ääntä on jälkivaimennettu aiemmin Jevenin Innolla, joten asia on huomioitava jälkivaimennettaessa. Huoneen molempiin poistokanaviin olisi syytä aluksi asentaa vaimennusta ja tarvittaessa tuloilmakanavaan. Vaimennuslaitteiksi suosittelen Jevenin Innoa. (Liite 9.)

Palloilusali

Palloilusalia palvelemaan poistoilmakanavistoon olisi asennettava jälkivaimennusta. Koska äänitaso oli C-osassa korkeampi kuin A- ja B-osissa, äänenvaimennus olisi kohdistettava C-osaan. Suunnittelijan ja piirustusten mukaan tuloilman puolella on primääriäänenvaimennin, mutta poistopuolella ei ole. Vaimennus olisi kohdistettava poistoilmakanavistoon. Jevenin järjestelmävaimenninelementti JEVE -R (kuva 16; liite 10) olisi hyvä ratkaisukeino kanavistoon, kun pidetään mielessä luvun alussa mainittu kriteeri, helposti asennettavuus. Kuvassa 16 on esitettyinä Jeven JEVE-R järjestelmävaimennin ympyräkanavassa peräkkäin asennettuna. (Liite 10.)



Kuva 16. JEVE- R /15, s.4/

Poistokanava on ympyräkanavaa ja kanavakoko on 630. Kanavakoko on 500 etäisimmällä päätelaitteella. Järjestelmävaimennin olisi asennettava palloilusalin C-osan poistokanavan T-haaraan tai ennen kanavamuuotoskohtaa (630 → 500). Järjestelmävaimenninelementtejä olisi mahdollisuus asentaa useampiakin kanavaan riippuen asennuskohdasta ja vaimennustarpeesta. (Liite 10.)

Taulukossa 15 esitetään laskelmat edellä kuvattua järjestelmävaimenninta käyttäen, kun vaimennin on asennettuna haaraan tai muutoskohtaan.

Taulukko 16. Palloilusalin äänenvaimennus (JEVE-R 630)

2-8 kpl	Jeven - R T-haarassa	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB(A)	
	L-painotettu okt	56,6	45	37,4	33,8	36,1	35,7	29,1	24,6	57	
	Jeven-R äänenvaimennin	-2	-1	-0,5	-0,5	0	0	0	0		
	A-painotus	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1		
	A-painotettu okt	30,6	28	27,9	30,3	36,1	35,7	29,1	24,6	40,9	EI
2 kpl	Jeven - R muutoskohdassa	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB(A)	
	L-painotettu okt	56,5	45	37,4	33,8	36,1	35,7	29,1	24,6	57	
	Jeven-R äänenvaimennin	-2	-1,5	-1,5	-3,5	-4,5	-4	-4	-3,5		
	A-painotus	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1		
	A-painotettu okt	28,6	27,5	26,9	30,3	31,6	32,7	26,1	20,1	38,2	Ok

Taulukon 16 laskelmista voidaan päätellä, että t-haarassa ei ole juurikaan vaikutusta, onko laitteita asennettuna 2-8 kpl, koska aina saavutetaan sama vaimennus oktaavi-kaistoilla. Jos vaimennin asennettaisiin vähintään metrin etäisyydelle haarasta tai ennen muutoskohtaa, olisi sillä suurempi vaikutus. Tällöin riittäisi 2 kpl, jotta tila on määräyksiä edellyttävä. Vaimenninta voidaan lisätä kanavaan tarvittaessa enemmänkin, ja sitä voidaan asentaa riviin, perätysten tai päälletysten. Asennustapoja on monenlaisia, joten järjestelmävaimennin on käytännöllinen ja helposti asennettavissa kanavistoon. Vaimennin pienentää äänen lisäksi ilmavirtaa.

7 POHDINTA

Tutkimukseni tavoitteena oli selvittää Anttolanhovin tilojen ilmastoinnin aiheuttama melu kyselyn ja äänenpainetasomittausten avulla. Lisäksi kyselyn seurauksena tehtiin kanavan staattisen paineen ja tilojen olosuhteen mittauksia. Anttolanhovin kartoitussosuus koostui kahdesta osasta: hallinto ja kuntoutus. Hallinto-osassa on 40 huonetta ja kuntoutusosassa 73 huonetta sekä muutamasta lisähuoneesta.

Kyselyn tarkoituksena oli selvittää Anttolanhovin työntekijöiden havaintoja ja ilmastoinnin melusta. Kyselyn perusteella selvisi, että ilmastointi häiritsi 50 %:a työntekijöistä. Osa työntekijöistä jopa oireili melun vaikutuksesta. Äänien lisäksi myös vetoa ja huoneen lämpötilaa valitettiin. Kyselyllä oli tärkeä merkitys äänenpainetasomittausten keskittämisessä pääasiassa ongelmahuoneisiin.

Äänenpainemittaukset toteutettiin Suomen rakennusmääräyskokoelmien C1 ja D2 sekä LVI-standardien (SFS5517) mukaisesti. Mittareina käytettiin Bruel & Kjaerin (tyyppi 2236) melumittaria ja SwemaAir-300 veto-, ilmavirta-, nopeus- ja painemittaria. Mittauksiin sisältyi kaikkiaan n.100 huonetta, joista suurin osa vastasi määräyksiä. Ongelmia ilmeni 20 %:ssa kaikista huoneista. Suurin osa ongelmahuoneista selvisi kyselyn perustella, mutta osa ei. Oli siten hyvä mitata suuremmalla mittausotoksella. Mittausotos oli lähes 100 %. Otoksesta oli voinut jättää pois tilat, joissa oleskellaan hetkellisesti. Ongelmahuoneista eroteltiin taustamelu. Tulo- ja poistoilma käsiteltiin yhdessä.

Tuloksena ehdotettiin laiteratkaisuja ongelmatiloihin ja -kohtiin. Muutamisiin tiloihin tarvittaisiin äänenvaimennusta ja mm. ohjaussiipiä tuloilmakanavan mutkiin.

Työn ongelmana oli se, että tutkimusta tehtiin samaan aikaan urakointiosassa käyvien korjaustoimenpiteiden kanssa. Mittauskohdetta olisi pitänyt päästä aikaisemmin tutkimaan ja suunnittelemaan.

Työ täydensi opiskelussa opittuja asioita. Työssä pääsi tutustumaan olemassa olevaan laitokseen, käytettyihin mittausvälineisiin ja toteuttamaan mittaukset. Työ täytti omat odotukset ja tavoitteet.

LÄHTEET

- 1 LVI-Kaari. Palvelut. www.lvi-kaari.fi. Luettu: 27.1.2011. Päivitetty: 27.4.2011 14:25:20
- 2 LVI 30-10333 Ohjekortti. 05/2002. Rakennustieto.
- 3 Mäkinen, Antti. Meteliä ilmastonin äänitekniikasta. Nettiartikkeli. AX-Uutiset. 2009.
www.ax.fi/mp/db/file_library/x/IMG/21392/file/meteliailmastoninäänitek...pdf. Luettu: 27.1.2011. Päivitetty: 25.2.2010 14:27:32
- 4 Halme, Alpo, Seppänen Olli. Ilmastonin äänitekniikka. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 2002
- 5 IVK - tuote Oy. Tuotteet. www.ivk-tuote.fi. Luettu: 18.4.2011. Päivitetty: 18.4.2011 14:29:11
- 6 Kylliäinen, Mikko, Hongisto, Valtteri. Akustiikan perusteet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto.2007
- 7 Asumisohje. Sosiaali – ja terveysministeriön opas 2003:1. Opas. Helsinki. 2003
- 8 Rakennukset sisäilmasto ja ilmanvaihto. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Osa C1. Määräykset ja ohjeet. 2010.
- 9 Rakennukset sisäilmasto ja ilmanvaihto. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Osa D2. Määräykset ja ohjeet. 2010.
- 10 LVI-014-10191. Standardi (SFS 5517). Suomen Standardisoimisliitto SFS. 03/1992.
- 11 Anttolanhovi. Kuntoutus. Yhteystiedot. www.anttolanhovi.fi. Luettu: 7.3.2011. Päivitetty: 27.4.2011 14:35:20

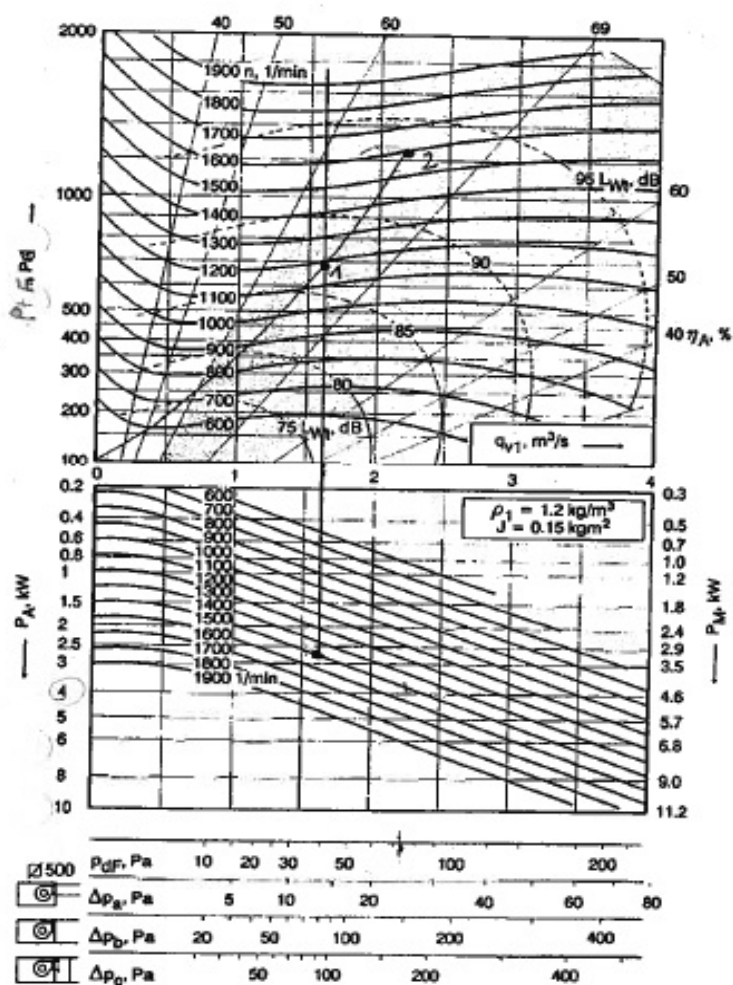
- 12 Seppänen, Olli. Ilmastoinnin suunnittelu. Forssa: Talotekniikka - Julkaisut Oy. 2004
- 13 Halminen E, Kuvaja O, Köttö R. Ilmastointitekniikka. Helsinki: Rakennusalan kustantajat RAK. 1994
- 14 Fläktwoods Oy. Puhallintekniikan käsikirja. 2009
- 15 Jeven Oy. Suunnittelijat. Vaimentimet ja säätimet. JEVE - vaimentimet. Tuote-esitys. www.jeven.fi. Luettu: 28.3.2011. Päivitetty: 27.4.2011 14:44:36

ILMASTOINTIKONE HELI 2000



Puhallinosa HFOK-2-AF, AFK

Puhaltimen ominaiskäyrästä ja äänitiedot



Merkinnät

- Q_{v1} , m³/s = tilavuusvirta
- P_{tF} , Pa = kokonaispaine
- n , 1/min = puhalt. pyörimisnopeus
- η_A , % = puhalt. hyötysuhde akselitehon mukaan
- L_{wF} , dB = puhalt. äänen kokonais-tehotaso
- P_A , kW = puhalt. akseliteho
- P_M , kW = pienin suositeltu moottoriteho suorakäynnistyksellä
- J , kgm² = massahitausmomentti
- ρ_1 , kg/m³ = ilman tiheys
- P_{dF} , Pa = puhalt. dynaaminen paine
- ΔP_a , Pa = liitäntähäviö, tietty kanavakoko
- ΔP_b , Pa = liitäntähäviö, puhallus koneen kokoiseen kammioon
- ΔP_c , Pa = liitäntähäviö, puhallus koneen kokoiseen kammioon kun paineaukossa on virtauskenttä HTZH

Äänitason korjaus oktaavikaistoin K_{ok}

Puhaltimen pyörimisnopeus n , 1/min	Painekanavaan Oktaavikaistan keskitäajuus Hz								Imukanavaan Oktaavikaistan keskitäajuus Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
< 800	-2	-8	-9	-12	-14	-17	-21	-28	-7	-6	-7	-8	-11	-16	-21	-27
801-1800	-3	-9	-10	-10	-11	-14	-16	-21	-9	-8	-8	-7	-8	-12	-15	-21
> 1800	-4	-8	-9	-11	-11	-12	-14	-19	-10	-8	-8	-9	-8	-9	-13	-17

Stravent
Kerrostava ilmanvaihto

2010

S 11-INDUCT
SUUTINPUTKI

S 11-INDUCT – tarpeenmukaiseen ilmanvaihtoon

- » Sopii koulujen, toimistojen ja neuvottelutilojen ilmanvaihtoon.
- » Hiljainen ja vedoton ilmanjako. Parantaa sisäilman laatua.
- » Syrjäyttävää, kerrostavaa ilmanjakoa.
- » Tarpeenmukainen ilmanvaihto säästää energiaa.



Seinälle asennettava tuloilmalaite säädettävällä ilmamäärällä

Tekniset tiedot

Ilmamäärä
Paine
Äänitaso
Koko
Pituus
Pintakäsittely
Ohjaus
Käyttöjännite

S 11-INDUCT

Valittavissa aina 65 l/s asti
Valittavissa, jopa 150 Pa
Aina alle 30 dB(A)
125 ja 160 mm
600 ja 900 mm
vakiona maalattu RAL 9010
2-10V tai 3-Piste-ohjaus
AC/DC 24V tai AC/DC 230V



Tämä on S 11-INDUCT

S 11 muodostuu sylinteriputkesta, päätytulpasta, kahdesta seinäkannakkeesta, liitäntäpannasta, motorisoidusta sulkupelistä ja 1 m:n PVC muovipinnoitetusta sähkökaapelista.

Suunnittelu

Tarpeenmukainen ilmanvaihto

Ilmasuihku siis aktivoi huoneilman ja muodostuu auktoriteetiksi huoneessa. Tämän johdosta tuloilman sekoittuminen mahdollistaa huoneilman selkeän kerrostumisen.

Suutinputken sisälle asennettua moottoripeltiä ajetaan tarpeen mukaan 0 - 60 % - 100% ilmamäärällä. Ohjaustapa on vapaasti valittavissa sillä moottori tarvitsee vain jännitetiedon toimiakseen halutulla tavalla. Kun pidetään vakiopainetta myös osa-ilmamäärällä, pysyy heittokuvio vakiona ja tehokas tuuletus säilyy.

Valitse sopiva koko

Siniset viivat viereisessä taulukossa näyttävät maksimi-ilmamäärän. Ilmamäärä ja painehäviö on vapaasti valittavissa 150 Pa asti.

S 11 toimitetaan esisäädetyllä ilmamäärällä, jos tämä ja painehäviö ilmoitetaan tilattaessa.

Äänitason korjaus äänen tehotasoksi

Kun kaavion äänitason korjataan taulukon luvuilla, saadaan äänen tehotasot eri oktaavikaistoilla.

Sisäänrakennettu äänenvaimennus

Aina 250 Hz:n taajuuteen asti on S 11:n ominaisäänenvaimennus jopa 18 dB suurempi kuin perinteisillä, liitäntäkotelolla varustetulla tuloilmapäätelaitteilla.

Äänenvaimennus

Taulukosta ilmenee, että S 11 on 8-15 dB(A) hiljaisempi kuin markkinoilla olevat liitäntäkotelolla varustetut tuloilmapäätelaitteet.

Äänitason korjaus äänen tehotasoksi

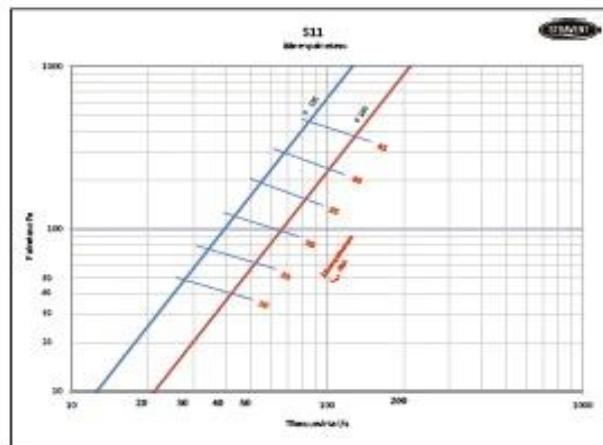
Kun kaavion äänitason korjataan alla olevan taulukon luvuilla, saadaan äänen tehotasot eri oktaavikaistoilla.

Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Korj	+4	+3	+4	+1	-2	-4	-6	-10

Sisäänrakennettu äänenvaimennus

Aina 250 Hz:n taajuuteen on S 11:n ominaisäänenvaimennus jopa 18 dB suurempi kuin perinteisillä, liitäntäkotelolla varustetuilla tuloilmapäätelaitteilla.

Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
db	20	16	12	9	7	6	6	7



Käyrän äänitasot edellyttävät, että päätelaitte on liitetty vähintään (3-6) * halkaisijan pituisella suoralla kanavaosalla.

S 11 toimitetaan esisäädetyllä ilmamäärällä, jos ilmamäärä ja painehäviö ilmoitetaan tilattaessa. Jos ainoastaan ilmamäärä ilmoitetaan, toimitetaan päätelaitte 60 Pa painehäviöllä. Ilmamääriä on myös helppo muuttaa asennuspaikalla seuraavan laskukaavan avulla.

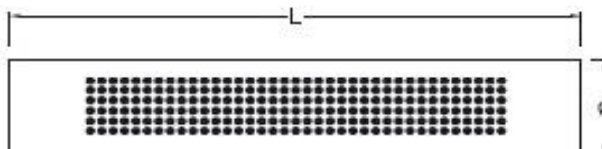
$$q_v = \sqrt{\Delta p} \cdot 0,030 \times L_{km}$$

q_v = haluttu ilmamäärä, dm³/s
 $\sqrt{\Delta p}$ = valittu/mitattu painehäviö, Pa
 0,030 = päätelaitteen ns. k-arvo
 L_{km} = avoinna olevien suuttimien luku

Mitat ja erittely

Esisäädetty tuloilmalin S 11-INDUCT – a – b – c – d
 a. Koko Halkaisijan nimellismitta 125, 160
 b. Ilmamäärä Ilmoitettu l/s
 c. Paine Ilmoitettu Pa
 d. Pintakäsittely R = ruostumaton teräs, G = galvanoitu tai RAL 9010

Esimerkki erittelystä: S 11 - FZ- 160 - 60 l/s - 100 Pa - RAL 9010



Kysely ilmaston äänenpainetasoista Anttolanhovin hallinto- ja kuntousosan huoneissa työskenteleville

Kyselyn järjestäjä on Kimmo Köykkä, joka tekee opinnäytetyötä LVI-Kaari Oy:n kautta Mikkelin Ammatti- korkeakoululle. Kyselyn tarkoituksena on selvittää Anttolanhovin työntekijöiltä/ henkilökunnalta mielipiteitä ilmaston ääniasioista. Kyselyn vastauksilla on apua työni ratkaisuvaihtoehtoja mietittäessä.

Vaihtoehdot:

1 erittäin vähän 2 vähän 3 kohtalainen 4 paljon 5 erittäin paljon

Sukupuoli: Mies/Nainen

Ikä: alle 20 21-30 31-40 41-50 51-60 yli 60

Päivämäärä: _____ **Työtehtävä:** _____ **Työhuone(nro):** _____

YMPYRÖI SOPIVA VAIHTOEHTO TAI VASTAA KYSYMYKSIIN

1. Onko Anttolanhovin ilmaston aiheuttama ääni mielestäsi häiritsevää? 1 2 3 4 5

2. Minkälaisia häiriötekijöitä?

- Liian kova ääni? 1 2 3 4 5

- Liian matala ääni? 1 2 3 4 5

- Suhina? 1 2 3 4 5

- Vinkuminen? 1 2 3 4 5

- Jumputus? 1 2 3 4 5

- Jokin muu. Mikä? _____

3. Missä huoneessa/huoneissa olet havainnut ääniongelmia? _____

4. Onko ilmaston melu häirinnyt sinua? 1 2 3 4 5

5. Miten? _____

6. Onko melu vaikuttanut viihtyvyyteesi? 1 2 3 4 5

7. Onko melu vaikuttanut työtehtäviisi? 1 2 3 4 5

8. Onko melu aiheuttanut mahdollisesti jotain oireita? 1 2 3 4 5

- Päänsärkyä? 1 2 3 4 5

- Väsymystä? 1 2 3 4 5

- Keskittymisongelmia? 1 2 3 4 5

- Kireyttä (tunnetta, ettei kerta kaikkiaan jaksa)? 1 2 3 4 5

- Sairauksia ja seurauksena sairauslomaa? 1 2 3 4 5

9. Jos on aiheuttanut oireita, mitä? _____

10. Mikä ilmastonoinnin kohta/osa on häirinnyt sinua merkittävimmin? _____

11. Kaipaako ilmastonoinnin toteutukseen parempia ratkaisuja? 1 2 3 4 5

12. Mitä mahdollisia ehdotuksia/toiveita sinulla on ilmastonoinnin toimintaan liittyen (säätölaitteet, päätelaitteet, kanavistot yms.)? _____

13. Mitä mahdollisia ehdotuksia/toiveita sinulla on ilmastonoinnin äänen kehitykseen liittyen? _____

Äänenpainetasomittaukset(hallinto)

Mittauspaikka:	Anttolanhovi(hallinto-osa, TK11)
Mittari:	E&K type 2236
Mittaja:	Kimmo Köykkä/MAMKn opiskelija ja LVI-Kaaren työharjoittelija
Päivämäärä:	11.2.2011
Mittauspiste:	* Keskellä huonetta sekä työpisteiltä. Poikkeuksena käytävät! * 1,2 korkeudella * 2-3m päätelaitteesta * Aikavakiona oli F(fast)
Mittarilla mitattiin 15-30 sekunnin ajoilla Leq, josta selvitettiin äänenpainetasot A-suodatuksella dB(A)	
* osassa huoneista mitattiin oktaavikaistoittain äänitasot	
Mittaustuloksien luotettavuuteen vaikuttavat mittauspiste, mittausympäristö ja osassa taustamelulähteet (kello, kylmäkone, puheet yms.). Tulokset saattavat poiketa jonkun toisen tekemistä mittauksista. Tulokset ovat senhetkisistä tilanteesta.	

2 kerros	OKTAAVIKAISTOJEN TAAJUUDET Hz								LpA, mit	LpA, suun	HUOM!	
	Huone	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dBA		dBA
231 Johtaja		17,8	19,1	22,7	25,0	29,5	27,4	23,4	19,5	33,8	35	
232 Johdon sihteeri		22,4	18,0	19,7	26,3	28,9	28,0	27,2	22,3	34,6	35	Taustameluna kello
233 Hotelli - ja ravintolapääällikkö										31,7	35	
234 Taloustoimisto		20,0	19,5	22,5	26,2	29,1	27,5	25,5	21,5	34,2	35	Taustameluna kello
235 Kuntoutuspääällikkö										33,2	35	Taustameluna kello
236 Taukotiila (kokoustiila)		22,1	24,0	27,1	28,4	30,8	28,2	27,7	22,1	36,1	35	Taustameluna hälytyskeskus(Piena Voice A.C)
Vastaanotto										40,5	40	Taustameluna radio
Kahvio/baari										48,4	40	Taustameluna radio ja Afinox-kylmäkone
241 Inva WC										37,1	40	IV-kavasta pientä surinaa
242 Matkalaukut(varasto)										38,8	40	Oven takaa kantautui puheita
243 Kioskin varasto										34,2	45	Varastossa paljon ääntä vaimentamaa tavaraa kuten pahvilaatikoita ja vihkoja
244 ATK luokka		31,3	34,0	37,7	52,3	59,5	53,7	45,7	39,2	60,7	45	Taustameluna HP serveri (tietokoneiden päätekeskus)
245 Tiedotus Asiakaspääällikkö		24,3	22,1	23,4	27,6	29,5	27,3	24,4	22,5	34,9	35	Taustalla puheita, poisto kohisi välillä
246 WC Naiset, henkilökunta										35,7	40	
247 WC Miehet, henkilökunta										35,2	40	
248 Siivoushuone (varasto)										39,5	45	Taustalta puheita
249 Käytävä		25,2	20,5	25,0	30,6	32,5	30,5	27,6	22,0	36,4	40	Ei taustamelua, 5 m päätelaitteesta
Kopiohuone										38,8	45	Kopiokone ei päällä!
250 (Ylätasanne)		27,4	23,0	29,6	33,2	37,2	35,8	26,3	21,5	40,5	40	Taustalla puhetta
251 (Ylätasanteen käytävä)										41,5	40	Taustalla puhetta
253 Aula		24,3	25,2	35,2	36,9	40,3	41,0	38,4	26,4	36,8	40	Taustameluna: radio! Pääte- laitteesta 2m. 41,9dB/47,4dB. Ilman taustaa 36,8dB

1 kerros	OKTAAVIKAISTOJEN TAAJUUDET Hz								LpA, mit	LpA, suun	HUOM!	
	Huone	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dBA		dBA
133 Siivouskeskuksen varasto										33,4	35	
Likavaatevarasto										40	45	
134 Siivouskeskus(toimisto)										40,7	35	Taustameluna pyykkikone
135 Työvaatehuolto										32,9	45	Huoneissa oli paljon ääntä vaimentamia tavaroita, kuten vaatteita,
136 Likapyykki										34,2	45	pyyhkeitä, lakanoita, peittoja ja
137 Linavaatevarasto										26	45	tyynjiä
138 Hoitoväline- ja kertakäyttö materiaalivarasto										27,8	45	
139 Fysioterapeutin varasto										30,4	45	
140 Neuvottelu Mypa										32,6	35	
141 Toimisto Mypa										28	35	Mikron kanssa 46 dB
142 Toimisto Mypa										26	35	
143 Toimisto Mypa										26	35	
144 Toimisto										34,5	35	
145 Siivoushenkilökunnan taukotiila										38,2	40	
146 Siivoustyönjohto										34,6	35	Taustameluna kello ja pyykkikone
147 WC										37,8	40	
148 KH											35	
Käytävä										37,9	40	Pyykkipesukone päällä ja KV-putkista melua
151 Luonnonilmastotila (aula)										40,9	40	Taustalla puhetta!
152 Aula										39,1	40	
153 Pesula (pesutupa)										36,9	45	
154 Leikkihuone										*	40	Ei ollut mitattavissa!

Äänenpainetasomittaukset(kuntoutus)

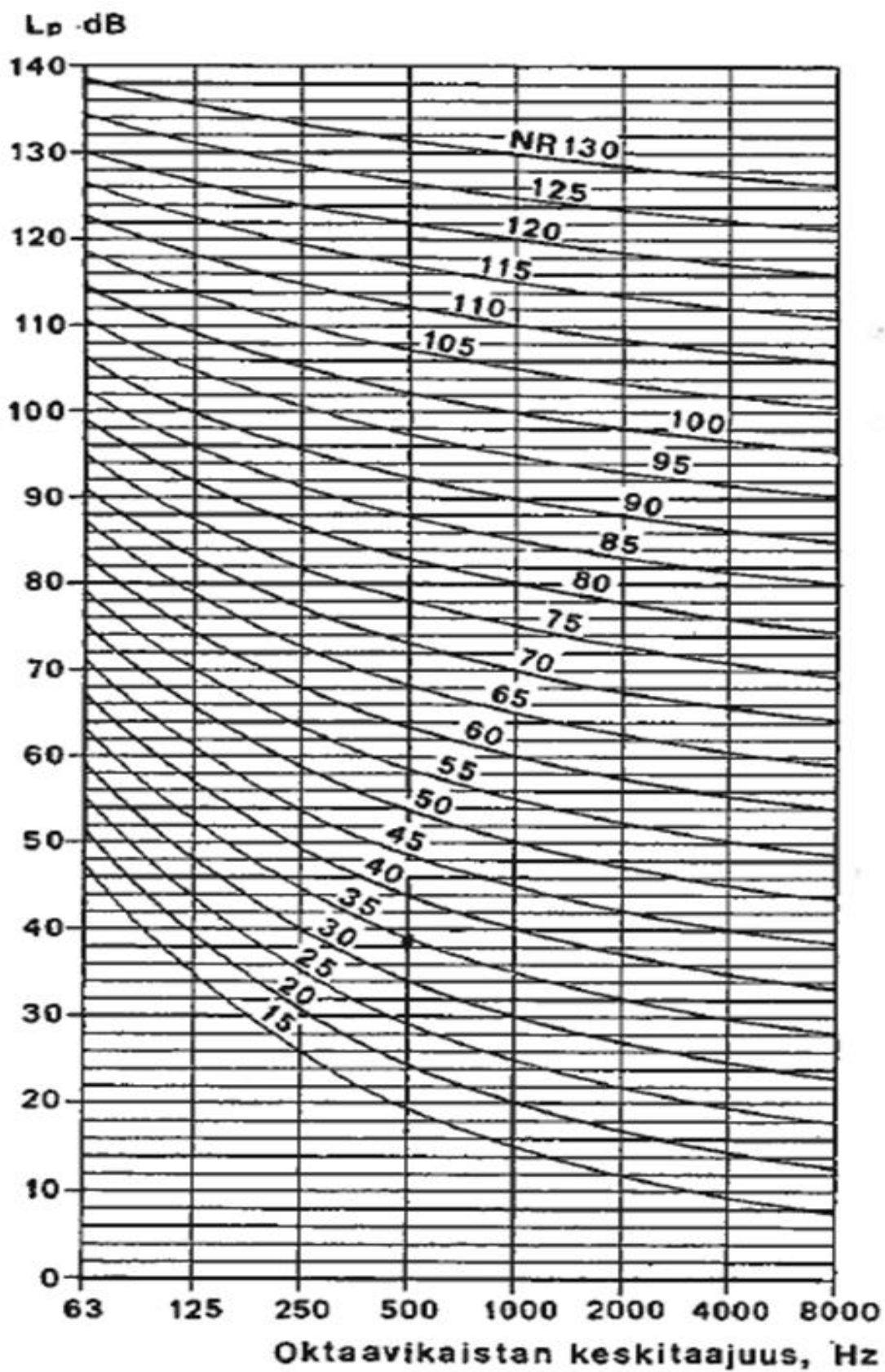
Mittauspaikka:	Anttolanhovi kuntoutusosa, TK12
Mittari:	Bruel&Kjaer(B&K) Type 2236
Mittaaja:	Kimmo Köykkä/MAMKn opiskelija ja LVI-Kaaren työharjoittelija
Päivämäärä:	23.2.2011(~klo. 15-20) ja 23.3.2011
Mittauspiste:	* Keskellä huonetta sekä/tai työpisteiltä * 1,0 - 1,2m korkeudella * 2-3 m päätelaitteesta, poikkeuksena käytävät * Aikavakiona oli F(fast) Puhaltimen moottori oli just ennen 1.mittauksia vaihdettu!

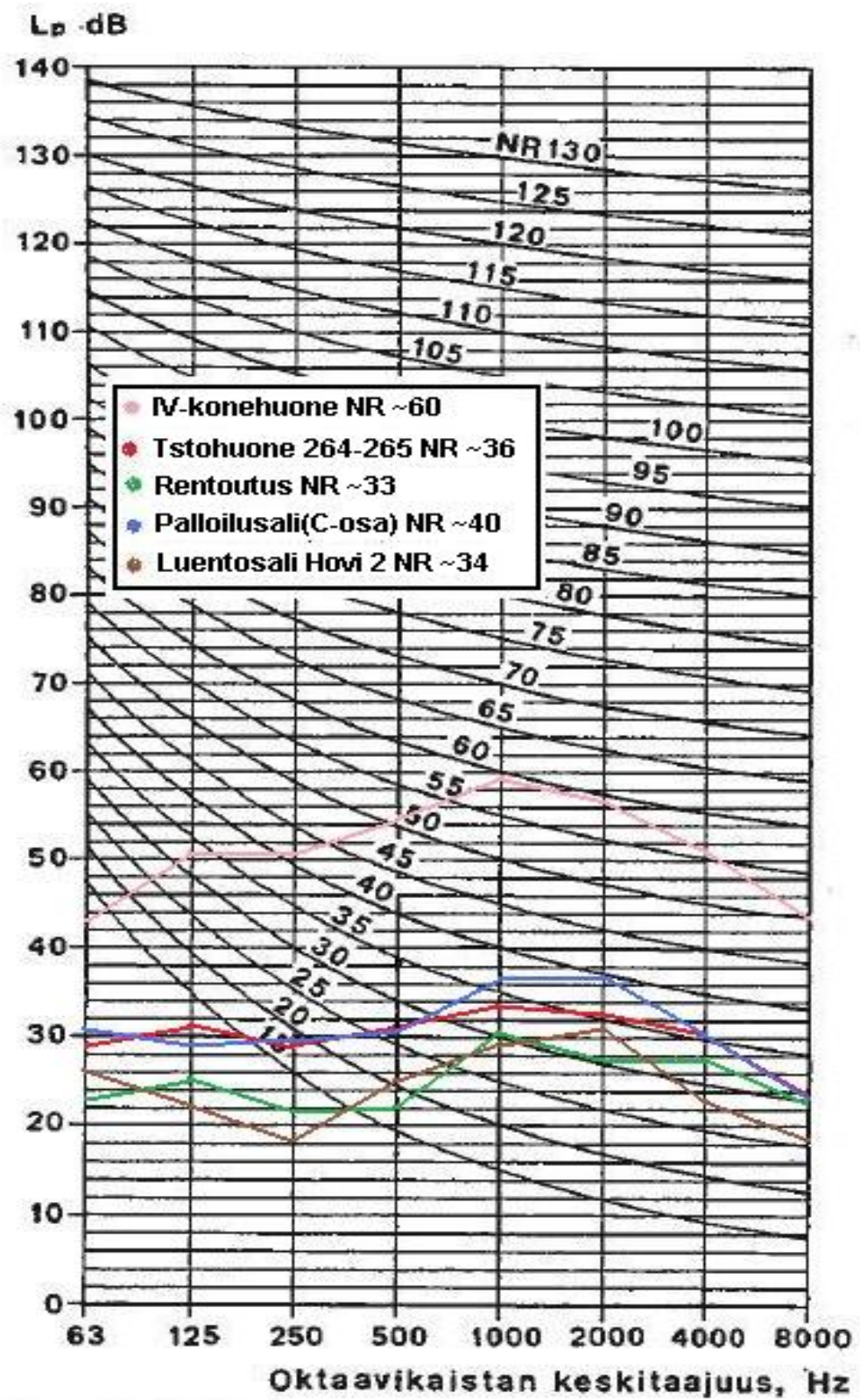
2 kerros	OKTAAVIKAISTOJEN TAAJUDET Hz								LpA, mit	LpA, suun	HUOM!	
	Huone	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dBA		dBA
255 MYYMÄLÄ										-	45	
256 PORTAIKKO(TK11)										-	40	Lähettyvillä juoma-automaatti
257 TYÖHUONE	18,8	17,8	24,0	25,7	30,7	28,7	28,6	16,7	35,4	35	35	Poisto ääntelehti kellon ohella
258 TYÖHUONE	22,7	22,9	25,1	27,8	27,3	25,4	26,0	16,8	36,8	35	35	
259 TYÖRYHMÄSIHTEERIN HUONE R2	19,4	19,1	21,8	25,8	31,7	31,1	26,7	15,6	36,0	35	35	Ilmastoinnin lisäksi seinäkello meluna
260 TYÖRYHMÄSIHTEERIN HUONE R3	20,0	21,6	24,9	26,9	30,7	24,6	22,3	18,3	34,2	35	35	Poistosäleikkö!
261 TAUKOTILA									36,7	35	35	Melu välikaton kanavista!
262 NEUVOTTELUHUONE (35,9)	26,7	24,7	24,3	26,6	30,2	27,6	25,2	18,2	35,5	35	35	Melu välikaton kanavista!
263 KOPIOHUONE									39,2	45	45	Poistokanava metelöi, alakaton pl aukki!
264-265 TYÖRYHMÄ 3 TOIMISTO (38,1)	28,8	31,0	29,1	31,6	33,6	32,3	30,1	23,8	39,8	35	35	Ilmastoinnista erittäin kovaa ääntä!
266 TYÖHUONE(36)	25,3	22,3	27,8	28,8	32,1	31,0	23,7	22,3	37,1	35	35	
267 WC									34,8	40	40	
268 VARASTO									35,0	40	40	Poistokanava suhisee!
269 WC									30,0	40	40	
270 WC									34,5	40	40	
271 SIIVOUSSHUONE									30,4	45	45	
272 TYÖHUONE	17,9	16,1	22,0	28,5	30,6	21,2	24,2	15,5	34,0	35	35	
273 HOITOHUONE									32,2	35	35	
274 HOITOHUONE									33,8	35	35	
275 HOITOHUONE	24,6	23,0	21,4	24,6	28,5	28,1	23,7	21,2	34,2	35	35	
276 HOITOHUONE									33,2	35	35	
277 HOITOHUONE									34,5	35	35	
278 TYÖHUONE									34,9	35	35	
279 TYÖHUONE									32,0	35	35	
280 TYÖHUONE									32,6	35	35	
281 ENSIAPUHUONE	16,4	15,2	21,5	30,5	26,4	25,7	27,1	21,4	34,5	35	35	Huoneessa hurisi lääkekylmäkone
282-283 TYÖRYHMÄ 2 TOIMISTO									34,0	35	35	
284 LÄÄKÄRI									31,2	35	35	
285 HOITAJA									31,7	35	35	
286 HOITAJA									32,5	35	35	
287 HOITAJA									32,4	35	35	
288 LÄÄKÄRI									32,8	35	35	
ODOTUSTILA									33,0	35	35	
289 (VENYTTELYTILA)									33,4	35	35	
290 HOITOHUONE	24,5	20,0	22,0	31,6	31,1	29,8	29,8	22,6	35,9	35	35	Palloilusalin kanavasta melua
291 HOITOHUONE TAUKO- /PUKUTILA									36,4	35	35	Palloilusalin kanavasta melua
292 HOITOHUONE									34,6	35	35	
TESTITASANTEEN LISÄHUONE									35,2	35	35	Seinän takaa terapia-altaalta melua!
293 TESTITASANNE									37,6	40	40	
294 KÄYTÄVÄ(2.glin)									36,7	40	40	
295 KÄYTÄVÄ(2.alin)									34,7	40	40	
296 KÄYTÄVÄ(alin)									37,7	40	40	
297 KÄYTÄVÄ(glin)									38,1	40	40	

Äänenpainetasomittaukset(kuntoutus)

1 kerros	OKTAAVIKAISTOJEN TAAJUDET Hz								LpA, mit	LpA, suun	
Huone	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dBA	dBA	HUOM!
155 RENTOUTUS(RENTOLA)	24,2	24,6	21,3	21,6	31,6	28,6	27,0	22,9	35,1	35	Pitäisi saada hiljaisemmaksi!
156 VÄLINEVARASTO									36,8	40	
157 WC/M									37,1	40	
158 WC/INVA									36,5	40	
159 LOMAKEVARASTO									35,9	40	
160 HIERONTA-AMME									31,8	35	
161 VÄLINE/SIIVOUS									38	40	Taustamelunan käytävältä kaikuneet puheet
162 SIIVOUSVARASTO									34	40	
163 KUNTOSALI(1)									47	40	Kanavat metelöivät! Ei alakattoa, eikä eristystä kanavissa.
164 KUNTOSALI(2)									45,8	40	Kuntosalin 1 tapainen
165 Käytävä(keski)									42,1	40	Taustameluna puheita
166 INFO/VARASTO									36,3	35	Taustameluna radio!
167 WC/N									34,8	40	
168 OLESKELUTILA									35,7	40	
169 HIERONTA									34,9	35	
170.1 HOITOHUONE									34,8	35	Viereisestä huoneesta puhetta
170.2 HOITOHUONE									34	35	
171 PUKUHUONE									-	40	Käyttäjä!
172 WC/INVA									36,2	40	
173 SAUNA									-	40	Käyttäjä!
174 PESUHUONE									-	40	Käyttäjä!
175 TURKKILAINEN SAUNA									-	40	Käyttäjä!
176 KÄYTÄVÄ									37,5	40	Taustameluna puheet!
177 VÄLINEHUONE									33,5	40	
177.2 SOS.TILA									34		
178 ETEINEN									34,8	40	
179 RYHMÄTILA									31	40	
183 WC									36,5	40	
184 SIIVOUSKESKUS									35,2	40	
185 TERAPIA-ALLAS									-	40	Käyttäjä
188 TEKNINEN TILA									-	45	

	OKTAAVIKAISTOJEN TAAJUDET Hz								LpA, mit	LpA, suun	
Huone	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dBA	dBA	HUOM!
LUENTOSALI HOVI 2	26,2	22,4	18,3	25,2	29,2	31,1	23,3	18,2	35,3	35	Toinen poistokanava viheltää! Venttiili vaihdettu. Ei vihellä enää!
PALLOILUSALI(C-Sali)	30,5	29,0	29,4	30,8	36,1	36,7	30,1	23,6	41,4	40	Poisto ja tulo yhdessä
Välikatto (264-265/IV-konehuone)	42,1	43,8	41,6	48,3	48,3	41,5	37,4	31,1	53,2	-	Mitattu puhdistusluukusta
IV-Konehuone(TK12)	43,0	50,4	50,3	54,5	59,7	56,5	50,9	43,7	63,2		min. 62,1 ja max. 71,2 dBA





Inno - ilmapirran säätö- ja äänenvaimennuslaite

Inno-blokit löytyvät **MagiCAD** ja **CADS Planner Hepac** ohjelmista

Käyttö ja toiminta

Inno on säätölaite pyöreisiin kanaviin. Materiaalina on polyesterikuitu sekä palo- ja homesuojattu vaahtomuovi, joilla on hyvät äänenvaimennus ominaisuudet. Innossa on säätämistä varten ulosvedettävillä tulpilla varustetut ellipsireiät. Ilmapirran säätö tapahtuu aukaisemalla tai sulkemalla tarvittava määrä ellipsireikiä. Innon säätöreikien muoto ja ainutlaatuinen materiaalin rakenne tekevät Innosta hiljaisen ja hyvin ääntävaimentavan säätöpellin. Innossa on ilmapirran mittayhde, josta ilmapirta on helppo mitata.



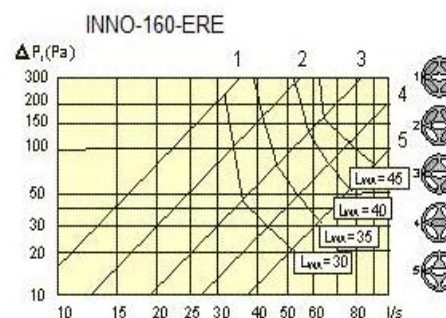
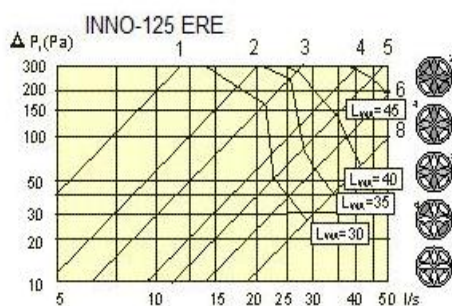
Inno on myös äänenvaimennin

Innon materiaalina käytetään avosoluista tiheydeltään epähomogeenista vaahtomuovia, jolla aikaansaadaan hyvä äänenvaimennus. Säätöpelti toimii siten yksinkertaisena äänenvaimentimena. Asentamalla useita Innoja peräkkäin aikaansaadaan tehokas äänenvaimennin. Inno sopii hyvin esim. huoneesta toiseen kuuluvan äänen vaimennukseen.

Yksinkertainen asentaa

Innon asentaminen on yksinkertaista ja nopeaa. Inno asennetaan huonetilan kanava-aukosta kanavan sisälle ilman työkaluja. Mittatarkka Inno tiivistyy tarkasti kanavan reunoja vasten ja pysyy paikoillaan kitkan avulla. Innon käyttö on helppoa myös saneerauskohteissa. Inno on myös helppo irrottaa puhdistusta tai uudelleen säätöä varten. Puhdistus voidaan suorittaa esim. imuroimalla. INNO-ERE : Innon materiaali on pääasiassa polyesteriä, joka täyttää SBI-testin, pr EN 13823 mukaan B-luokan [palovaatimukset \(pdf\)](#) (B-s1,d0) Inno-ERE:ssä on myös vähäisessä määrin palo- ja homesuojattua avosoluista vaahtomuovia, joka täyttää päästöluokan M1 vaatimukset sekä FMVSS-302 palotestin. Palotilanteessa polyesteri ja vaahtomuovi sulavat ja kaasuntuvat. Savu- ja myrkyllisyydesti osoittaa, että savukaasuista ei vapaudu haitallisia määriä myrkyllisiä kaasuja esim. häkää. (CO)





Äänentehotaso $L_w = L_{WA} + K_w$

Taulukko K_w	Keskitäajuus, Hz							
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Inno-100-ERE	8	6	4	-1	-9	-13	-15	-25
Inno-125-ERE	9	7	5	-2	-9	-11	-18	-23
Inno-160-ERE	9	8	3	-3	-7	-13	-20	-24
Inno-200-ERE	8	8	6	-5	-12	-16	-14	-24
Inno-250-ERE	7	7	2	-3	-7	-12	-19	-36
Inno-315-ERE	12	10	4	-4	-10	-14	-20	-25
Toleranssi	± 3	± 3	± 2	± 2	± 3	± 4	± 4	± 4

Äänenvaimennus oktaavikaistoittain (ISO 7235)

Tuote	Avoimia ellipsireikiä	Äänenvaimennus dB keskitäajuuksittain							
		63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
Inno-100-ERE	1	2,0	2,5	3,0	4,0	5,5	7,0	9,5	13,0
	3	0,0	0,5	1,0	2,0	3,5	4,5	7,0	11,0
	5	0,0	0,0	0,5	1,0	1,5	2,5	4,5	8,5
Inno-125-ERE	2	2,0	2,5	3,0	4,0	5,5	7,0	11,0	16,0
	5	0,5	0,5	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	11,0
	8	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	2,5	5,0	9,0
Inno-160-ERE	1	2,0	1,5	2,5	2,5	3,5	4,5	6,0	7,5
	3	0,5	1,0	1,0	1,5	2,5	3,0	5,0	6,0
	5	0,0	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	4,0	5,0
Inno-200-ERE	2	2,5	2,0	2,5	2,5	3,5	5,0	6,5	7,0
	5	1,5	1,0	1,5	1,5	2,5	3,5	5,0	7,0
	8	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	3,0	4,0	6,0
Inno-250-ERE	0	3,5	3,0	5,0	5,5	7,0	10,5	14,0	15,5
	2	2,0	2,0	3,5	5,0	6,5	9,0	12,0	12,5
	6	1,5	0,5	2,0	3,5	5,0	7,0	9,0	10,5
Inno-315-ERE	10	0,5	0,5	1,5	2,0	3,5	5,5	8,0	9,0
	0	2,0	3,5	5,0	6,5	7,5	11,0	13,5	17,0
	3	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10,0	12,0	15,5
	8	0,5	1,5	3,0	4,0	5,5	7,5	10,0	12,5
	14	0,0	0,5	1,5	3,0	4,0	6,5	9,0	11,0

Jeven Oy © 2008 - Kaikki oikeudet pidätetään

Jeve-R, Jeve-L, järjestelmävaimentimet virtuaalivaimennusominaisuudella

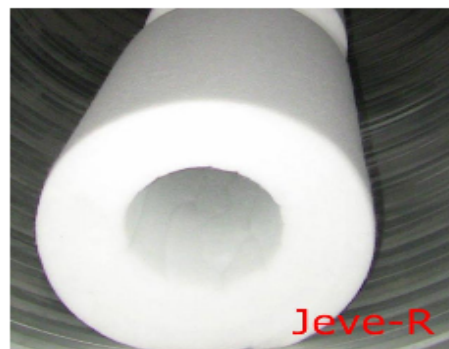
Jeve-R:n ja Jeve-L:n edut:	+ + + edullinen ja laadukas !
+ Mahdollistaa tarpeenmukaisen vaimennuksen + Helppo asentaa ja huoltaa, magneettikiinnitys + Vaimennusmateriaali polyesteriä, M1 luokka	+ Toimii myös suorakaidekanavissa + Varsinainen tilaihme - mahtuu siihen mihin kanavakin

Rakenne ja toiminta

Järjestelmävaimennin koostuu kahdesta tai useammasta vaimennuselementistä, jotka kiinnittyvät kanavaan neodyymisupermagneeteilla. Vaimennuselementit asennetaan kanavan sisäpinnalle tasavälein. Vaimennuselementeistä ainakin yksi sijaitsee T-haaran kohdalla. Järjestelmävaimennin voidaan asentaa ja puhdistaa tarkastusluukun kautta.

Järjestelmävaimennin on suunniteltu virtausteknisesti oikeaoppisesti pienen painehäviön omaavaksi. Vaimenninratkaisun vaimennus- ja painehäviö-ominaisuuksia on helppo muuttaa tarpeen mukaan myös jälkikäteen (muuttamalla elementtien lukumäärää ja sijoitusta peräkkäin/rinnakkain).

Järjestelmävaimentimen toiminta perustuu vaimennusmateriaalin ominaisuuksiin, muotoon ja sijaintiin kanavistossa. Ns. virtuaaliominaisuus saadaan aikaan T-haara asennustapauksissa. Järjestelmävaimentimen sijaitessa runkokehanavassa, välittömästi T-haaran kohdalla, äänen tehotaso alenee myös liitoskanavassa.



Jeve-R



Jeve-L

Huolto ja puhdistus

Järjestelmävaimennin ei tarvitse huoltotoimenpiteitä ja se täyttää äänenvaimentimien yleiset puhtausvaatimukset 3.2.2.1 (sisäilmaluokitus 2008). Vaimentimen puhdistustarve vaihtelee poisto- ja tuloilmakanavistossa. Järjestelmävaimennin puhdistetaan tarkastusluukun kautta, irrottamalla elementit ja imuroimalla tai pyyhkimällä ne kostealla puhdistusliinalla.

Yksinkertainen asentaa

Järjestelmävaimenninelementit asennetaan tarkastusluukusta. Elementit sijoitetaan välittömästi T-haaran kohdalle ja sen jälkeen. Kanavakoon ollessa suurempi kuin Ø630 voidaan putkielementit asentaa myös ennen T-haaraa jonomuotoon peräkkäin. Haarakanavan painehäviötä voidaan kasvattaa asentamalla vaimenninelementti haarakanavaan. Elementit kiinnittyvät kanavan seinämään magneettien avulla. Elementtejä voidaan "liu'uttaa" pitkin kanavan pintaa. Elementin irrottaminen on vaivatonta: käännetään sitä sivusuunnassa, jolloin elementti irtaoo kanavan seinämästä.



Materiaali ja sen ominaisuudet

Polyesterikuidusta valmistettu järjestelmävaimennin kuuluu pintamateriaalien päästöluokkaan M1 (RTS-luokitustodistus) Materiaalista ei emitoidu kemiallisia yhdisteitä sisäilmaan. Terveydelle vaarattomat polyesterikuidut ovat sidottuja lämmöllä ilman kemiallisia sideaineita.

Materiaali täyttää SBI-testin, pr EN 13823 mukaan B-luokan palovaatimukset (B_{s1}, d₀ / RakMK E1/2002). Materiaali on mekaanisesti ja kemiallisesti kestävä ja sietää hyvin myös kosteutta. Ympäristöministeriön tyyppihyväksyntäpäätös YM66/6221/2003.

Magneetit on valmistettu neodyymi-rauta-boori yhdisteestä (NdFeB). Käytännössä ne pitävät magneettisuutensa lähes loputtomiin (10 vuoden takuu) toisin kuin ferriittimagneetit. Niiden ylin suositeltava käyttölämpötila on 100 °C. Yhden magneetin pitovoima Jeve-R:ssä on n. 25 N ja Jeve-L:ssä n. 9 N.

Elinkaarensa päätteeksi järjestelmävaimenninelementit soveltuvat energiakäyttöön, kun niistä on ensin poistettu magneetit.