

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan- ja talotekniikan koulutusohjelma

Antti Rönkkö ja Tuomas Pajarinen

**ILMAÄNENERISTÄVYYDEN SUUNNITTELU JA MITTAUS
OPPILAITOSKOHTEESSA RAKENNE- JA TALOTEKNISESTÄ NÄKÖKULMASTA**

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2018
Rakennus- ja talotekniikka

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)
Antti Rönkkö ja Tuomas Pajarinen

Nimeke
Ilmaääneneristävyyden suunnittelu ja mittaus oppilaitoskohteessa rakenne- ja taloteknisestä näkökulmasta.
Toimeksiantaja
Karelia-amk

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä käsitellään ääntä, huoneakustiikkaa sekä äänitekniisten rakenteiden ja LVIS-tekniikan suunnittelua ja toteutusta osana rakennuksen ääneneristystä. Työssä tutkittiin lisäksi erilaisten seinärakenteiden ja LVIS-tekniikan yhdistämisen vaikutusta kokonaisilmaääneneristävyyteen.

Työssä tutkittiin Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinteän kampuksen D-talon terveydenhoitajan, psykologin, opinto-ohjaajan, kuraattorin, oppilaitospastorin tiloja sekä niiden välisiä odotustiloja. Lisäksi tutkittavana oli E-talon liikuntasalin ja fysioterapian opetustilojen välistä ilmaääneneristävyyttä sekä ilmaääneneristävyyden vuotokohtia. Tutkittavissa tiloissa oli aiemmin suoritettu ilmaääneneristävyyksmittauksia useampaan otteeseen, ja mittauksen välillä on tehty D-talon tilojen välisten ovien tiivisteiden korjaustoimenpiteitä.

Vuotokohtien kartoituksessa selvisi, että mm. D-talon ovien reunat vuotavat reilusti ääntä edelleen ja että tilojen välisen ilmaääneneristävyyden parantamiseksi tarvitaan vielä toimenpiteitä. Liikuntasalin ja fysioterapian opetustilan välinen lasiväliseinä vuotaa ääntä useasta eri kohdasta, osittain asennusvirheiden johdosta. Lasiväliseinä ei tämän tutkimuksen valossa sovellukaan ääntä eristäväksi seinärakenteeksi tämänkaltaisten tilojen välille.

Kieli
suomi

Sivuja 62
Liitteet 4
Liitesivumäärä 59

Asiasanat
ääneneristys, LVIS-äänitekniikka, äänivuoto, suunnittelu



THESIS
May 2018
Degree of civil- and building services
engineering
Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Antti Rönkkö and Tuomas Pajarinen

Title
Planning and Measuring of Airborne Sound Insulation in School Building from the Building Services and the Structural Point of View
Commissioned by
Karelia UAS

Abstract

In this thesis, sound and room acoustic were studied along with sound technic structures and HVAC-technology for designing and executing a building's soundproofing. In addition, the effects of combining various wall structures and HVAC technology on overall airborne sound insulation were studied.

For this thesis examined airborne sound insulation and sound leaks between rooms in Karelia University of Applied Sciences (UAS) Tikkarinne campus were examined. The examined spaces were Karelia UAS staff's office spaces and waiting rooms connected to the offices in the D building. Also building E indoor gym was examined. Examinations were based on earlier airborne sound insulation measurements of the offices and indoor gym. Repairs to office doors were conducted between earlier airborne sound insulation measurements.

Airborne sound insulation leak spot mapping showed that the office doors still leaked too much, and that more actions are needed to solve the problems in the airborne sound insulation between the spaces. The glass wall in the indoor gym leaks sound from multiple places. A part of this problem arises from incorrect installation. In the light of this thesis, the glass wall as a dividing wall in the indoor gym is not a correct structure between the spaces considering the use of the indoor gym and the surrounding spaces.

Language
Finnish

Pages 62
Appendices 4
Pages of Appendices 59

Keywords
soundproofing, sound engineering, sound leak, designing, airborne sound insulation

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Opinnäytetyön tilaaja, rajaus ja tehtävä	5
1.2	Aikataulu.....	5
2	Ääni ja äänen liike.....	6
2.1	Ääni ja sen taajuus.....	6
2.2	Oktaavikaistat ja taajuuspainotus	7
2.3	Voimakkuus ja jälkikaiunta	8
2.4	Melu.....	11
3	Ääneneristävyys.....	11
3.1	Akustiikan määräykset ja ohjeet	11
3.2	Ilmaääneneristys ja rakennuksen tiiveys.....	13
3.3	Massalaki	14
3.4	Absorptio	14
3.5	Koinsidenssi-ilmiö.....	15
3.6	Resonanssi-ilmiö.....	16
3.7	Kaksinkertaisen seinän äänitekniikka.....	16
3.8	Sivutiesiirtymät.....	17
3.9	Ääntä eristäviä rakenteita tilojen välillä.....	18
4	LVIS-järjestelmien äänitekniikka.....	19
4.1	LVIS-järjestelmien äänilähteet.....	19
4.2	Äänen siirtyminen ilmanvaihtokanaviston välityksellä	20
4.3	LVIS-läpiviennit	27
5	Ilmaääneneristävyyden laskeminen	30
5.1	Seinä rakenteen ilmaääneneristävyyden laskeminen	30
5.2	Rinnakkaisten ääneneristysten laskeminen ja analysointi.....	31
6	Tutkimus	34
6.1	Tikkarinne	34
6.2	Tutkimuksen valmistelut	38
6.3	Mittauksien suorittaminen.....	38
6.4	Mittaustulokset ja analysointi	40
7	Johtopäätökset	51
8	Pohdinta.....	56
	Lähteet.....	58

Liitteet

Liite 1	Ilmaäänennmittausraportti 03/16
Liite 2	Ilmaäänennmittausraportti 10/16
Liite 3	Ilmaäänennmittausraportti 02/18
Liite 4	Ilmaäänennmittausraportti 06/17

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tilaaja, rajaus ja tehtävä

Saimme syksyllä 2017 Karelia-ammattikorkeakoululta opinnäytetyöaiheen, joka koski Tikkarinteen kampuksen tilojen välistä ilmaääneneristävyyttä. Toimeksianto oli tutkia kyseisellä kampuksella eri tilojen välistä ilmaääneneristävyyttä niissä tiloissa, joissa oli havaittu ongelmia ääneneristävyyden kanssa. Tiloissa oli jo suoritettu tilojen välisiä desibelimittauksia, jonka perusteella oli tehty korjaustoimenpiteitä, joilla ei kuitenkaan saavutettu haluttuja tuloksia ääneneristävyyden parantamiseksi. Tämän johdosta tiloihin haluttiin vielä spesifimpi tutkimus, jolla selvitetäisiin tilojen välisten rakenteiden ja -järjestelmien tarkemmat äänenvuotokohdat.

Opinnäytetyön tarkoitus oli suorittaa Tikkarinteen kampuksen tiloissa äänimittaukset, ja luoda mittauksista Scan and paint -järjestelmällä 2D-äänikartat. Tutkimuksen mittauksen suorittamisen jälkeen kirjoitettaisiin aiheesta raportti, jota käytetään hyödyksi tulevaisuudessa mahdollisia korjaustoimenpiteitä suunniteltaessa.

1.2 Aikataulu

Alkuperäisen aikataulun mukaan mittaukset oli tarkoitus suorittaa syys-lokakuun aikana, ja raportoida sen jälkeen mahdollisimman nopeasti. Tämä aikataulu kuitenkin muuttui useampaan otteeseen, johtuen tilojen ja mittalaitteiston runsaasta käytöstä. Lopulta mittaukset valmistuivat joulukuussa 2017 ja raportti tammikuussa 2018.

2 Ääni ja äänen liike

2.1 Ääni ja sen taajuus

Ääni on pituussuunnassa liikkuva mekaaninen aalto, joka syntyy äänilähteen saadessa aikaan vaihte-
lua vallitsevassa ilmanpaineessa. Ääni tarvitsee etenemiseen aina väliaineen eikä voi liikkua tyhji-
össä. Äänilähteen värähtelystä liikkumaan alkavat hiukkaset saavat seuraavat hiukkaset liikkeelle, ja
näin ääni alkaa aaltomaisesti liikkumaan. Kuuloaistimus syntyy, kun ääniaalto saa aikaan rumpukal-
von värähtelyn. Värähtelyn ollessa tiheää koetaan ääni korkeaksi, ja päinvastoin harva värähtely koe-
taan matalaksi. Äänen taajuus määräytyy värähtelyn määrän ja värähtelyyn kuluva aikajakson suh-
teella:

$$f = \frac{n}{T} \quad (1)$$

missä

f= Äänen taajuus (Hz)

n= värähtelyn määrä

T= värähtelyyn kuluva aikajakso

Tavallisesti asuinhuoneen lämpötilassa äänen nopeus on n. 340–345 metriä sekunnissa. Äänen no-
peus on ilmassa kaikilla sen taajuuksilla sama, mutta lämpötilaerolla on vaikutusta äänen nopeuteen
kaavan 2 mukainen vaikutus:

$$c = 331 + 0,6t \quad (2)$$

missä

c= äänen nopeus [m/s]

t= lämpötilaero [°C]

Ilmassa syntyneestä äänestä käytetään termiä ilmaääni. Äänilähteenä toimii yleensä esim. ihmisen
äänihuulet, äänentoistolaitteet ja rakennuksen LVIS-laitteisto. Kiinteä aine, kuten rakennuksen
seinä, voi olla ääniaallon väliaine. Ilmaääni saa seinärakenteen värähtelemään, jolloin ääni etenee
siinä erityisesti taivutusaaltona. Rakennuksen rakenteissa kulkeutuvaa ääntä kutsutaan runkoää-
neksi. Runkoääntä voi synnyttää myös rakenteeseen esim. kävelystä syntyvät iskut. Näitä askelten
synnyttämiä ääniä kutsutaan askelääniksi. Runkoäänien johdosta värähtelevä rakenne saa seuraav-
assa tilassa ilman värähtelemään, mikä aistitaan taas ilmaääninä. [5, 27–28.]

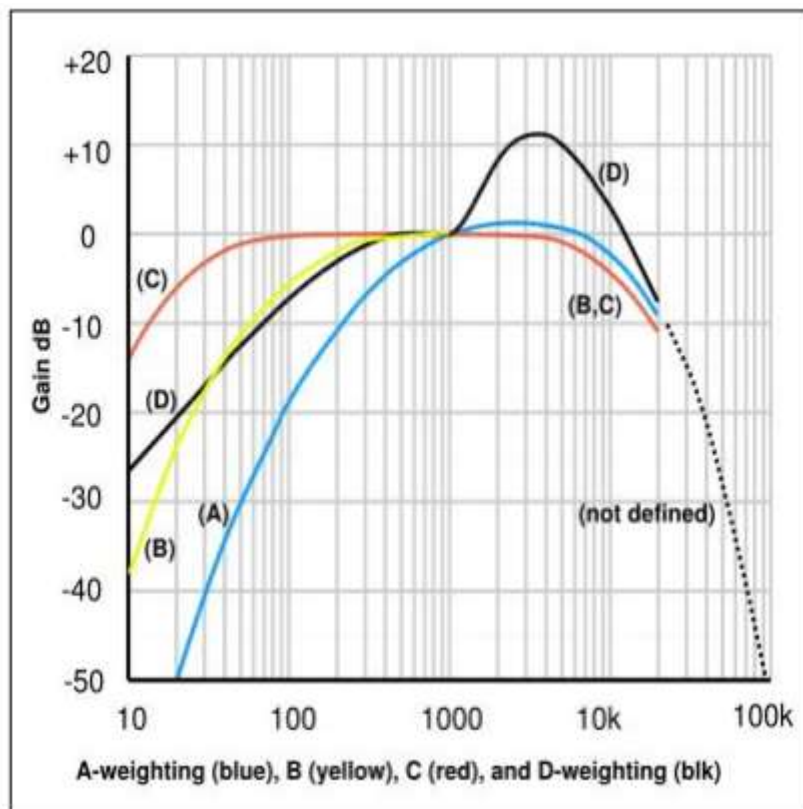
2.2 Oktaavikaistat ja taajuuspainotus

Äänitekniikassa käytetään tavallisesti oktaavikäsitettä kuvaamaan taajuuskaistaa, jonka rajataajuuksien suhde on 2. Tavallisimmat oktaavikaistat, joiden keskitaajuudet lähtevät 1000 Hertsistä kumpaankin suuntaan. Äänialueelle on olemassa tietyt standardikaistat (taulukko 1). Kaikista matalimmilla ja korkeimmilla taajuuskaistoilla ei yleensä käytännön kannalta ole suurta merkitystä, joten yleensä alue rajataan koskemaan 125 ... 4000 Hz tai 63 ... 8000 Hz. Tarvittaessa tarkempaa as- teikkoa voidaan käyttää terssikaistoja, joissa kaistojen rajataajuuksien suhde on $\sqrt[3]{2}$. [4, 5–6.]

Taulukko 1. Ala- ja ylärajataajuudet sekä kaistanleveydet oktaavi- ja terssikaistoittain.

Oktaavikaistat			Oktaavi- kaistan leveys	Terssikaistat			Terssi- kaistan leveys
Keski- taajuus	Alaraja- taajuus	Yläraja- taajuus		Keski- taajuus	Alaraja- taajuus	Yläraja- taajuus	
63	45	90	45	50	45	56	11
				63	56	71	15
				80	71	90	19
125	90	180	90	100	90	112	22
				125	112	140	28
				160	140	180	40
250	180	355	180	200	180	224	44
				250	224	280	56
				315	280	355	75
500	355	710	355	400	355	450	95
				500	450	560	110
				635	560	710	150
1000	710	1400	700	805	710	900	190
				1010	900	1120	220
				1260	1120	1400	280
2000	1400	2800	1400	1600	1400	1800	400
				2020	1800	2240	440
				2520	2240	2800	560
4000	2800	5600	2800	3175	2800	3550	750
				4025	3550	4500	950
				5050	4500	5600	1100
8000	5600	11200	5600	6350	5600	7100	1500
				8050	7100	9000	1900
				10100	9000	11200	2200

Ääniteknikassa erityisesti ilmanvaihdon saralla käytetään taajuuspainotusta, jotta ääni saataisiin mahdollisimman hyvin mukailemaan ihmisen kuuloherkkyyttä. Taajuuspainotuksia merkitään kirjaimilla ja yleisimmät taajuuspainotukset ovat A, B ja C-taajuuspainotus (kaavio 1) [3, 23]. Hiljaisille äänille (<55 dB) käytetään A-painotusta, joka on yleisimmin käytetty taajuuspainotus [1, 4]. B-painotusta käytetään keskivoimakkailla (<85 dB) ja C-painotusta kovilla äänenvoimakkuuksilla. A-painotus vastaa suunnilleen ihmisen kuuloa, kun taas C-painotus on lähempänä todellista äänenpainetta. Ilmanvaihtolaitoksissa äänitasot pysyvät yleensä matalina ja on täten lähes aina ilmoitettu A-taajuuspainotettuna. Käytetty painotuksen kirjain merkitään dB lukeman perään suluissa esimerkiksi dB(A), jotta tuloksien lukija tietää mitä taajuuspainotusta on käytetty. [4, 13-14.]



Kaavio 1. Taajuuspainotuksien A, B ja C käyrät.

2.3 Voimakkuus ja jälkikaiunta

Äänenä havaittavasta ilmanpaineenmuutoksesta käytetään termiä äänenpaine p [Pa]. Ihmisen pienin havaittavissa oleva ilmanpaineen muutos, eli niin sanottu kuulokynnys on $20 \mu\text{Pa}$. Äänenpaineen

ollessa tarpeeksi korkea (n. 20 Pa), muuttuu aistimus ns. kipuaistimukseksi. Koska kuulokynnyksen ja kipuaistimuksen ero on suhteellisesti hyvin suuri verrattuna äänenpaineen lukuarvoihin, olisi äänenpainetta hankalaa käyttää yleisesti äänenvoimakkuuksien laskennassa. Tästä syystä äänen voimakkuutta kuvataan äänenpainetasona, jolla verrataan äänenpainetta otettuun kuulokynnykseen kaavalla 3. [5, 28.]

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \lg \frac{p}{p_0} \quad (3)$$

missä

L_p = äänenpainetaso [dB]

p = äänenpaine [dB]

p_0 = otettu kuulokynnys [dB]

Lisäksi ihmisen kuulolla ei ole erotettavissa pieniä paine-eroja, jolloin dB-asteikko vastaa paremmin ihmisen kokemaa ääntä. [5, 28.]

Tämän määritelmän mukaan kuulokynnyksen äänenpainetaso on 0 dB ja kipukynnyksen äänenpainetaso on n. 120 dB. Määritelmän mukaan äänenpaineen kaksinkertaistuessa äänenpainetaso kasvaa 6 dB. Jos samantehoisia äänilähteitä on kaksi, niiden yhteisesti aiheuttama äänenpainetaso on 3 dB korkeampi kuin laitteiden yksinään aiheuttama. Jos halutaan vaimentaa tilan äänenpainetasoa, jossa on useampi eri äänenpainetta tuottama laite, tulee ensin vaimentaa suurimman äänenpaineen tuottama laite. Esim. jos tilassa on 60 dB äänenpainetason omaava laite, ja kymmenen 30 dB äänenpainetason omaavaa laitetta, tilan äänenpainetaso on n. 60 dB. Kun voimakkain laitteista poistetaan, putoaa äänenpainetaso 40 dB:iin. Taulukossa 2 on esitetty erilaisten äänilähteiden äänenvoimakkuustasoja. [5, 28–29.]

Taulukko 2. Eri äänilähteiden äänenvoimakkuustasoja.

Äänenvoimakkuus Lp [dB]	Äänilähde
25	Hiljainen asuinhuoneisto
30	Kuiskaus
45	Toimistotyöympäristö
55	Keskustelu
65	Kovaääninen puhe
80	Vilkas katuliikenne
100	Piikkaus
110	Oopperalaulaja
120	Kipukynnys
140	Suihkukone

Aikaa, joka kuluu äänilähteen vaimenemisesta äänen vaimenemiseen tuhannesosaan sen alkuperäisestä äänenpainetasosta, kutsutaan jälkikaiunta-ajaksi. Jälkikaiunta on huoneakustiikassa ei-toivottua, ja siksi sitä pyritään pienentämään absorptiolla, josta tarkemmin on esitetty luvussa 4.6. Jälkikaiunta-aikaa pystytään mittaamaan, ja sen laskemiseksi voidaan käyttää Sabine'n kaavaa: [5, 39-40.]

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

missä

T= jälkikaiunta-aika [s]

V= tilan tilavuus [m³]

A= absorptioala [m²]

2.4 Melu

Haitallinen ja häiritsevä ääni rakennuksessa luokitellaan meluksi. Melunlähde voi olla toisista tiloista kantautuva ihmisen puhe, rakennuksen tekniset järjestelmät, tai vaikka rakennuksen ulkopuolella tapahtuva liikenne. Melu voi aiheuttaa kuulon heikkenemistä, mikäli se saavuttaa yli 80 dB:n melutason. Melu aiheuttaa yleisimmin häiritsevyyttä ja kiusallisuutta vastaanottavissa tiloissa. Melun häiritsevyys on subjektiivista, ja vaihtelee suuresti kuulijakohtaisesti. Korkeataajuudella kulkeva meluääni on yleisesti häiritsevämpää, kuin matalataajuudella. [15.]

Melulla on havaittu negatiivisia vaikutuksia kuulijan fysiologiseen järjestelmään. Melu on biologinen stressin aiheuttaja, ja täten voi aiheuttaa kohoavaa verenpainetta, sekä unihäiriöitä. Impulsiivinen melu on kuulijalle tasaista melua haitallisempaa. [15.]

3 Ääneneristävyys

3.1 Akustiikan määräykset ja ohjeet

Akustiikan määräyksiä ja ohjeita on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelmassa C1-1998 (ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa), sekä D2-2012 (rakennuksen sisäilma ja ilmanvaihto), jotka kumottiin 2017 vuoden lopussa. C1:n määräykset ja ohjeet koskevat pelkästään asuinrakennuksia, muita rakennustyyppejä varten siinä on annettu ohjeita. C1:n määräykset ja ohjeet koskevat myös jo olemassa olevia rakennuksia, kun niiden käyttötarkoitus muuttuu. D2 määrittelee mm. eri tiloissa sallittavat LVIS-laitteistosta syntyvät äänitasot. [13, 55.]

Ympäristöministeriö antoi marraskuussa 2017 asetuksen rakennuksen ääniympäristöstä. Asetuksessa on säädetty rakennusten ääneneristyksestä, meluntorjunnasta ja yleisistä ääniolosuhteista. On olemassa myös erilaisia standardeja koskien akustiikkaa ja ääneneristävyttä, kuten SFS 5907:2004 (Rakennusten akustinen luokitus).

Tietosuojasyistä luottamuksellista tietoa käsittelevien tilojen vähimmäisilmaääneneristävyys on $R'w$ 44 dB. Lisäksi puheensiirtoindeksin STI (Speech Transmission Index), jolla määritetään puheen äänitason erotusta tilan taustaäänitasoon nähden, tulisi myös olla näissä tiloissa 0. STI -indeksi on välillä 0-1, ja mitä suurempi indeksi on, sitä paremmin puheääni erottuu taustaäänitasosta. [13, 55-56]

Sosiaali- ja terveysministeriö on antanut asetuksen asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista (545/2015) vuonna 2015, jossa määrätään tiloille melun toimenpiderajat. Teknisille laitteille asetus määrää, että niidenkin on toimittava toimenpiderajojen sisällä. Öisin teknisten laitteiden melutaso ei saa ylittää 33 dB:ä, mutta harvoin ja satunnaisesti kuuluvat äänet saavat olla tätä suurempia, kuitenkin ylittämättä missään vaiheessa 45 dB:ä. [15.]

Tämän opinnäytetyön tutkimuksen kohteena olleiden oppilaitoksen oppilashuollon-, ja liikuntatilan kaltaisten tilojen akustiikasta ja äänieristyksestä on säädetty standardissa SFS 5907:2004 (taulukot 3 ja 4). [12, 36]

Taulukko 3. Oppilashuollon tilan ja sitä ympäröivien tilojen välille suositellut ilmaääneneristysluvut R'_w .

Tila	Ääneneristys, dB	
	Luokat A ja B	Luokka C
Oppilashuollon ja sitä ympäröivien tilojen välillä	52	48
Oppilashuollon ja sitä ympäröiden tilojen välillä, kun välissä ovi	44	39

Taulukko 4. Liikuntasalin ja sitä ympäröivien tilojen välille suositellut ilmaääneneristysluvut R'_w .

Tila	Ääneneristys, dB	
	Luokat A ja B	Luokka C
Liikunta- ja opetustilan tai siihen rinnastettavan tilan välillä	65	57
Liikuntatilan ja käytävän välillä, kun välissä ovi	39	39

3.2 Ilmaääneneristys ja rakennuksen tiiveys

Rakenteen kykyä estää sen läpi kulkeutuvan ilmaäänien siirtymistä kutsutaan ilmaääneneristykseksi. Ilmaäänien eristystä käytetään eristämään ilmassa olevasta äänilähteestä syntyvää ääntä jonkin esteen avulla, esim. oven, seinän, tai lattian. Rakenteiden ilmaäänieristävyyttä kuvataan ilmaääneneristyslukuilla R_w ja R'_w [dB]. R_w tarkoittaa rakenteen saavuttamaa ilmanääneneristävyyttä laboratorio-olosuhteissa, ja R'_w tarkoittaa rakenteen ns. todellista ilmaääneneristävyyttä osana rakennusta. Mitä suurempi R'_w -arvo on, sitä tehokkaammin rakenne eristää ilmaääntä. [5, 47.]

Hyvän ilmaääneneristävyyden lähtökohtana on ilmatiiviyys, sillä ääni kulkeutuu ilman välityksellä raosta helposti huoneesta toiseen. Rakenteessa olevalla raolla ei ole minkäänlaista ääneneristävyyttä, ja kaikki ääni kulkee siitä läpi. Jos raossa on huokoista materiaalia, rako voi saavuttaa 10–20 dB ilmaääneneristysluvun. Ääntä eristävät rakenteet suunnitellaan aina ilmatiiviiksi, joten rakennustyön tarkkuus onkin tärkeää. Rakoja rakenteeseen voi myös tulla rakennuksen käytön aikana ajan kanssa. Oheisessa taulukossa (taulukko 5) kuvataan raon merkitystä seinärakenteen äänieristykseen. Taulukon 5 tilanteessa rako on keskellä 5m x 2,5 m seinää, jolla on 60 dB ilmaääneneristävyys. [7, 51.]

Taulukko 5. Raon merkitys rakenteen ilmaääneneristävyyteen.

Raon leveys [mm]	Seinän R'_w , kun raon R'_w on:		
	0	10	20
mm	0	10	20
500	10	20	30
50	20	30	40
5	30	40	49,5
0,5	40	49,5	57
0,005	57	59,5	60
0,0005	59,5	60	60
5E-05	60	60	60

Uudisrakennuksissa puurakenteisten rakenteiden saumojen tiivistämiseen käytetään sauman yli kulkevan ilmansulkukalvon lisäksi EPDM-kumitiivisteitä, sekä tiivistysmassaa. Korjausrakentamisessa rakenteiden tiiveyttä pystytään yleensä parantamaan tiivistysmassalla. Kiviseinien liitoskohdat tiivistetään usein solukumitiivisteellä, sekä tiivistysmassalla. Kiviseinässä itsessään ei ole tiivistettäviä

saumoja mahdollisten läpivientien ja rakenteiden välisten saumojen lisäksi. Näissä tiivistämiseen käytetään elastista kutistumatonta tiivistysmassaa. [7, 52.]

3.3 Massalaki

Niin kuin kohdassa 2.1 todettiin, ääniaalto kulkee rakenteen läpi väräyttämällä rakennetta. Kevyt rakenne värähtelee helpommin samasta äänenpaineesta kuin raskas rakenne, joten raskaalla rakenteella on kevyttä parempi ääneneristävyys. Tätä tarkoittaa ääneneristävyysmassalaki. Massansa puolesta betoniset seinät eristävät tämän lain mukaisesti yleensä paremmin ääntä kuin kevyet levyseinät. Massalakiin vaikuttaa myös äänentaajuus. Korkeilla taajuuksilla saman massan omaava rakenne eristää ääntä paremmin kuin matalilla taajuuksilla. Massalain vaikutuksen ääneneristävyyteen voidaan likimäärin laskea kaavan 5 avulla. [7, 18.]

$$R = 20 \lg(mf) - 49 \quad (5)$$

missä

R= rakenteen ääneneristävyys [dB]

m= rakenteen massa [kg/m²]

f= äänentaajuus [Hz]

Massalaki pitää kuitenkin vain osittain paikkaansa, sillä hyvin raskaan rakenteen massan lisääminen ei juurikaan paranna rakenteen ääneneristävyyttä. Tästä johtuen rakenteen ääneneristävyyttä ajatellen on järkevää kasvattaa massaa vain silloin, kun rakenteen massa on pieni. Massalain suurpiirteisyyttä lisää sekin, että rakenteen massan ollessa alle 100 kg/m², ääneneristävyys kasvaa hitaammin massaa lisäämällä, kuin yli 100 kg/m² painoinen. Yleisesti voidaan sanoa, että rakenteen massan kaksinkertaistuesssa sen ilmaääneneristävyys paranee 4-6 dB:ä. [7, 18.]

3.4 Absorptio

Kun rakenteen pintaan osuva ääniaalto osittain heijastuu takaisin huonetilaan, ja osa siirtyy itse rakenteeseen, ilmiötä kutsutaan absorptioksi. Tämä rakenteeseen siirtynyt ääniteho on absorboitunut, ja sen ääniaalto muuttuu muotoaan, tai voi muuttua lämmöksi. Niin kuin luvussa 2.3 mainittiin, absorptioalalla on kasvattava vaikutus äänen absorboitumiseen ja absorptio suhde voidaan laskea

kaavan 6 avulla. Rakenteiden absorptiokykyä kuvataan absorptiosuhteella α , joka on rakenteeseen kohdistuvan äänitehon W_1 ja heijastumatta jääneen äänitehon $W_1 - W_2$ suhde (kaava 6). [5, 37.]

$$\alpha = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \quad (6)$$

missä

α = absorptiosuhde

w = pinnan kohdattu ääniteho [dB]

$w_1 - w_2$ = heijastumatta jäänyt ääniteho [dB]

Absorptiosuhde riippuu kohdistuvan äänen taajuudesta. Absorptiosuhdetta mitataan tästä syystä aina oktaavikaistoittain 63/125-4000 Hz taajuuksilla. Absorptiota käytetään hyväksi, kun halutaan vaikuttaa sen tilan akustiikkaan, jossa äänilähde sijaitsee. Tästä esimerkkinä luokkahuoneet, auditoriot ja konserttitalit. [5, 37.]

3.5 Koinsidenssi-ilmiö

Kun rakenteeseen kohdistuu oikeassa kulmassa ääniaalto, se voi liikkua samalla nopeudella äänen rakenteeseen aiheuttaman taivutusaallon kanssa. Tällöin rakenteessa syntyy rintama, joka osuu sekä sitä läpäisevän ääniaallon huippuun, että laaksoon. Kun ääni etenee rakenteessa, tilanne pysyy samana, ja tästä syystä rakenne ei eristä ääntä yhtä hyvin, kuin sen massan perusteella tulisi eristää. [7, 21.]

Jokaisella yksinkertaisella rakenteella on tietty koinsidenssitaajuus, jonka ylittäessä ääni voi aiheuttaa koinsidenssi-ilmiön. Tästä johtuen pyritäänkin rakennuksissa käyttämään sellaisia rakenneosia, joiden koinsidenssitaajuus ylittää normaalisti korkeimmankin ihmisäänien taajuuden; n. 3150 Hz. Yksinkertaisissa raskaisissa betoniseinissä ei koinsidenssi-ilmiöstä tarvitse huolehtia, mutta kevyiden kiviseinien, sekä ohuiden rakennuslevyjen kohdalla tulisi koinsidenssi-ilmiö tarkastaa. Kevyillä rakennuslevyillä koinsidenssitaajuus sijoittuu 2000–3000 Hz väliin. Yksinkertaisen rakenteen koinsidenssitaajuuden saa kaavasta 7:

$$F_c = \frac{c^2}{2\pi h} * \sqrt{\frac{12g(1-u^2)}{E}} \quad (7)$$

missä

F_c = koinsidenssitaajuus [Hz]

c = äänen etenemisnopeus ilmassa (n. 340 m/s)

h = rakenteen paksuus

g = rakenteen tiheys [kg/m^3]

μ = Poisson'in luku (0,3)

E = rakenteen kimmomoduuli

Jos rakenteessa on käytetty esim. Kaksoislevytystä, mutta levyjä ei ole liimattu toisiinsa, tarkastellaan niitä erillisinä yksinkertaisina rakenteina koinsidenssin tapauksessa. [7, 21.]

3.6 Resonanssi-ilmio

Kun rakenteeseen kohdistuu ääniaalto, jonka taajuus on rakenteen resonanssitaajuudella (ominaistaajuudella), syntyy resonanssi-ilmio. Ilmiössä rakenne värähtelee ja säteilee voimakkaammin, kuin sen massan perusteella voisi odottaa, jolloin sen ääneneristävyys heikkenee. Voimakkaampi värähtely johtuu siitä, että rakenteen värähtelysteemi saa samalla taajuudella kulkevasta ääniaallosta tuottaa siihen koko ajan enemmän energiaa. Resonanssi-ilmio toimii hyvin samalla tavalla kuin keinu; keinin vauhti kiihtyy, kun sitä keinuttaa oikeaan tahtiin. Keinua tulee keinuttaa silloin, kun se menee vauhdinannon suuntaan. [7, 20.]

Rakenteelle voidaan määritellä resonanssitaajuusalue rakenteen alimman resonanssitaajuuden mukaan f_0 [Hz], jolloin rakenteen värähtely on korkeimmillaan. Rakenteen resonanssitaajuusalueen olisi hyvä olla ihmisen kuulon kannalta tärkeän taajuusalueen 100–3150 Hz alapuolella. [7, 20.]

3.7 Kaksinkertaisen seinän äänitekniikka

Kaksinkertainen seinä on seinärakenne, joka koostuu kahdesta toisistaan erillään olevasta levymäisestä massasta. Tämä toimii jousi-massa-yhdistelmänä, jossa ääneneristävyys perustuu massojen ja niiden välisen "ilmajousen" yhteistoimintaan. [7, 23.]

Kaksinkertaisessa seinässä äänilähde saa ensimmäisen seinän värähtelemään, joka siirtää äänivärähtelyn välissä olevan ilmajousen välityksellä toiselle seinämälle. Ilmatilan suuruudella on suora vaikutus seinärakenteen ääneneristävyyteen. Mitä suurempi ilmatila on, sitä paremmin se joustaa äänivärähtelyä, ja sitä vähemmän toinen seinäosa vastaanottaa äänivärähtelyä. Raskailla "kivirakenteilla" riittää pieni ilmatila seinäosien välissä, mutta kevyempien levyseinien välissä tulee olla vähintään 145 mm, jotta rakenne täyttää ääneneristysvaatimukset. [7, 23-24.]

Kaksinkertaisen seinän ääneneristävyyttä parannetaan käyttämällä ääntä absorboivaa materiaalia, kuten mineraalivillaa, jotta seinän ilmatilaan syntyvien seisovien aaltojen ääneneristävyyttä heikentävät vaikutukset vähenisivät. Kun seinämän ilmatila täytetään ääntä absorboivalla materiaalilla, saadaan seinän ääneneristävyyttä parannettua n. 6 dB. Mitä pehmeämpi absorboiva materiaali on, sitä parempi vaikutus ääneneristävyyteen saavutetaan. Pehmeän mineraalivillan parannusvaikutus on n. 5-15 dB. [7, 24.]

Kaksinkertaisen seinän ilmatilaan ei tule asentaa kovaa levymäistä rakennetta, sillä silloin syntyy kolminkertainen seinä, jolla on heikompi ääneneristävyys, kuin vastaavan painoisella kaksinkertaisella seinällä. Heikompi ääneneristävyys johtuu kolminkertaisen seinän alimman resonanssitaajuuden siirtymisestä ylemmäksi värähtelyosajärjestelmien määrän noustessa. [7, 24.]

3.8 Sivutiesiirtymät

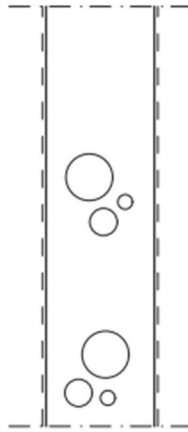
Ilmaa siirtyä tilasta toiseen suoraan tiloja erottavan rakenteen kautta, mutta se voi siirtyä myös huoneita sivuavia rakenne-elementtejä pitkin. Tätä ilmiötä kutsutaan sivutiesiirtymäksi. Sivutiesiirtymäksi kutsutaan myös huoneiden välisen, rakennetta sivuavan, LVIS-tekniikan kautta tapahtuvaa äänensiirtymistä. Esimerkiksi ilmanvaihtokanavien seinämää pitkin tapahtuva taivutusvärähtely on sivutiesiirtymä [7, 38]. Rakenteellinen sivutiesiirtymä vaikuttaa osaltaan siihen, että rakenteiden ilmanäänieristävyyysluku rakennuksessa $R'w$ on heikompi kuin rakenteen laboratoriossa mitattu ilmanäänieristävyyysluku Rw .

Sivutiesiirtymien syntymistä pystytään ehkäisemään käyttämällä rakenteiden liitoskohdissa elastista eristettä, kuten EPDM-kumitiivistettä. Kumitiiviste estää rakenteiden kovien materiaalien kosketuksen, ja näin vähentää sivutiesiirtymän negatiivista vaikutusta rakenteen ääneneristykseen. [7, 38.]

3.9 Ääntä eristäviä rakenteita tilojen välillä

Tilojen välillä ääntä eristäviä rakenteita ovat yleisti seinät ja välipohjat. Nykyaikaisissa koulurakennuksissa välipohjat toteutetaan betonilaatalla, jonka ilmaääneneristävyys täyttää massansa ansiosta pääsääntöisesti aina nykyiset ääneneristysvaatimukset.

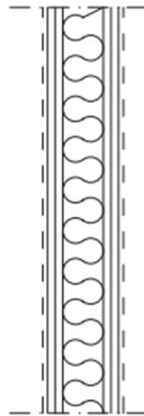
Ääntä eristävät seinärakenteet toteutetaan yleisesti yksin- tai kaksinkertaisina. Runkomateriaalina rakenteissa voidaan käyttää kiveä, puuta ja terästä. Betoniväliseinä (kuva 1), eli raskas ns. kiviseinä on esimerkki yksinkertaisesta väliseinästä. Betoniväliseinä eristää massansa ansiosta hyvin ääntä oikein asennettuna, ja jo 80 mm paksuisena sen ilmaääneneristävyysluku on vähintään 44 dB.



Rakennekerrokset:	80...240 mm	Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan, teräsbetoniseinä, pinnat by 40 mukaan Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan
Ominaisuudet:	Seinän paksuus (mm)	80 120 180
	Ilmaääneneristysluku R' _w (dB)	≥ 44 ≥ 48 ≥ 55

Kuva 1. Yksinkertainen betoniväliseinä, ei mittakaavassa.

Kipsilevyväliseinä on esimerkki kaksinkertaisesta väliseinästä. Se koostuu kahdesta seinämäisestä materiaalista, ja niiden välissä olevasta absorboivasta materiaalista. Kipsilevyväliseinän runkomateriaalina käytetään yleensä joko puuta, tai terästä. Levyväliseinän levyjen saumat tulee asentaa lomittain, jotta sauman rako ei kulje suoraan rakenteen läpi. Hyvin asennettuna kipsilevyväliseinä tarjoaa hyvän, vähintään 44 dB ilmaääneneristävyyden rakennuksessa.



Rakennekerrokset:	20...30 mm	Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan
	70 mm	Rakennuslevy rakennuslausekkeen mukaan, 2-kertainen
		Kantava rakenne , teräsranka k 600
		Ääneneriste , mineraalivillia
	20...30 mm	Rakennuslevy rakennuslausekkeen mukaan, 2-kertainen
		Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Ominaisuudet: Ilmaääneneristysluku $R'w \geq 44$ dB

Kuva 2. Kaksoislevytetty kipsilevyväliseinä, ei mittakaavassa.

4 LVIS-järjestelmien äänitekniikka

4.1 LVIS-järjestelmien äänilähteet

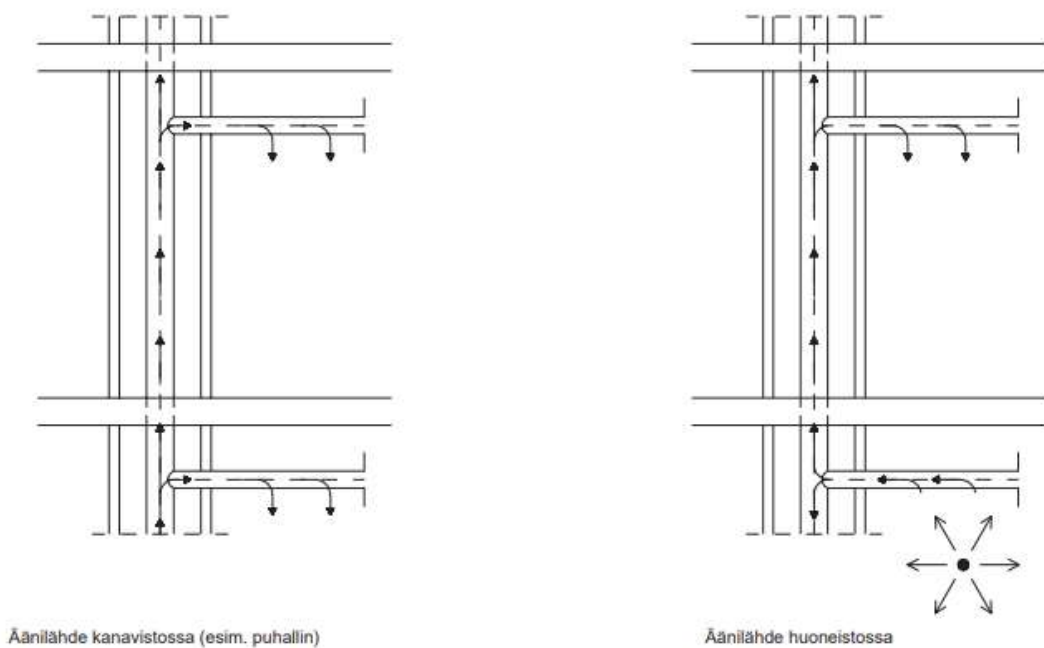
Rakennuksissa on monenlaisia LVIS-laitteita, kuten vesi- ja viemärlaitteet, ilmanvaihtolaitteet, jäähdytyslaitteet, lämmityslaitteet ja hissit [17, 5]. LVIS-järjestelmien, erityisesti ilmastoinnin ja ilmanvaihdon, aiheuttamat äänitekniset haitat ovat tänä päivänä valittavan yleisiä. Meluseikkoihin tulisi keskittyä jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa suunnittelua. Näiden haittojen torjuminen vaatii tietoa niin ilmastointitekniikasta, kuin myös äänitekniikasta. Parhaimpien melunhallintaratkaisujen toteuttamiseksi on ymmärrettävä perusasiat molemmista riittävän hyvin. Suunnitteluvaiheessa tulisi kiinnittää huomiota käytettäviin laitteisiin, sekä kanava ja putkikokoihin, joilla saavutetaan todennäköisesti järkevin ja edullisin vaihtoehto meluntorjunnassa. [4, esipuhe]

Ilmanvaihtokoneiden aiheuttama ilman virtaus ja pyörteily kanavistossa, pääte- ja säätölaitteissa aiheuttaa virtausääniä, jotka siirtyvät kanaviston kautta palveltaviin tiloihin. Tekniset laitteet, joissa on

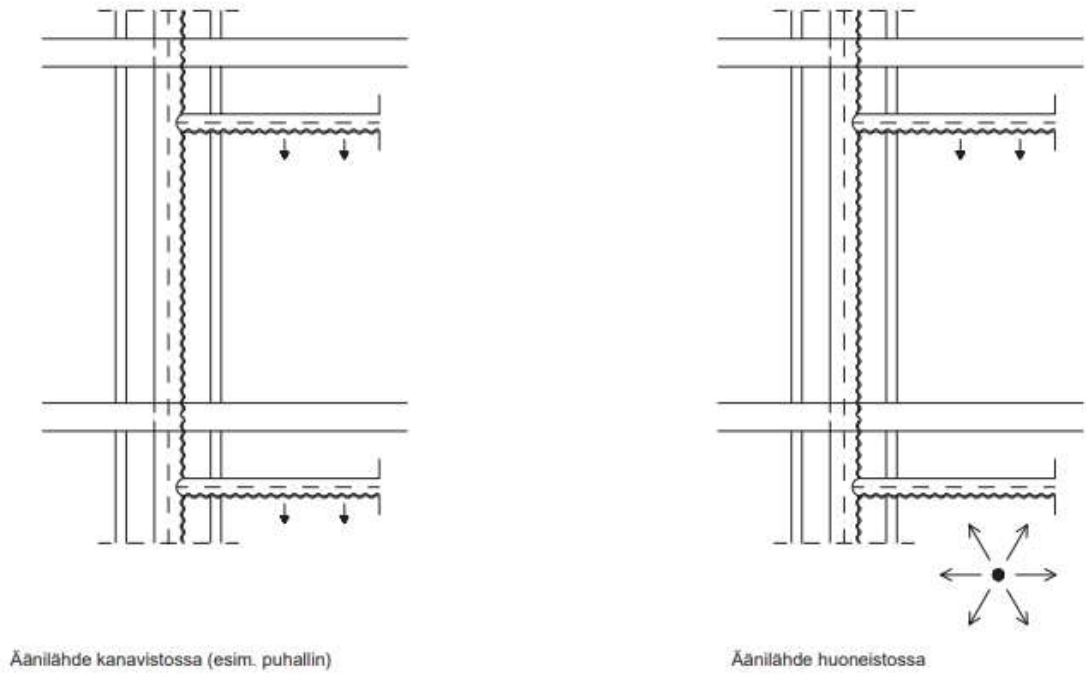
liikkuvia osia ja jotka ovat kiinnitetty rakennuksen runkoon, voivat aiheuttaa värähtelyä rakenteissa, tämä synnyttää runkoääntä ja ilmaääntä. Teknisten laitteiden aiheuttamaa runkoääntä voidaan ehkäistä värähtelyeristimillä. Vesi- ja viemärlaitteista voi myös syntyä runkoääntä, joka aiheutuu putkissa olevan nesteen virtaamisesta. [5, 143-144.]

4.2 Äänen siirtyminen ilmanvaihtokanaviston välityksellä

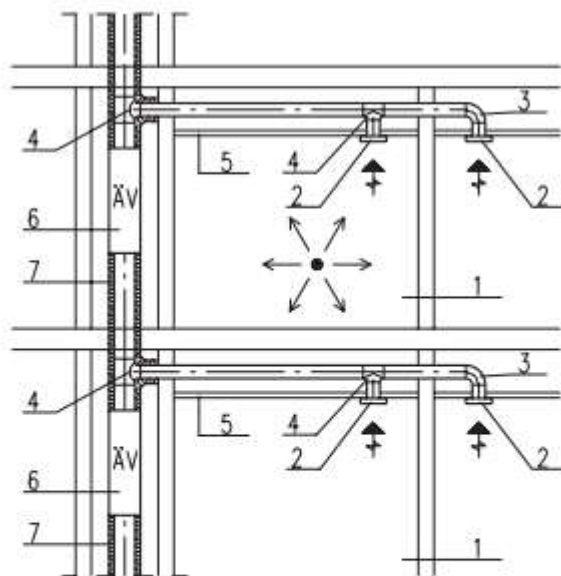
Ääni voi siirtyä kahden huonetilan välillä päätelaitteiden ja kanaviston välityksellä usealla eri tavalla. Ääni voi siirtyä kanavan ilmatilaa pitkin (kuva 5), mutta myös kanavan seinämien välityksellä taivutusvärähtelynä (kuva 4), tai seinämän läpi kanavaan ja sieltä toiseen huoneeseen kanavan seinämän läpi (kuva 3). [4, 87-90.]



Kuva 3. Äänen siirtyminen kanavan seinämän läpi [10, 10]



Kuva 4. Äänen siirtyminen kanavan seinämää pitkin. [10, 10]



- 1 = Huonevaimennus
- 2 = Päätelaitteen vaimennus ja lisävaimennus
- 3 = Kanavan käyrä
- 4 = Haaravaimennus
- 5 = Suojaverhous (alakatto, kotelointi, tms.)
- 6 = Huoneistojen välinen äänenvaimennus (tarvittaessa)
- 7 = Runkokanavan ääneneristys (= paloneristys)

Kuva 5. Äänen siirtyminen kanavaa pitkin toiseen tilaan ja siihen vaikuttavat äänen vaimennukset [10, 11]

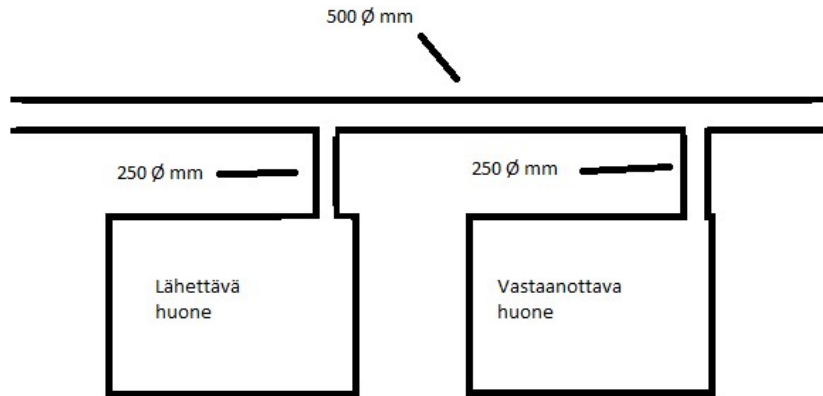
Kantikkaissa kanavissa kanavan seinien kautta siirtyvä ääni voi helposti muodostua ongelmaksi, johtuen kantikkaiden kanavien huonosta ääneneristävydestä. Pyöreiden kanavien seinämän ääneneristys on yleisesti hyvä, joten siirtyvän äänen merkitys on vähäinen erityisesti matalilla taajuuksilla, johtuen pyöreän muodon tuomasta jäykemmästä rakenteesta. Pyöreiden kanavien kautta yleensä ääni siirtyykin päätelaitteesta kanavistoon ja sitä kautta esimerkiksi viereisen huoneeseen toisen päätelaitteen kautta. [4, 28.]

Aina ilmanvaihtokanaviston päätelaitteet ja kanaviston osat (kuva 5), eivät vaimenna ääntä tarpeeksi, jolloin tilojen välillä olevaan kanavistoon kannattaa asentaa kanavaäänenvaimennin. Perinteisimpiä kanavaäänenvaimentimia ovat niin sanotut absorptiovaimentimet, joidenka vaimennus perustuu vaimentimen sisässä olevaan huokoisen materiaalin hyvään äänenabsorptioon [4, 71]. On myös olemassa erilaisia keinoja vaimentaa kanavaääntä kanavaäänenvaimentimien lisäksi, esimerkiksi kanavan sisäpuolelle venttiilin läheisyyteen asennettavat äänenvaimennuspatruunat (kuva 6.) tai kanavien sisäpintaan asennettavat äänenvaimennusverhoukset.



Kuva 6. Air-In® Äänenvaimennuspatruuna. [2]

Ilmanvaihtokanavan kautta siirtyvän äänen laskeminen on mahdollista, mutta ei välttämättä vastaa todellista äänensiirtymisen määrää, johtuen useista muuttujista ja olosuhteista, joita todellisuudessa ilmenee. Kuitenkin laskemalla voidaan saada hyvä yleiskuva, miten paljon ääntä siirtyy kanaviston avulla. Meillä on kaksi tilaa, jotka ovat yhteydessä toisiinsa ilmanvaihtokanavan välityksellä. Kummassakin tilassa on 200 x 400 mm kokoinen säleikkö päätelaitteena ja nämä yhdistyvät kahden metrin mittaisella 250 mm kanavalla tilat ohittavaan 500 mm pääkanavaan (kuva 7). Vastaanottavan huoneen absorptioala on 12 m². Lähettävässä huoneessa oktaavipainetaso on kaikilla taajuuskais-toilla 70 dB. Päätelaite on nurkassa. [4, 92-94.]



Kuva 7. Esimerkin havainnollistava kuva huoneista.

Laskenta suoritetaan siten, että lasketaan vaimennukset D , jotka syntyvät huoneiden välisessä kanavistossa ja vähennetään ne lähetyshuoneen äänenpainetasosta (taulukko 7.) ja muutetaan yhdeksi A-painotetuksi äänitasoksi. Ensimmäisenä lasketaan säleikköön kohdistuva osa (taulukko 7) ja lähtövaimennus kaavan 8 avulla:

$$D = 10 \lg 4/S - D' \quad (8)$$

missä

D = vaimennus, dB

S = aukon ala, m^2

D' = lähtövaimennus = $n \lg (100/(df))$

d = aukon halkaisija

f = taajuus, Hz

$n = 0$, kun päätelaite on huoneessa

$n = 6,67$, kun päätelaite on tasopinnalla (seinä, katto)

$n = 13,3$, kun päätelaite on kulmassa

$n = 20$, kun päätelaite on nurkassa

Mikäli kanavan päässä on säleikköä suurempi päätelaite, voidaan lasku jättää tekemättä ja ottaa vaimennusarvot valmistajan tuotteelle tekemästä teknisestä esitteestä tai vastaavasta dokumentista, jossa vaimennusarvot on ilmoitettu taajuuskaistoittain. Äänitekniisten ja säädöllisten seikkojen takia päätelaitteita suositellaan käytettäväksi lähes aina. [4, 93-94.]

Seuraavaksi huomioidaan äänen jakautuminen lähettävän huoneen kanavasta pääkanavan molempiin suuntiin (taulukko 7). Mikäli kanava haarautuu kahteen halkaisijaltaan yhtä suureen kanavaan, alenee äänentehotaso 3dB molemmissa kanavissa verrattuna ennen haaraa olevaan kanavaan. Haaranputkien ollessa erikokoiset, jakautuu ääni haarojen pinta-alojen suhteessa kaavan 9 mukaisesti:

$$D_q = 10 \lg(S + S')/S' \quad (9)$$

missä

D_q = vaimennus, dB

S = kanavan pinta-ala

S' = haaran pinta-ala

Käytännön laskuissa ei yleensä huomioida mutkien ja putken pituuden tuomaa vaimennusta, vaan tämä jätetään yleensä varmuusvaraksi, johtuen näiden vähäisestä vaikutuksesta kanaviston vaimennukseen. [5, 149–150.] Sitten lasketaan vielä kanavan päätevaimennus kaavan 10 avulla, kun huoneessa ei ole ritilää suurempaa päätelaitetta (taulukko 7) [4, 93-94].

$$D = 10 \lg(1 + (c / 4 f \pi)^2 Q / S) \quad (10)$$

missä

D = vaimennus, dB

c = äänen nopeus ilmassa, m/s

f = taajuus, Hz

S = kanavan pääteaukon ala, m²

Q = avaruuskulma, johon kanavan ääni hajaantuu (taulukko 6)

Taulukko 6. Q :n arvot aukon sijainnin mukaan [4, 23]

Aukon sijainti huoneessa	Q
Vapaassa tilassa	4π
Tasopinnalla (seinä, katto)	2π
Kulmassa	π
Nurkassa	$\pi/2$

Vielä tarvitsee laskea huonevaimennus absorptio alasta kaavan 11 avulla:

$$D = 10 \lg A' / 4 \quad (11)$$

missä

A' = Huoneen absorptio ala

Lopuksi lasketaan vaimennukset yhteen taajuuskaistoittain ja vähennetään lähtevän huoneen äänenpainetasosta (taulukko 7). [4, 93-94.]

Kun oktaavikaistoittaiset melutasot vastaanottavassa huoneessa on saatu selville, niille tehdään vielä taajuuspainotus A (taulukko 7). Lopuksi oktaavikaistoittaiset melutasot voidaan muuttaa vielä yhdeksi kokonaismelutaso luvuksi kaavalla 12. Josta saadaan vastaanottavan huoneen A-painotetuksi äänentasoksi = 44,3 dB(A). [4, 14]

$$L_a = 10 \lg \left(10^{\sum_i \left(\frac{L_{pAi}}{10} \right)} \right) \quad (12)$$

missä

L_{pAi} = Oktaavikaistoittainen A-painotettu melutaso

Taulukko 7. Laskuesimerkki äänenkantautumisesta kanaviston kautta

Lähetyshuoneen äänepainetaso						
f, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
L_{p'}	70	70	70	70	70	70

VAIMENNUKSET

Säleikköön kohdistuva osa (Kaava 8.)						
f, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
dB	17	17	17	17	17	17
Lähtövaimennus (Kaava 8.)						
f, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
dB	-10	-4	0	0	0	0
Vaimennus jakaumasta pääkanavaa						
f, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
dB	3	3	3	3	3	3
Jakauma pääkanavasta vastan ottavaan huoneeseen (Kaava 9.)						
f, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
dB	7	7	7	7	7	7
Päätevaimennus (Kaava 10.)						
f, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
dB	5	2	0	0	0	0
Huonevaimennukset (Kaava 11.)						
f, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
dB	5	5	5	5	5	5
Vaimennuksien summa						
f, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
dB	27	30	32	32	32	32

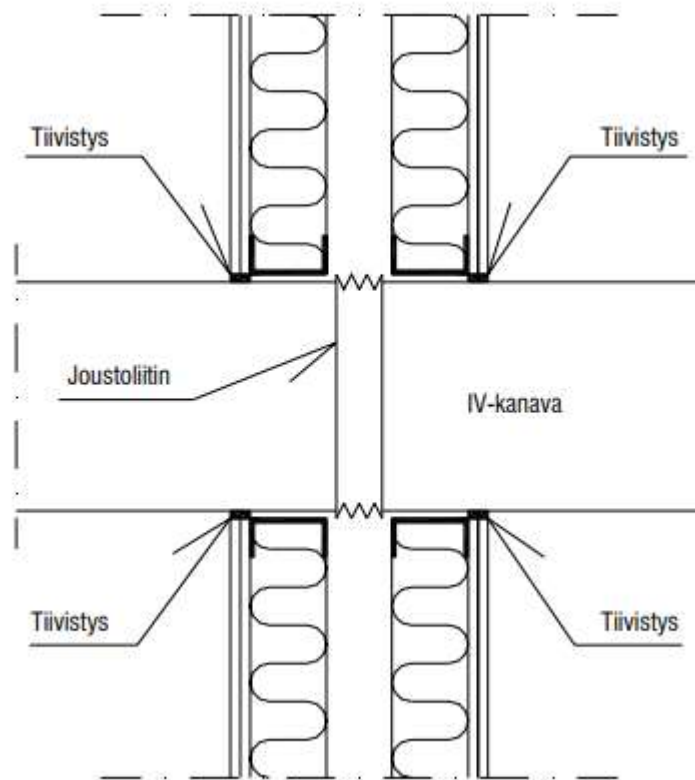
Vastaanottavanhuoneen äänepainetaso (Lähetyshuoneen äänepainetaso - Vaimennuksien summa)						
f, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
dB	43	40	38	38	38	38
A-painotus						
	-16	-9	-3	0	1	1
dB	27	31	35	38	39	39

A-painotettu äänentaso (kaava 12.) = 44,3 dB

4.3 LVIS-läpiviennit

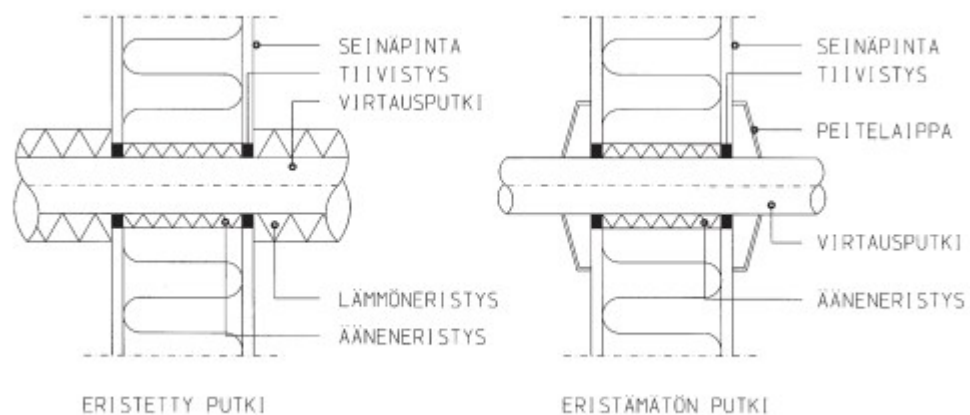
LVIS-läpivientejä suunniteltaessa ja toteuttaessa tulee huomioida monia seikkoja. Läpivientien rakenteen ja tiivistyksen tulee täyttää ääni-, palo-, tiiviys- sekä kosteusvaatimukset, joita lävistettävälle rakenteelle on annettu. Putket ja kanavat eivät saa olla kiinteässä yhteydessä rakenteisiin seinien ja välipohjien läpivientikohdissa [9, 46]. Putkiläpivientien tiivistämiseen tulee käyttää elastista ja kutistumatonta materiaalia, esimerkiksi elastista kittiä. Tiivistysmateriaalille on myös varattava riittävästi tilaa, jotta rakenteesta saadaan tiivis ja tarkoituksenmukainen. [12, 7.]

Ilmanvaihtokanavissa läpivientien tiivistys tulee suorittaa huolellisesti, sillä tämä vähentää kanavan seinämän kautta tulevaa sivutiesiirtymää/taivutusvärähtelyä. Tavanomaisissa kohteissa, joissa ilma-ääneneristävyysvaatimus tilojen välillä on alle 40 dB:ä, taivutusvärähtelyyn tulisi kiinnittää erityisesti huomiota kantikkaissa kanavistoissa, johtuen näiden huonommasta ääneneristävyydestä. Pyöreät kanavat eivät yleensä aiheuta ongelmaa tavanomaisissa kohteissa, niiden hyvän ääneneristävyyden takia, mutta vaativissa kohteissa myös pyöreiden kanavien kautta siirtyvä ääni on otettava huomioon. Taivutusvärähtelyä voidaan myös estää levyrakenteisissa seinissä joustoliittimen avulla. Kanavan kulkiessa kivrakenteisen seinän läpi voidaan taivutusvärähtelyä estää valamalla kanava jäykästi seinään kiinni. Myös kanavien kotelointi tilojen puolella estää taivutusvärähtelyn aiheuttamaa haittaa. [5, 165-166.]

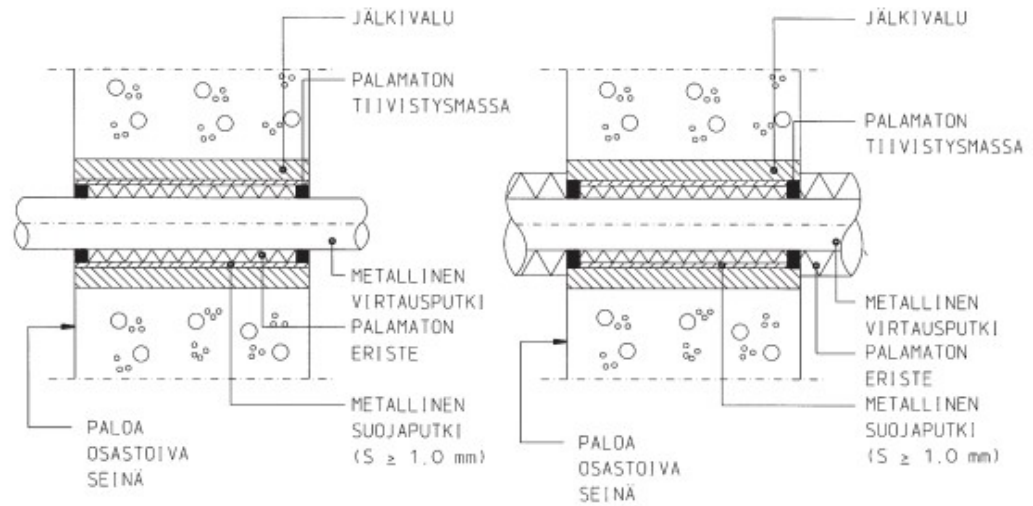


Kuva 8. Kanavan seinämää pitkin kulkevan taivutusvärähtelyn estäminen joustoliittimen avulla. Kanava on pyöreä ja tilojen ilmäneristävyyysluku yli 60 dB. [5, 166]

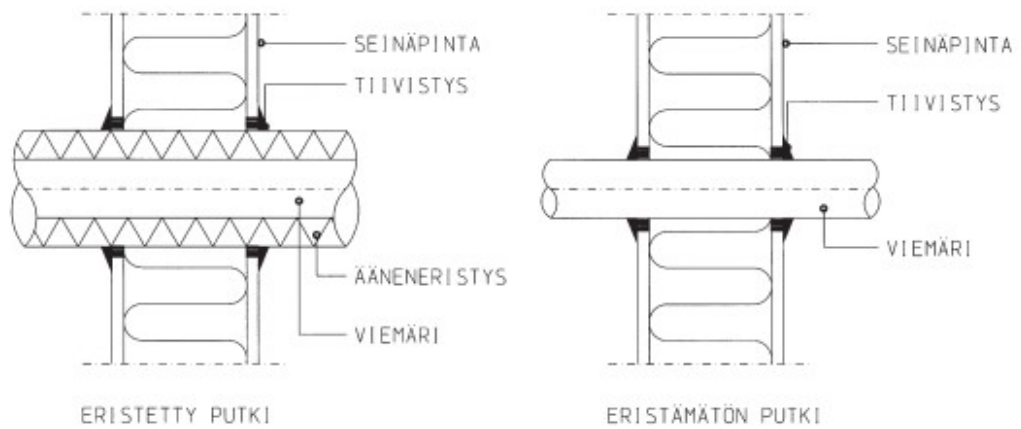
Rakenteiden läpi menevät vesi- ja lämmitysjohdot ovat yleensä eristetty koko läpiviennin matkalta, ja eristämätön vesi-/lämmitysjohto tulisi tiivistää esimerkiksi siihen tarkoitetulla tiivistysmassalla, tai erillisellä eristyskourulla. Mahdollinen lisätiivistys tehdään elastisella massalla/kitillä. Läpiviennit täytyy tehdä täysin ilmatiiviiksi. [12, 7.]



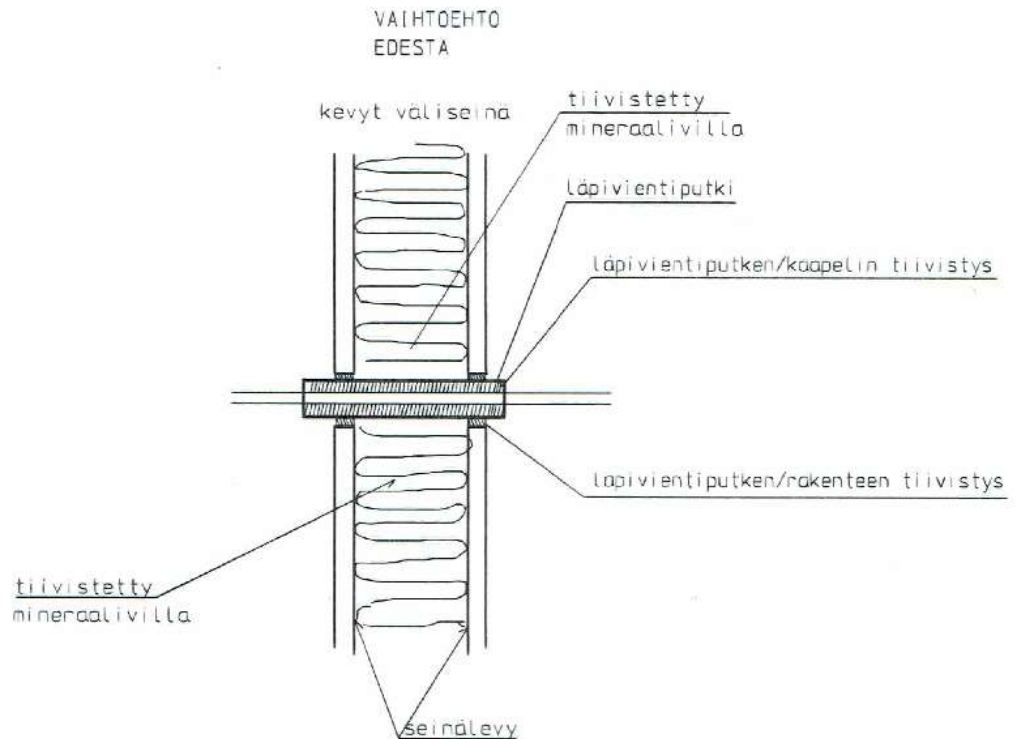
Kuva 9. Esimerkki ääntä eristävän levyrakenteisen seinämän putkien läpiviennistä. [11, 7]



Kuva 10. Esimerkki ääntä eristävän betoniseinän/alapohjan läpiviennistä. [11, 7]



Kuva 11. Esimerkki ääntä eristävän levyrakenteisen seinämän viemäriputkien läpiviennistä. [11, 15]



Kuva 12. Esimerkki ääntä eristävästä sähköläpiviennistä.

5 Ilmaääneneristävyyden laskeminen

5.1 Seinärakenteen ilmaääneneristävyyden laskeminen

Tässä luvussa esitetään seinärakenteen ilmaääneneristävyyden laskeminen standardin SFS ISO EN 717-1 mukaan. Laskeminen tapahtuu käyttämällä lähtöarvoina hyvin ääntä eristävän CLT-elementin ääneneristävyyden R [dB] eri taajuuksilla, sekä standardin ääneneristävyyden vertailuarvoja. Laskennassa vähennetään vertailuarvosta sellainen siirtoarvo, jolla siirretyn vertailuarvon ja ääneneristävyyden erotuksen summa, epäsuotuisa poikkeama, lähenee kymmentä. Ohessa on esitetty laskuesimerkki (taulukko 8) käyttäen lähtöarvoina kuvitteellisen tuplalevytetyn levyseinärakenteen ääneneristävyyden arvoja. [18, 25.]

Taulukko 8. Pelkän seinän arvo ylemmän kappaleen laskentaesimerkin mukaan.

Pelkkä seinä									
Taajuus (Hz)		125	250	500	1000	2000	4000		
R seinä		42	47	59	57	61	-	Siirto	
SFS ISO EN 717-1		36	45	52	55	56		6,2	
Siirretty vertailu		42,2	51,2	58,2	61,2	62,2	Yht	Max	
Epäsuotuisa poikkeama		0,2	4,2	0	4,2	1,2	9,8	<10	
	Rw	58,200							

5.2 Rinnakkaisten ääneneristysten laskeminen ja analysointi

Tässä luvussa tarkastellaan seinärakenteen- ja IV-tekniikan yhdistettyä ääneneristävyyttä. Laskuesimerkeissä on käytetty vaihtelevia seinärakenteita ja IV-laitteistoja vertailuarvojen saamiseksi. Laskenta alkaa laskemalla ilmanvaihtokanavan kokonaisäänenvaimennus (taulukko 9) [4, 63-94]. Tämän jälkeen yhdistetään rinnakkaisten rakenneosien ilmaääneneristävyydet eri taajuuskaistoilla kaavan 13 avulla:

$$R_{kok} = -10 \cdot \lg \left(\frac{1}{S_{kok}} \cdot \left(S_1 \cdot 10^{-\frac{R_1}{10}} + S_2 \cdot 10^{-\frac{R_2}{10}} + S_3 \cdot 10^{-\frac{R_3}{10}} + \dots \right) \right) \quad (13)$$

$$S_{kok} = S_1 + S_2 + \dots$$

Missä

S_i = rakenneosan pinta-ala (seinä, päätelaitteen kanavat yht. ym.)

R_i = rakenneosan ääneneristävyys taajuuskaistoittain

R_{kok} = kokonaisääneneristävyys

S_{kok} = pinta-alojen summa

Yhdistämisen jälkeen lasketaan rakenteen kokonaisilmaääneneristävyys samalla tavalla, kuin pelkälle seinälle edellisessä luvussa (taulukko 10). [18, 25.]

Taulukko 9. Yksinkertaistettu IV-vaimennuksien summan laskeminen.

Ilmanvaihtokanavan R_{IV} laskeminen.							
Taajuus, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000
$D_{pääte}$	17	12	6	0	0	1	2
D_q	3	3	3	3	3	3	3
$D_{äv}$	0	0	0	0	0	0	0
$D_{pääte}$	17	12	6	0	0	1	2
R_{IV}	37	27	15	3	3	5	7

Taulukko 10. Yhteenlasku: R_{kok} - Hyvin tehty CLT seinä + 125 kanava ja STQA-päätelaite = Huonolla eristävyydellä oleva tulopuolen päätelaite.

Taajuus (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000		S (m2)
R seinä	39	42	47	59	57	61	60		9,9
R IV	37	27	15	3	3	5	7		0,012
R kok	39,00	41,84	42,30	32,09	32,08	34,09	36,08		

Pelkästä hyvin valmistetusta CLT-elementistä koostuva seinärakenne saavuttaa kiitettävän 58,2 dB:n ilmaääneneristävyyden. Kun kyseiseen seinärakenteeseen yhdistetään huonosti eristävä tulopuolen päätelaite, saadaan kokonaisilmaääneneristävyydeksi vain 33,5 dB:ä (taulukko 11). Hyvin valmistettu CLT-seinä, ja hyvin ääntä eristävä IV-kanava tarjoavat yhdistettynä jo 49 dB:n ilmaääneneristävyyden (taulukko 11). Suunnitellessa tiloja jakavan seinämän hyvää ääneneristystä, tulisi ottaa seinärakenteen ilmaääneneristävyyden lisäksi huomioon IV-laitteiston ilmaääneneristävyys.

Taulukko 11. CLT-seinä + STQA ja 125 kanavan R_w arvo.

Seinä ja IV							
Taajuus (Hz)		125	250	500	1000	2000	4000
R kok		41,84	42,30	32,09	32,08	34,09	-
SFS ISO EN 717-1 standardin mukainen vertailuarvo		36	45	52	55	56	
Siirretty vertailu		17,5	26,5	33,5	36,5	37,5	Yht
Epäsuotuisa poikkeama		0	0	1,410741	4,415905	3,410741	9,237387
			R_w	33,5000			

Siirto
-18,5
Max <10

Taulukko 12. CLT-seinä + KTS ja 125 kanavan Rw arvo.

Seinä ja IV									
Taajuus (Hz)		125	250	500	1000	2000	4000		
R kok		41,98	46,23	49,57	49,29	45,96	-	Siirto	
SFS ISO EN 717-1 standardin mukainen vertailuarvo		36	45	52	55	56		-3	
Siirretty vertailu		33	42	49	52	53	Yht	Max	
Epäsuotuisa poikkeama		0	0	0	2,707562	7,03998	9,747541	<10	
	Rw	49,0000							

Laskiessa heikommin ääntä eristävien seinien ja IV-laitteiston yhdistettyä ilmaääneneristävyyttä huomataan, että heikommin ilmaääntä eristävän seinärakenteen ääneneristävyys ei putoa juuri lainkaan siihen rinnastamalla hyvin ääntä eristävä IV-laitteisto (taulukko 13). Rinnastaessa taas heikommin ilmaääntä eristävän seinärakenteen ja heikosti ääntä eristävän IV-laitteiston, putoaa koko rakenteen ilmaääneneristävyys entisestään (taulukko 14).

Taulukko 13. Tikkarinteen D-talon tila D116 seinä ja D-talon tila D116 seinän + KTS ja 125 kanavan Rw arvo.

Pelkkä seinä									
Taajuus (Hz)		125	250	500	1000	2000	4000		
R seinä		31,6	32,5	39	38,3	33,9	-	Siirto	
SFS ISO EN 717-1 standardin mukainen vertailuarvo		36	45	52	55	56		-14,5	
Siirretty vertailu		21,5	30,5	37,5	40,5	41,5	Yht	Max	
Epäsuotuisa poikkeama		0	0	0	2,2	7,6	9,8	<10	
	Rw	37,500							

Seinä ja IV									
Taajuus (Hz)		125	250	500	1000	2000	4000		
R kok		31,60	32,48	38,68	38,03	33,65	-	Siirto	
SFS ISO EN 717-1 standardin mukainen vertailuarvo		36	45	52	55	56		-15	
Siirretty vertailu		21	30	37	40	41	Yht	Max	
Epäsuotuisa poikkeama		0	0	0	1,972955	7,349171	9,322126	<10	
	Rw	37,0000							

Taulukko 14. Tikkarinteen D-talon tila D116 seinä ja D-talon tila D116 seinän + STQA ja 125 kanavan Rw arvo.

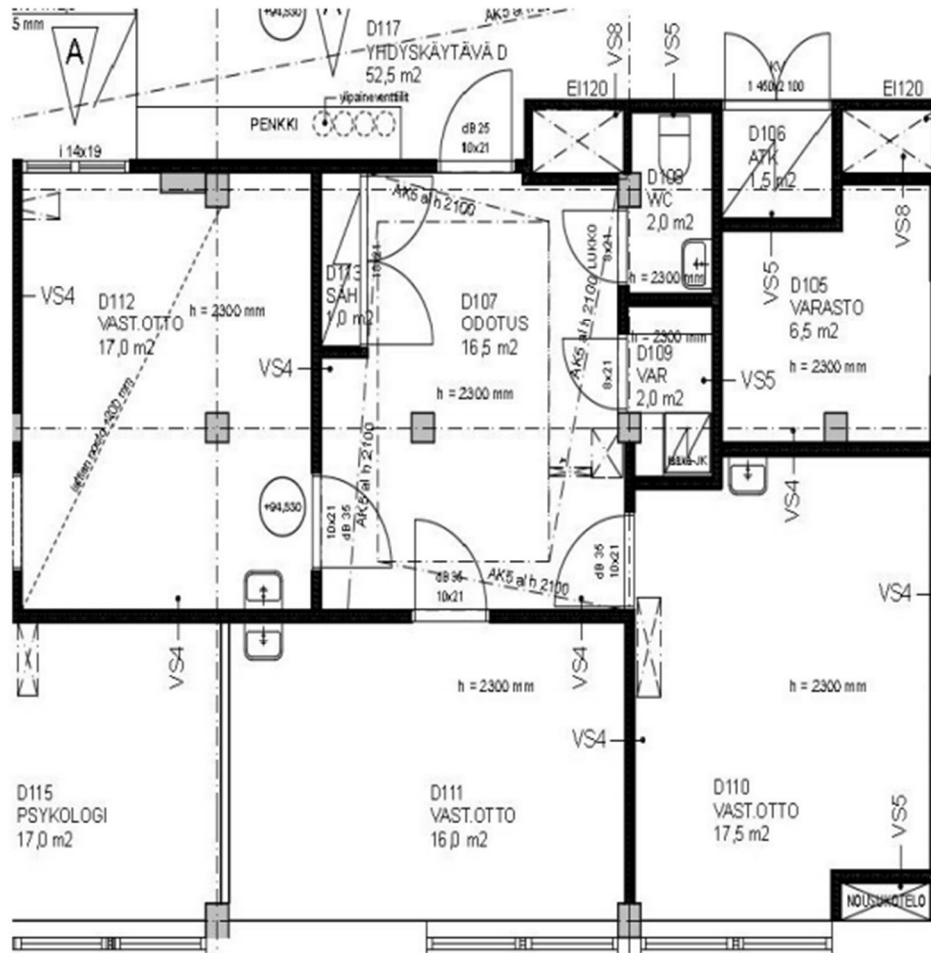
Pelkkä seinä							
Taajuus (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	
R seinä	31,6	32,5	39	38,3	33,9	-	Siiro
SFS ISO EN 717-1 standardin mukainen vertailuarvo	36	45	52	55	56		-14,5
Siirretty vertailu	21,5	30,5	37,5	40,5	41,5	Yht	Max
Epäsuotuisa poikkeama	0	0	0	2,2	7,6	9,8	<10
	Rw	37,500					

Seinä ja IV							
Taajuus (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	
R kok	31,59	32,21	31,29	31,17	30,99	-	Siiro
SFS ISO EN 717-1 standardin mukainen vertailuarvo	36	45	52	55	56		-20
Siirretty vertailu	16	25	32	35	36	Yht	Max
Epäsuotuisa poikkeama	0	0	0,707562	3,834305	5,009644	9,55151	<10
	Rw	32,0000					

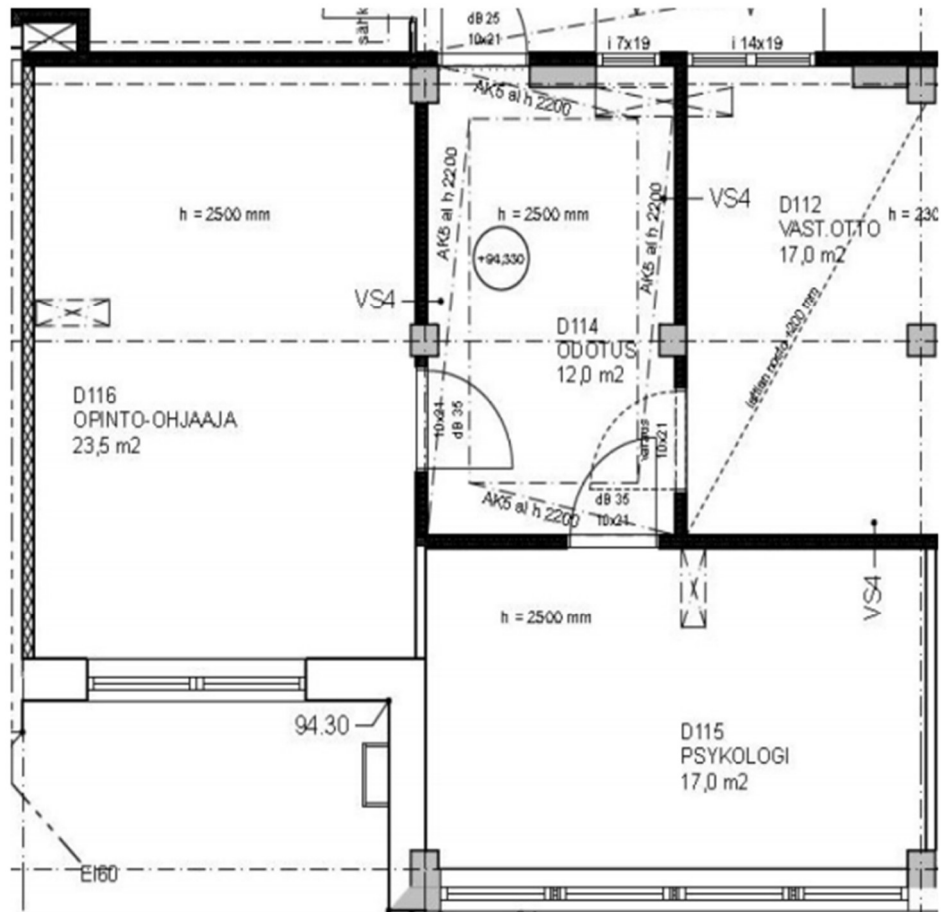
6 Tutkimus

6.1 Tikkarinne

Karelia ammattikorkeakoulun Tikkarinteen kampus sijaitsee Joensuun Tikkarinteellä, ja se koostuu neljästä siivestä. Kampus sisältää monia eri palveluita ja toimintoja, muun muassa opiskelijapalveluita, kirjaston, ruokalan ja opetustiloja. Tämän tutkimuksen kohteena oli kampuksen D-siiven (kuva 12) ja E-siiven (kuva 13) tiloja. D-siivessä tutkittavana oli terveydenhoitajan, koulupsykologin ja oppilaitospastorin työ/vastaanotto tiloja ja niihin liittyvät odotustilat. Rakennukselle on suoritettu kattava peruskorjaus 2010- 2015. Lisäksi D-siiven tilojen välisten rakenteiden ääneneristävyyden parantamiseksi on tehty korjaustoimenpiteitä 2016–2017. 2016–2017 tehdyissä korjaustoimenpiteissä oli tilojen käyttäjien mukaan paranneltu erityisesti ovien tiivyyttä, mutta tarkkaa tietoa korjauksista ei ole.

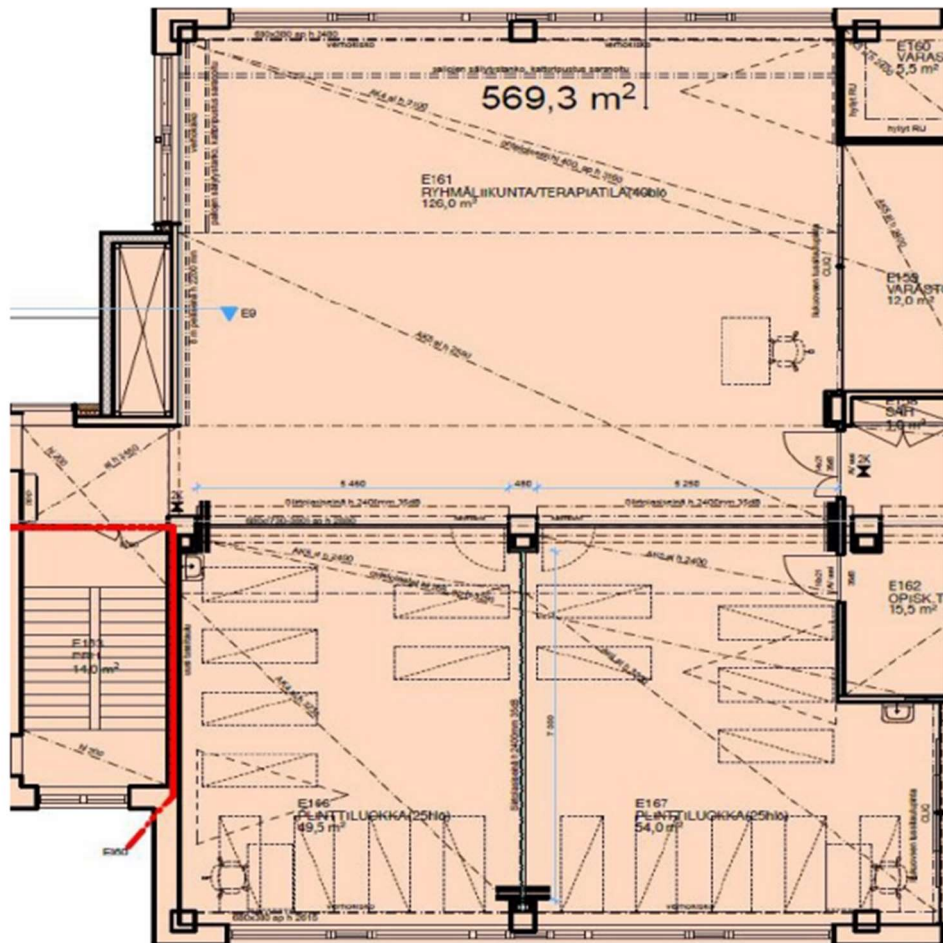


Kuva 12. Pohjakuva D107, D110-D112 tiloista. Kuva ei ole mittakaavassa.



Kuva 13. Pohjakuva D114-D116 tiloista. Kuva ei ole mittakaavassa.

E-siivessä tutkittavana oli peilialin ja opetustilan välinen aukaistava lasiväliseinä. Rakennussuunnitelmien mukaan lasiväliseinän ilmaääneneristävyyden vähimmäisluku on $R'w$ 35 dB. Taloteknisiä läpivientejä/järjestelmiä ei tilojen välillä juurikaan ollut, lukuun ottamatta muutamaa sähköjohdoille tarkoitettua läpivientä alakaton yläpuolella sijaitsevassa palkissa, joiden tiivistäminen oli hoidettu asianmukaisesti.



Kuva 14. Pohjakuva E161, E166 ja E167 tiloista. Kuvat eivät ole mittakaavassa.

D-siiven tilojen välisinä rakenteina on kipsilevytetty kevytväliseinä. Rakenteesta tarkkaa rakennekuva, tai rakennetapaselostusta ei tutkimuksen yhteydessä ollut saatavana, joten mm. rangan materiaalista ei ole varmuutta. Rakenteen läpi kulkee erilaisia läpivientejä muun muassa ilmanvaihtokanavia, lämmitysputkia ja vesi-/sähköjohtoja. Työhuoneiden ja odotustilojen väliset ovet ovat ääneneristysovia, joille valmistaja Korsu Ovet Oy on antanut ääneneristävyyksiluvuksi R'_w 35 dB.

Molemmassa tutkittavissa siivissä käyttäjät olivat kokeneet tilojen välisten rakenteiden ilmäeneristävyyden liian heikoksi. D-siivessä suurimmaksi ongelmaksi käyttäjät kokivat vastaanottotilojen, sekä odotustilan välisen puheäänen kantautumisen. Tiloissa käytävien luottamuksellisten keskustelujen vuoksi tämä muodosti ongelmasta vielä suuremman. E-siiven sisäliikuntasalin E161 ja sen viereisten luokkatilojen E166 ja E167 välillä kantautui opetustilanteiden kannalta liian häiritsevää melua sisäliikuntasalin puolelta.

6.2 Tutkimuksen valmistelut

Ennen varsinaisia mittauksia suoritettiin tutkittaviin kohteisiin silmämääräinen katselmus. Katselmuksen yhteydessä haastateltiin D-siiven tilojen käyttäjiä, siitä minkälaisia ongelmia tilojen melutasoissa on ollut ja kuinka ne ovat ilmentyneet.

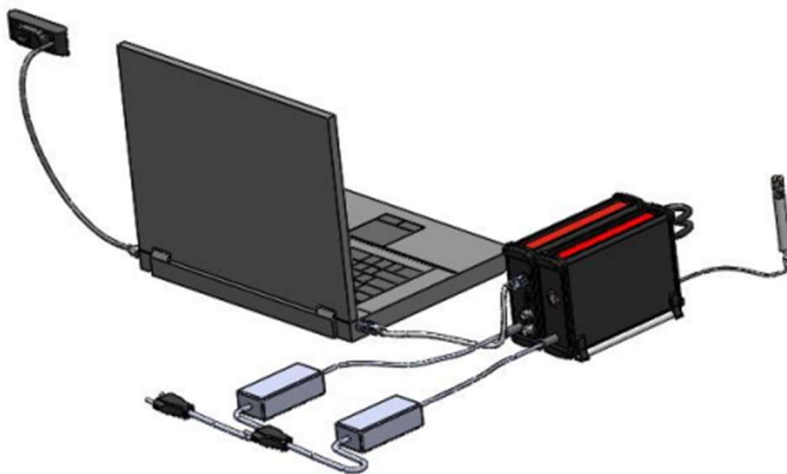
Mittalaitteiston ja sen käyttöjärjestelmään tehtiin ennen mittauksia perehtymistyötä, jossa tehtiin mm. simuloitu mittaus Karelia-ammattikorkeakoulun Wärtsilä kampuksen tiloissa. Ongelmana laitteiston käytön opettelussa oli se, että koululla ei ollut henkilöä, joka olisi voinut antaa kokonaisvaltaista perehdytystä laitteiston käyttöön. Myös laitteiston mukana tullut käyttöohje oli hyvin suppea ja kaikkia ohjelmistosta löytyviä ominaisuuksia ei esitelty. Mittausten suoritusta hidasti ohjelman kömpelö käytettävyys yhdistettynä hieman heikkoon tietotasoon kaikista ohjelmiston ominaisuuksista.

6.3 Mittauksien suorittaminen

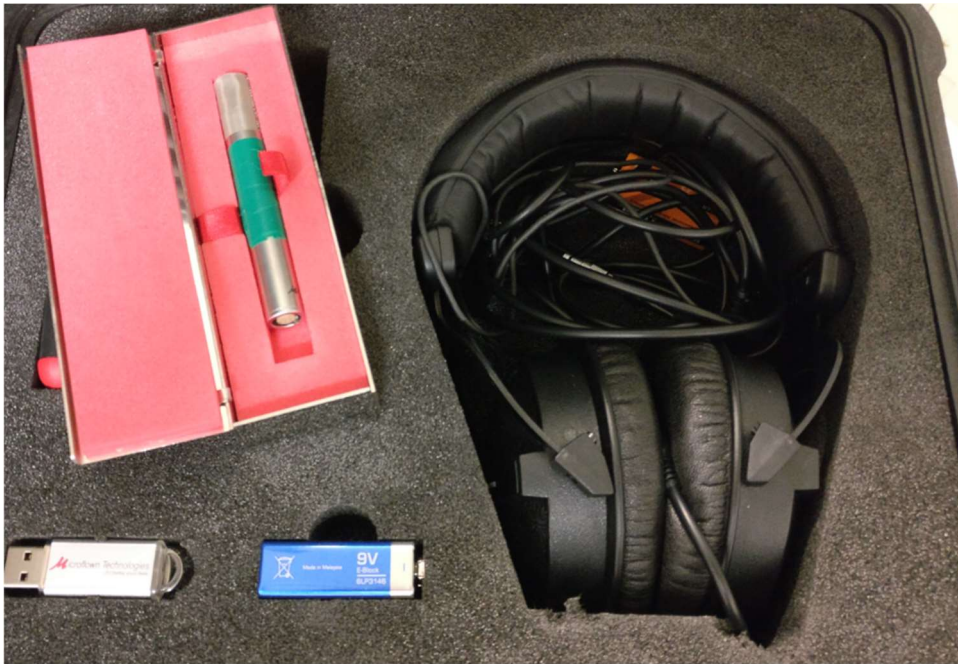
D-talon kohdetiloissa mittaukset aloitettiin asettamalla mittaushuoneen viereisiin huoneisiin vuoroitellen melulähteen n. metrin etäisyydelle mitattavasta rakenteesta (kuva 15). Tutkittavat rakenteet tutkittiin läpikotaisin akustisella anemometrillä ja siihen liitetyillä kuulokkeilla (kuva 17) ja merkitimme löydetyt vuotokohdat. Näiden avulla paikansimme suurimmat vuotokohdat, ja aloimme otta-
maan niistä varsinaisia mittaustuloksia Scan & Paint -järjestelmän (kuva 16) 2D-äänikuvia varten. Järjestelmä toimi siten, että tietokoneeseen yhdistetyllä web kameralla kuvataan tutkittavaa kohtaa, ja samaan aikaan käydään rakenne läpi ns. pyyhkimällä 2-5 cm päässä mitattavasta pinnasta. Toisitimme mittauksen kohteen kaikissa tiloissa, jonka jälkeen ohjelmalla synkronoimme web kameran kuvan ja anemometrinn mittausdatan toisiinsa ja loimme näistä 2D-äänikartan käyttäen haluttuja taajuuksia. Äänikuvien teossa käytettiin taajuuksia 100–1500 Hz, sillä ihmisääni sijoittuu varmasti tälle alueelle.



Kuva 15. Havainnekuva äänilähteestä rakenteen vuotokohtakartoituksessa.



Kuva 16. Havainne käytetystä Scan & Paint mittalaitteistosta.



Kuva 17. Scan & Listen mittalaitteisto.

6.4 Mittaustulokset ja analysointi

Tässä luvussa on esitetty Tikkarinne 9:ssä suoritettut mittaustulokset. D-talossa on suoritettu kahdesti ilmaääneneristävyyssmittauksia, (ensimmäinen 10/2016 ja toinen 6/2017) joiden välissä on tehty korjaustoimenpiteitä tilojen välisen ilmaääneneristävyyden parantamiseksi. E-talon tilojen väliselle lasiväliseinälle on puolestaan suoritettu kolmet eri ilmaääneneristysmittaukset. Tulokset on esitetty läpi tila kerrallaan, ja jokaisen tilan alussa käydään läpi 2016, ja 2017 suoritettut rakenteiden ilmaääneneristävyyssmittaustulokset, ja sitten suorittamamme ilmaääneneristävyyden vuotokohtia kartoittavan mittauksen tulokset.

D110 vastaanoton ja D107 odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyyssluvuksi (taulukko 15) mitattiin $R'w$ 19 dB:ä lokakuussa 2016 ja $R'w$ 29 dB:ä kesäkuussa 2017. Parannus ensimmäisestä mittauksesta toiseen on huomattava, niin käyttäjien mukaan, kuin myös mittaustulosten valossa. Ilmaääneneristävyyssluku ei vielä kuitenkaan ole toivotulla tasolla, eikä määräysten mukainen. Ilmaääneneristävyyssmittauksien tuloskaaviosta havaittiin lisäksi mittauskäyrässä alitus korkeilla taajuuksilla, mikä yleensä viittaa puutteelliseen ilmatiivyyteen.

Taulukko 15. D107 odotustilan ja D110 vastaanottotilan välisen seinärakenteen ilmaääneneristävyyssmittauksien tulokset (liite 2).

Tilojen välinen rakenne	R' <i>w</i> 10/2016 [dB]	R' <i>w</i> 6/2017
D107/D110	19 dB	29 dB

D110 vastaanoton ja D107 odotustilan välisen seinärakenteen vuotokohtakartoituksessa (kuva 18) havaittiin, että oven saranapuolen alanurkka vuotaa hieman muuta ovea enemmän. Vaihtelun ollessa vain 0,14 dB, sillä ei ole käytännön merkitystä. Todennäköisesti koko ovirakenne vuotaa tasaisesti ääntä, sillä tilojen välille on saatu vielä kesäkuussakin 2017 verrattain heikko ilmaääneneristävyyssluvu.



Kuva 18. Tilojen D107/D110 välinen ovi (liite 1).

D111 vastaanoton ja D107 odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyyssluvuksi (taulukko 16) mitattiin R'*w* 26 dB lokakuussa 2016 ja R'*w* 34 dB kesäkuussa 2017. Mittausten välissä on tapahtunut huomattavaa muutosta.

Taulukko 16. D107 odotustilan ja D111 vastaanottotilan välisen seinärakenteen ilmaääneneristävyyssmittauksien tulokset (liite 2).

Tilojen välinen rakenne	R' <i>w</i> 10/2016	R' <i>w</i> 6/2017
D107/D111	26 dB	34 dB

Vastaanoton D111 ja odotushuoneen D107 välisen seinärakenteen vuotokohtakartoituksessa (kuva 19) ilmenee viiden desibelin vaihtelu oven alareunan ja muun oven välillä. Tämä viittaisi oven tiivisteiden huonoon kuntoon, tai huolimattomaan asennukseen.



Kuva 19. Tilojen D107/D111 välinen ovi (liite 1).

Tilan D111 vesijohtojen läpivienneissä havaittiin myös vähäistä vuotoa (kuva 20). Vuoto on kuitenkin todella vähäistä, vain 0,5 dB, jolla ei ole juurikaan huomattavaa vaikutusta tilan ongelmiin. Myös kyseisin tilan IV-läpivienti antoi vuototuloksia, mutta tämä todennäköisesti johtui ihan vieressä sijaitsevasta ilmanvaihdon poistupuolen päätelaitteesta (kuva 21).



Kuva 20. Tilan D111 Vesijohtojen läpivienti (liite 1).



Kuva 21. Tilan D111 IV-läpivienti, jossa vieressä poistupuolen päätelaite (liite 1).

Vastaanoton D112 ja odotustilan D107 välisen seinärakenteen (taulukko 17) ilmaääneneristävyydeksi mitattiin lokakuussa 2016 22dB ja kesäkuussa 2017 32 dB. Rakenteen ilmaääneneristävyydessä on tapahtunut huomattava parannus korjauksen johdosta.

Taulukko 17. D107 odotustilan ja D112 vastaanottotilan välisen seinärakenteen ilmaääneneristävyyssmittauksien tulokset (liite 2).

Tilojen välinen rakenne	R' <i>w</i> 10/2016	R' <i>w</i> 6/2017
D107/D112	22 dB	32 dB

Vastaanoton D112 ja odotustilan D107 välisen seinärakenteen vuotokohtakartoituksessa havaittiin suurta vuotoa oven (kuva 22) saranapuolen ylänurkassa, jossa on 10 dB suurempi vuoto, kuin oven muissa osissa. Lisäksi tilojen välisen IV-läpiviennin (kuva 23) tiivistyksessä havaittiin puutteita ylänurkassa. Kuitenkaan läpiviennin minimaalinen 0,9 dB vuoto ei vaikuta merkittävästi tilan ääniongelmiin. Läpi tullut äänitaso oli myös huomattavasti pienempi kuin oven läpi tullut äänitaso, sillä kanava oli koteloitu tilan D107 puolelta.



Kuva 22. Tilojen D107/D112 välinen ovi (liite 1).



Kuva 23. Tilojen D112/D107 välinen IV-läpivienti (liite 1).

Vastaanoton D115 ja odotustilan D114 välisen seinän ilmaääneneristävyyksiksi saatiin lokakuussa 2016 22 dB ja kesäkuussa 2017 36 dB (taulukko 18). Parannus on tässäkin tilassa huomattava, joskaan tulos ei vielä kukaan yllä määräysten mukaiseen 44 dB ilmaääneneristävyyteen.

Taulukko 18. D114 odotustilan ja D115 vastaanottotilan välisen seinärakenteen ilmaääneneristävyyssmittauksien tulokset (liite 2).

Tilojen välinen rakenne	R' <i>w</i> 10/2016	R' <i>w</i> 6/2017
D114/D115	22 dB	35 dB

Vastaanoton D115 ja odotustilan D114 välisen seinämän vuotokohtakartoituksessa havaittiin oven (kuva 24) kahvapuolen yläreunan vuotavan 7 dB enemmän muuhun oveen verrattuna. 7 dB vuoto on ihmiskorvallakin selkeästi havaittavissa. Tilan D115 kojerasiassa (kuva 25) ja patterin lämpöputken läpiviennissä (kuva 26) havaittiin myös pienehköä vuotoa, joilla ei kuitenkaan ole käytännön merkitystä tilan äänitekniisiin ongelmiin.



Kuva 24. Tilojen D115/D114 välinen ovi (liite 1).



Kuva 25. Tilan D115 Kojerasia (liite 1).



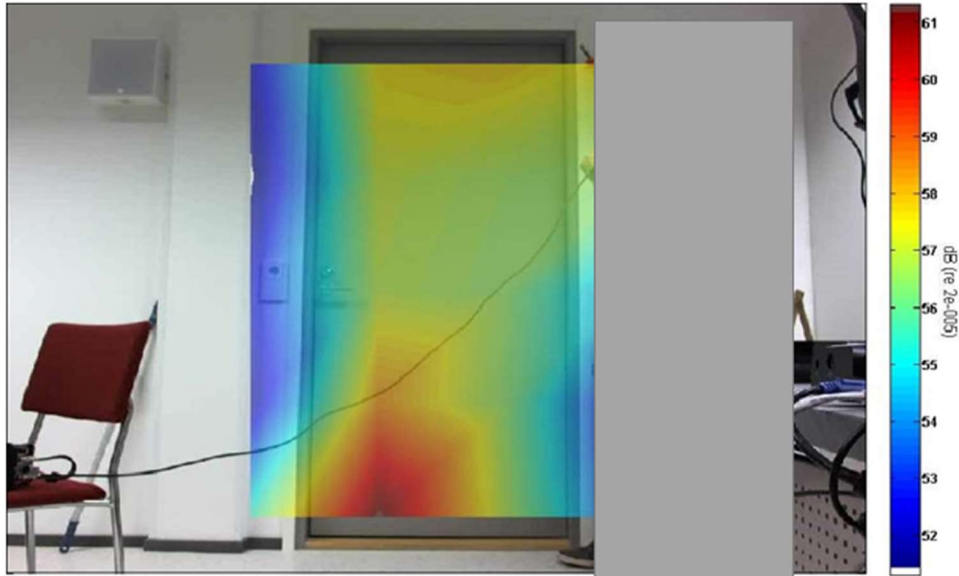
Kuva 26. Tilan D115 Patterien lämpöputkien läpivienti (liite 1).

Vastaanoton D116 ja odotustilan D114 välisen seinän ilmaääneneristävyyksiksi mittauksissa saatiin lokakuussa 2016 25 dB ja kesäkuussa 2017 37 dB (taulukko 19). Ilmaääneneristävyydessä on tapahtunut suurin muutos korjaustoimenpiteiden johdosta muihin tiloihin verrattuna. Tilojen välinen ilmaääneneristävyys ei kuitenkaan vieläkään yllä määräystenmukaiselle tasolle.

Taulukko 19. D114 odotustilan ja D116 vastaanottotilan välisen seinärakenteen ilmaääneneristävyyssmittauksien tulokset (liite 2).

Tilojen välinen rakenne	R' ^w 10/2016	R' ^w 6/2017
D114/D116	25 dB	37 dB

Vastaanoton D116 ja odotushuoneen D114 välisen seinärakenteen vuotokohtakartoituksessa paikannettiin oven kahvapuolen alareunaan 9 dB suurempi vuoto muuhun oveen verrattuna (kuva 27).



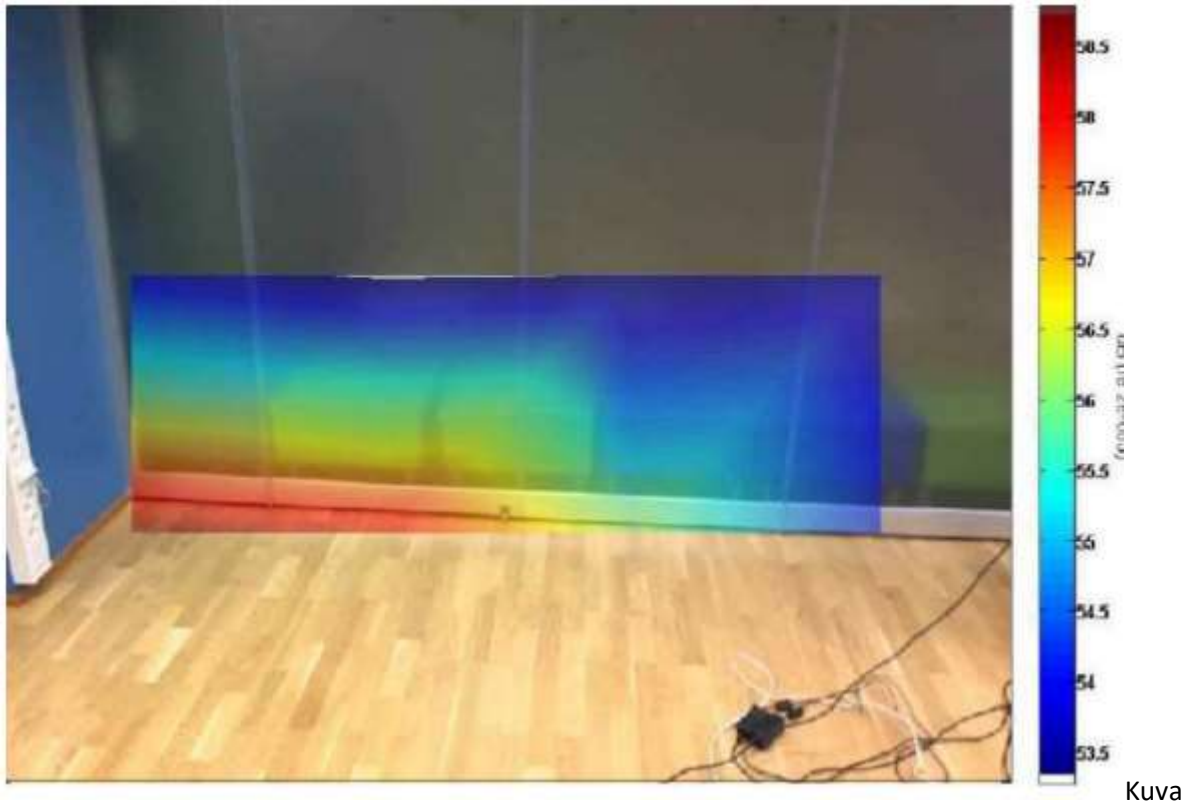
Kuva 27. Tilojen D114/D116 välinen ovi (liite 1).

Tilojen E116/E117, eli sisäliikuntatilan ja fysioterapian opetustilan välisen lasiväliseinän ilmasteneristävyydeksi saatiin kolmeen otteeseen tehdyissä mittauksissa 21-22 dB (taulukko 20). Tämän kaltaisen ilmasteneristävyys on tilan käytön luonteeseen nähden riittämätön.

Taulukko 20. Tilojen E116/117 välisen lasiväliseinän ilmasteneristävyyssmittauksen tulokset.

Tilojen välinen rakenne	R'w 7/2014	R'w 12/2014	R'w 3/2016
E116/E117	21 dB	22 dB	22 dB

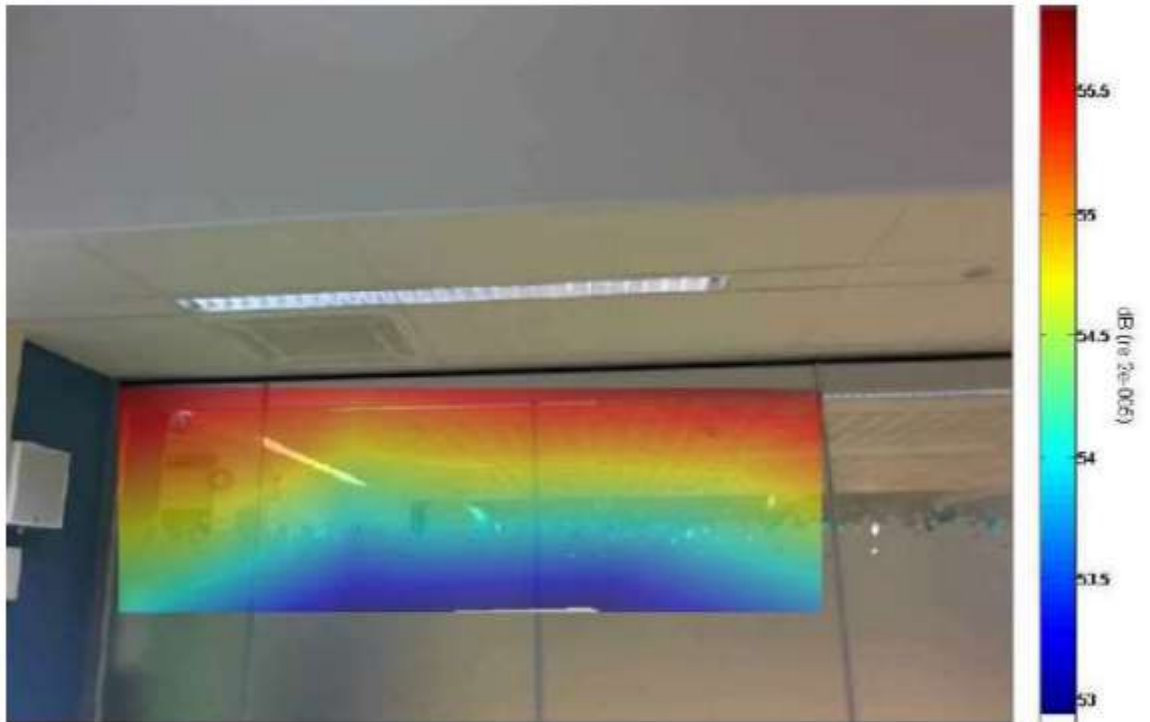
E-talon tilojen välisen lasiväliseinän vuotokartoituksessa löytyi useampi syy rakenteen huonolle ilmasteneristävyydelle. Lasiväliseinän ylä-, sekä alanurkissa (kuvat 28 ja 30) ilmeni selvää vuotoa, kun ilmasteneristävyyden vaihteluväli oli muuhun seinään verrattuna alanurkassa 5 dB ja ylänurkassa 2,5 dB. Seinärakenteessa olevien ovien nurkissa löytyi myös huomattavia vuotoja (kuvat 29 ja 31). Paikoittain jopa lasien saumassa havaittiin vuotoa (kuva 32)



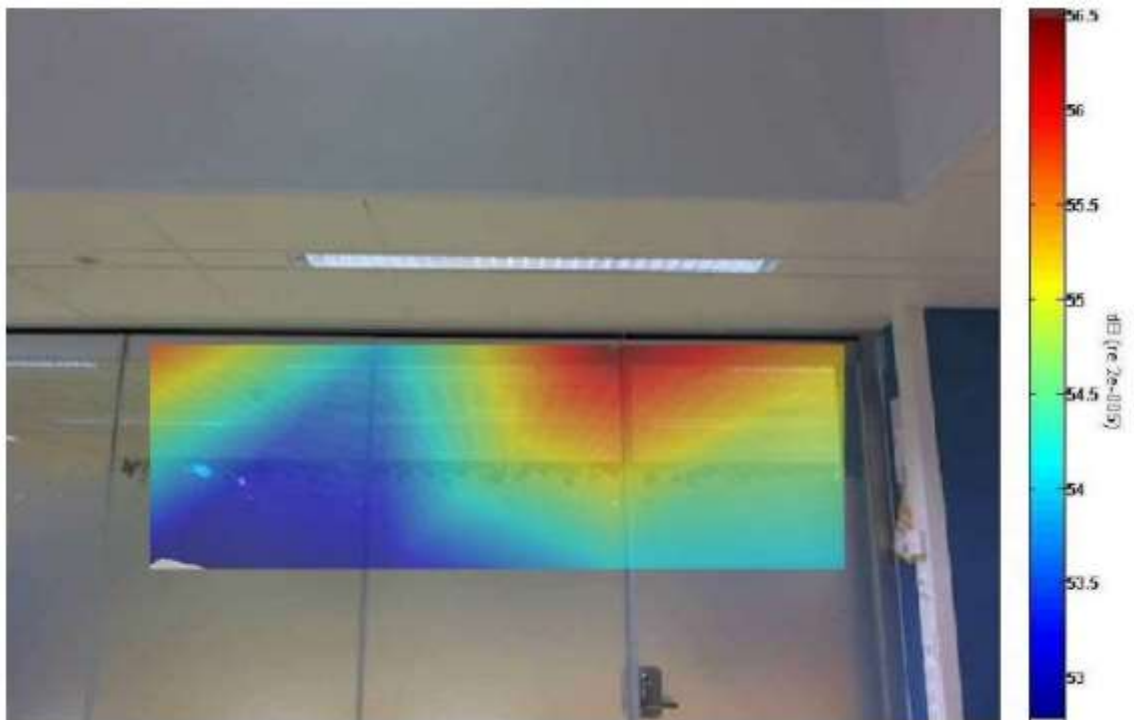
28. E-talon tiloja jakavassa lasiväliseinässä huoneen perältä alhaalta.



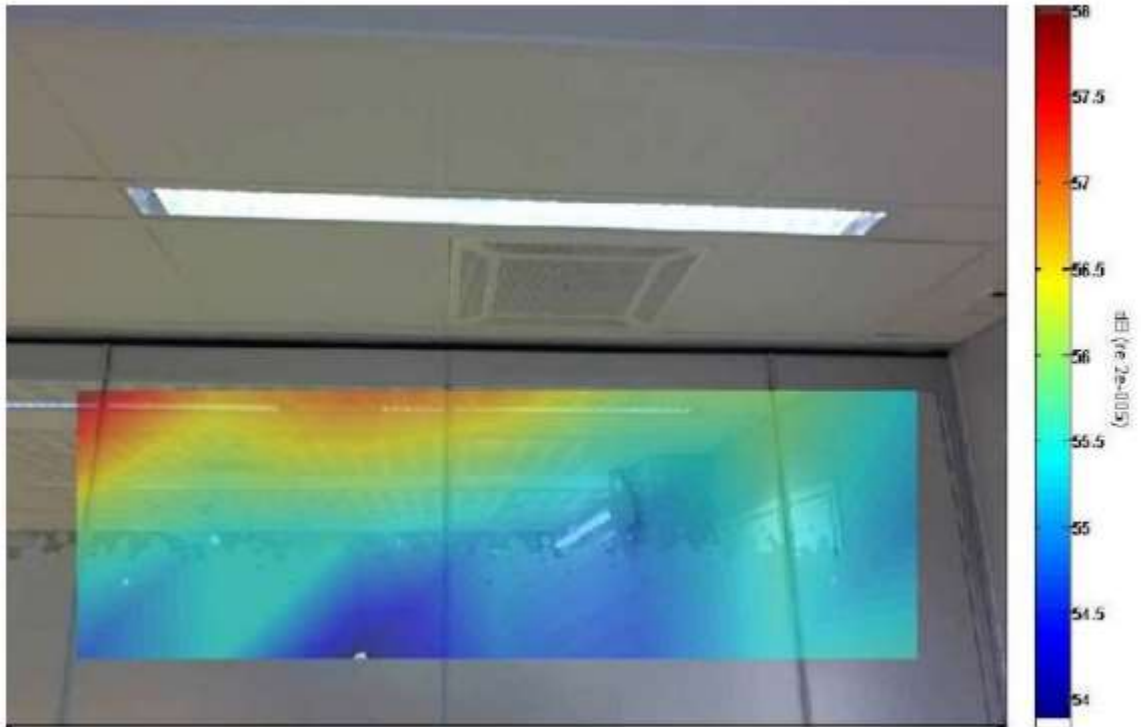
Kuva 29. E-talon liukuväliseinä vuotaa oven alanurkasta.



Kuva 30. E-talon liukuväliseinä yläreuna vuotaa.



Kuva 31. E-talon lasiväliseinän oven ylänurkka vuotaa.



Kuva 32. Vuotokohta E-talon lasiväliseinän saumassa.

7 Johtopäätökset

Ilmaääneneristävyyssmittauksissa selvisi, että kaikkien tutkittujen tilojen välisten rakenteiden ilmaääneneristävyyksiluvut ovat alle standardin SFS5907 antamien vähimmäisarvojen. Standardin SFS5907 ilmaääneneristävyyden vähimmäisarvot ovat oppilashuollon tilalle, jossa käydään luottamuksellisia keskusteluja R'_w 44 dB, ja liikuntatilalle R'_w 60 dB (taulukko 21).

Taulukko 21. Mitattujen ilmaneristävyyksien ja Standardin SFS5907 vähimmäisarvosuositukset.

Tilojen välinen rakenne	Mitattu ilmaääneneristävyys [dB]	Ilmaääneneristävyyden ohjearvo [dB]	Mittauksien ja ohjearvon erotus [dB]
D107/D110	29	44	-15
D107/D111	34	44	-10
D107/D112	32	44	-12
D114/D115	35	44	-9
D114/D116	37	44	-7
E116/E117	23	60	-37

Syitä tilojen väliselle heikolle ilmaääneneristävyydelle on monia. D-talon tutkittujen tilojen väliset ovet osoittautuivat ilmaääneneristävyyden vuotokohtakartoituksessa suurimmaksi ongelmaksi. Ovien tiivisteet olivat paikoittain silmin nähden heikossa kunnossa (kuva 33), ja oven reunoissa havaittiinkin suurta vuotoa. Osassa ovissa havaittiin vuotokohtakartoituksessa vuotoa kahvapuolen nurkissa, mikä voisi viitata huolimattomaan asennustyöhön, kun ovi ei painu joka nurkasta tasaisesti kiinni.



Kuva 33. Tilan D112 ovikynnyksen tiiviste on lähes kokonaan irti, eikä eristä todennäköisesti ääntä siltä odotettavalla tavalla.

Pientä vuotoa löydettiin joistakin D-talon tutkittujen tilojen kojerasioissa, sekä LVI-läpivienneissä. Läpivientien ja kojerasioiden vuodot johtuivat vajavaisesta tiivistyksestä. Läpiviennit olivat toteutettu sähköjohtojen osalta hyvin, mutta ilmanvaihto kanavien, lämmitysputkien, kojerasioiden ja käyttövesiputkien läpivientien tiivistyksessä havaittiin puutteita. Lisäksi joitakin patterien lämpöputkia ei oltu tiivistetty ollenkaan (kuva 34). Kuitenkin kyseisissä läpivienneissä vuoto oli sen verran pientä, ettei sillä ole suurta tekemistä tutkittujen tilojen ääniteknisten ongelmien kannalta. Kuitenkin kaikki vuotokohdat vaikuttavat negatiivisesti tilojen välisten rakenteiden ilmaääneneristävyyteen.



Kuva 34. Patterin lämpöputkien tiivistämätön läpivienti.

D-talon tilojen väliset seinärakenteet itsessään näyttivät vuotokohtakartoituksessa olevan vailla vuotoja. Tästä voi päätellä, että ne on asennettu hyvin, ja vailla kummoisempia rakoja levyjen välillä.

E-talon liikuntasalin ja fysioterapian opetustilan suurimpana ongelmana ilmaääneneristävyyden kannalta oli itse tilojen välinen lasiväliseinä. Seinärakenne vuoti useasta kohtaa ääntä, eikä saavuttanut valmistajan antamaa 35 dB ilmaääneneristävyyttä. Syyksi seinämän huonoon ilmaääneneristävyyteen todettiin jo silmämääräisessä katselmuksessa liukuvan seinän tiivisteet. Yläreunassa oli selviä rakoja tiivisteessä (kuva 36), ja alareunassa tiiviste oli painunut kasaan, paikoittain mutkalle (kuva

35). Näyttäisi siltä, että seinärakenne on asennettu muutaman millin liian alas, kun yläreunan tiiviste ei yllä tiivistämään koko yläreunaa paikoittain.

Alustavan katselmuksen aikana pohdittiin, että vuotokohtia olisi alakaton yläpuolella olevissa taloteknisissä järjestelmissä ja läpivienneissä. Tutkimuksen alettua kuitenkin nopeasti huomasimme, että tilojen välillä ei kulje kuin muutama talotekninen läpivienti, joiden tiivistäminen oli toteutettu hyvin.



Kuva 35. Tilojen E116/E117 välisen lasiväliseinän tiiviste on mutkalla, mikä johtaa äänenvuotoon.



Kuva 36. Tilojen E116/E117 välisen lasiväliseinän ylätiivisteessä rako.

Tikkarinteon D-talon tilojen äänitekniset ongelmat näyttäisivät tutkimuksen tulosten valossa johtuvan huonosta asennustyöstä ja tiivistämisestä. Se, että oliko virheitä tehty jo rakennesuunnittelun

E-talon liikuntasalin ja fysioterapian opetustilan välisen seinärakenteen ongelmat näyttäisivät johtuvan huonosta asennustyöstä lasiväliseinän kanssa, mutta myös rakennesuunnittelussa on puutteita. Niin kuin aikaisemmin mainittiin, liikuntasalin ja sitä ympäröivien tilojen välisen ilmasteneristävyyden tulisi olla $R'w$ 60 dB. Tiloja jakavan lasiväliseinän valmistajan lupaama ilmasteneristävyys on vain 35 dB, joka jää reilusti alle vähimmäisarvon. Suunnitteluvaiheessa tällaisen lasiväliseinän valitseminen tiloja jakamaan on ollut virhe, ja tilojen väliin olisi kannattanut valita perinteinen ääntä eristävä väliseinä. Avattavaa lasiväliseinää oli perusteltu tilojen yhdistämisellä suuremman ryhmän opetustarpeen vuoksi. Kuitenkin liikuntasalin suuren ilmasteneristävyystarpeen vuoksi liikutettavat väliseinät ei ole järkevin ratkaisu, mikäli halutaan saada määräysten mukainen ilmasteneristävyys rakenteiden välille, ja pitää kustannukset kohtuullisina.

Liikuntasalin ja fysioterapian opetustilan välinen talotekninen suunnittelu oli tehty hyvin, sillä tiloja ei oltu yhdistetty talotekniikalla muutamaa sähköläpivientä lukuun ottamatta. Tämä selittyy sillä, että ala- katon yläpuolella tilojen välissä oli paksu palkki, johon ei ole luultavasti saanut tehdä paljoa läpivientejä, jotta rakenteen kantavuus ei heikkenisi. Kuten aikaisemmin mainittiin, avattavan lasiseinän ilmasteneristävyys oli todella huono ja riittämätön tilan käyttötarkoituksen suhteen. Vaikka siis tilojen ilmanvaihdon päätelaitteet olisivat olleet samassa kanaviston haarassa, ei ilmasteneristävyys olisi huonontunut tilojen välillä merkittävästi. Tämä johtuu päätelaitteiden hyvästä äänenvaimennuksesta verrattuna lasiseinän antamaan vaimennukseen.

Tämän tutkimuksen valossa Tikkarinteen tutkituissa tiloissa on tarvetta vielä jatkotoimenpiteille ilmasteneristävyyden parantamiseksi. D-talon ovien tiiveyden parantamiseksi olisi hyvä vielä tehdä korjaustöitä, jotta tilojen ilmasteneristävyys saataisiin vaaditulle tasolle. E-talon lasiväliseinän ylä-, sekä alatiivisteitä voisi mahdollisuuksien mukaan uusia, jotta ilmastenvuotoa saataisiin mahdollisesti pienemmäksi. Kuitenkaan kyseisellä seinärakenteella tuskin saavutettaisiin määräysten mukaista tilojen välistä ilmasteneristävyyttä.

8 Pohdinta

Opinnäytetyössä oli alun perin tarkoitus keskittyä rakenteellisten ja taloteknisten ratkaisujen yhteyttä kohteen ilmasteneristävyyden ongelmiin. Kuitenkin monien rakennelikkausten ja rakennetapaselostuksen puute teki kohteen rakenteiden suunnittelun tarkastelusta lähes mahdotonta. Näin

ollen tutkimuksessa keskittyttiinkin voimakkaasti kohteessa tehtyjen tutkimusten mittaustuloksiin, ja tehtiin johtopäätöksiä niiden pohjalta.

Opinnäytetyön tuloksia voidaan pitää luotettavina, sillä tutkittavassa kohteessa tehdyt tutkimukset on suoritettu useampaan kertaan. Ilmääneneristävyyssmittauksissa tutkimustulokset ovat yhdenmukaisia, pois lukien D-talon remontoitujen tilojen tulokset. Ilmäänen vuotokohtakartoituksessa luotettavuutta lisää kahden eri tutkimusmenetelmän käyttö (Scan & Listen sekä Scan & Paint).

Tulevaisuudessa tämän opinnäytetyön tuloksille on käyttöä mahdollisten korjaustoimenpiteiden yhteydessä. Jatkotutkimuksia kohteessa olisi hyvä suorittaa korjaustoimenpiteiden jälkeen. Näissä tutkimuksissa voisi ainakin suorittaa ilmääneneristävyyssmittaukset korjatuissa tiloissa, jotta saataisiin näyttöä korjaustoimenpiteiden toimivuudesta.

Lähteet

1. CPC Finland Oy. 2014. Huso-Pöylä tuulivoimaosayleiskaava 21.5.2014 – Melu-selvitys
2. Dir-air. 2018. Air-In® Äänenvaimennuspatruuna asennus- ja huolto-ohje http://www.dirair.fi/assets/files/ohjeet/p%C3%A4ivitetyt/nenvaimennuspatruuna_ohje_2017.pdf. 28.4.2018
3. Fortum Power and Heat Oy. 2012. Suomenojan voimalaitoksen melumallinnus 2012
4. Halme, A & Seppänen, O. 2002. Ilmastoinnin äänitekniikka. ISBS 951-98811-2-3
5. Kylliäinen, M. 2006. Talonrakentamisen akustiikka. Tampere: Tampereen yliopisto opetusmateriaali. ISBN 978-952-15-2712-8
6. Paroc Oy. 2017. Ääni. <http://www.paroc.fi/knowhow/aani/aaneneristys>. 25.4.2018
7. Puuinfo Oy. 2004. Ääneneristys puutalossa. <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/aaneneristys-puutalossa/koko-ohje.pdf>. 25.4.2018
8. Rakennustieto Oy. 2002. Talotekniikka RYL 2002: Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2002: Osa 1. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS
9. Rakennustieto Oy. 2007. RT 82-10903 Väliseinärakenteita. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS
10. Rakennustieto Oy. 2002. LVI 30-10333 ILMANVAIHTOLAITTEIDEN ÄÄNITEKNINEN SUUNNITTELU JA ÄÄNENVAIMENNUS ASUINRAKENNUKSISSA. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS
11. Rakennustieto Oy. 2001. LVI 20-10328 VESI- JA VIEMÄRILAITTEIDEN ÄÄNITEKNINEN SUUNNITTELU JA ÄÄNENVAIMENNUS. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS
12. RIL ry. 2007. RIL243-2-2007, Rakennusten akustinen suunnittelu, oppilaitokset, auditoriot, liikuntatilat ja kirjastot. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. ISBN 978-951-758-483-8
13. RIL ry. 2007. 243-1-2007, Rakennusten akustinen suunnittelu, akustiikan perusteet. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2007. ISBN 978-951-758-477-7.

14. Sosiaali- ja terveysministeriö. 2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545#Pidp450196368>.
25.4.2018
15. Sisäilmayhdistys ry. 2008. Fysikaaliset tekijät.
<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Fysikaaliset-tekijat>. 29.04.2018
16. Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry. 2013. SFS ISO EN 717-1, Akustiikka. Helsinki. Metalliteollisuuden standardisointiyhdistys ry
17. Ympäristöministeriö. 1998. C1. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Helsinki: Ympäristöministeriö
18. Ympäristöministeriö. 2003. Rakennuksen julkisivun ääneneristävyden mitoittaminen. Helsinki: Ympäristöministeriö. ISBN 951-11-1508-4
19. Ympäristöministeriö. 2017. Asetus rakennuksen ääniympäristöstä.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170796>. 25.4.2018

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16



Ilmaäänennmittausraportti

Karelia-ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio

KARELIA-AMK
Tikkariinne-kampus
D-talo, 1. kerros

Mittaukset 18.10.2016

ILMAÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

ILMAÄNENMITTAUSRAPORTTI**KOHTEEN YLEISTIEDOT****KOHDE JA OSOITE**

Äänimittauskohteena oli Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus, joka koostuu noin neljästä osasta. Tarkastelun kohteena oli D-talon 1. kerroksessa sijaitsevia työtiloja. Tikkarinne-kampus sijaitsee osoitteessa Tikkarinne 9, 80200 Joensuu.

TUTKIMUKSEN TILAAJA

Tutkimuksen tilaajana on Karelia-ammattikorkeakoulun Toimitilapalvelusta toimitilapäällikkö Matti Hyppänen.

TUTKIMUKSEN TAVOITE

Äänimittauksien tavoitteena oli selvittää 1. kerroksen valittujen huoneiden väliseinien ja väliovien ilmaääneneristävyyttä vastaanottotilojen ja odotustilojen välillä.

TUTKIMUKSEN TEKIJÄT

Laboratorioinsinööri Riku Tiira, Karelia-ammattikorkeakoulu suoritti kaikki ilmaäänimittaukset sekä pinta-alojen ja huonetilavuuksien määrittäykset.

TUTKIMUSAJANKOHTA

Ilmaäänimittaukset suoritettiin 18.10.2016 klo 15:00 – 18:00 välisenä aikana.

KUVAUS KOHTEESTA

Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus on rakennuksena monimuotoinen. Osissa on eri toimintoja, hallintoa, opiskelupalveluita, kirjasto, ravintola, opetustiloja sekä muita toimintaan liittyviä alueita. Kampusrakennusta on peruskorjattu kuluvan vuosikymmenen aikana lähes kauttaaltaan.

Mittavat tilat ovat vastaanottotiloja ja niihin liittyviä odotustiloja, joiden välisten väliseinien rakennetyyppi on VS4 ja väliovien ääneneristävyyden luokitusmerkintä on dB 35.

ILMAÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

MENETELMÄT JA HAVAINNOT

Väliseinien ja välipohjan ilmääneneristävyydet mitattiin standardin SFS- EN ISO 16283-1 *Acoustics. Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation (ISO 16283-1:2014)* mukaisesti. Standardi on vahvistettu 31.3.2014. Raportti on koostettu SFS-EN 16283-1 mukaan ja tulokset on esitetty standardin SFS-EN ISO 717-1:2013 mukaisesti.

Tuloksissa R'_w on kenttämittauksilla määritetty rakenneosan ilmääneneristävyytluku. Se ei erittele ovi- ja ikkunaosuuksia tai seinän eri materiaaleja lasista kipsilevyyn tai tiileen vaan nimenomainen ilmaneristävyytluku kuvaa koko kyseisen rakenneosan ilmääneneristävyyttä. Myöskään mahdollisia sivutiesiirtymiä ei tällä mittausmenetelmällä voida määrittää tai eritellä. Sivutiesiirtymät vaikuttavat kentällä mitattavan rakenneosan läpi pääsevän äänen ominaisuuksiin ja ne muodostavat käytännössä yhdessä rakenneosan kanssa ilmääneneristävyyden.

Tutkittavista tiloista mitattiin ja määritettiin niitä erottavan yhteisen rakenneosan pinta-ala sekä mittausmelua vastaanottavien tilojen ilmatilavuus. Ilmäänenmittauksissa äänisignaalina käytettiin vaaleanpunaista kohinaa (pink noise), jossa kohinateho kasvaa matalampia taajuuksia kohti ja ottaa huomioon ihmisen kuuloaluetta, joka ei ole suora taajuuksien suhteen. Mittausäänepaineen tulee olla vähintään 10 dB-yksikköä yli taustamelun tason.

Lähetävässä tilassa mitattiin vaaleanpunaisen kohinan äänenpaine, L1. Vastaanottavassa tilassa mitattiin rakenteen läpi tulevan saman tuotetun äänenpaineen, L2, lisäksi tilan jälkikaiunta-aika, T, sekä taustamelu, Lb. Mittalaite oli NorSonic Nor140 äänimittari, mitattava kohina tuotettiin Nor280 – vahvistimella ja Nor276 6-elementtisellä puolipallon muotoisella kaiuttimella. Tulokset käsiteltiin Norsonic NorBuild-sovelluksella. Mittalaitteen näyttölukemataso kalibroitiin ennen ja jälkeen mittauksen Nor1251-kalibraattoria käyttäen. Mittalaite ja kalibrointilaitte on kalibroitu valmistajalla syyskuussa 2016.

Äänilähde oli väliseinien mittauksissa melua vastaanottavan tilan viereisessä tilassa niin, että lähetävä tila on suurempi ja vastaanottava tila pienempi näistä kahdesta. Mittauksia tehtiin pyörivällä mikrofonilla kahdesta eri äänilähteen sekä kahdesta eri mittauspisteen sijainnista jokaisessa mittauksessa.

Mitattaessa taustamelua, jälkikaiunta-aikaa sekä lähetävän tai vastaanottavan tilan äänenpainetta, tiloihin liittyvät ovet olivat mittauksen aikana suljettuja. Ilmanvaihtoon ei kohdistettu mitään toimenpiteitä. Odotustilasta D107 poistettiin seinältä kello mittauksen ajaksi.

Mitattaessa vastaanottavaan tilaan tulevaa äänenpainetta, oli korvakuulolta havaittavissa kohinan olevan selvintä ja voimakkainta väliovien läheisyydessä. Väliovissa oli havaittavissa jonkin verran välystä ovilevyn ja karmin välillä. Kun painoi väliovea karmia vasten kiinnemmäksi mittauskohinan ollessa vielä päällä, oli yksittäisten otosten perusteella läpitulevassa melun määrässä eroa 3..4 dB – yksikön verran. Oven painaminen vähensi läpi tulevaa melua korvin kuultavasti.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

TULOKSET

D110 Vastanotto ja D107 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyyksluvuksi mitattiin

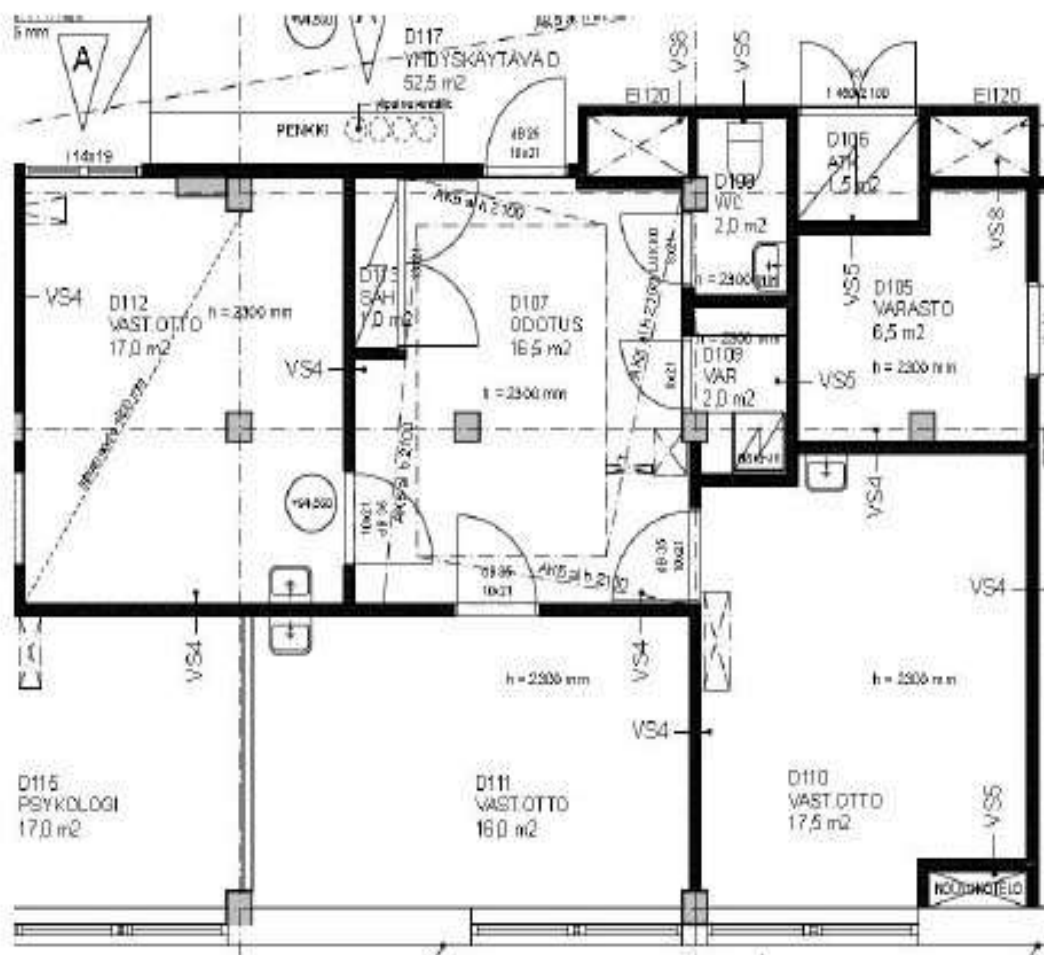
$$R'_w (C;C_{tr}) = 19 (0; 1) \text{ dB.}$$

D111 Vastanotto ja D107 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyyksluvuksi mitattiin

$$R'_w (C;C_{tr}) = 26 (-1; 1) \text{ dB.}$$

D112 Vastanotto ja D107 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyyksluvuksi mitattiin

$$R'_w (C;C_{tr}) = 22 (-1; 1) \text{ dB.}$$



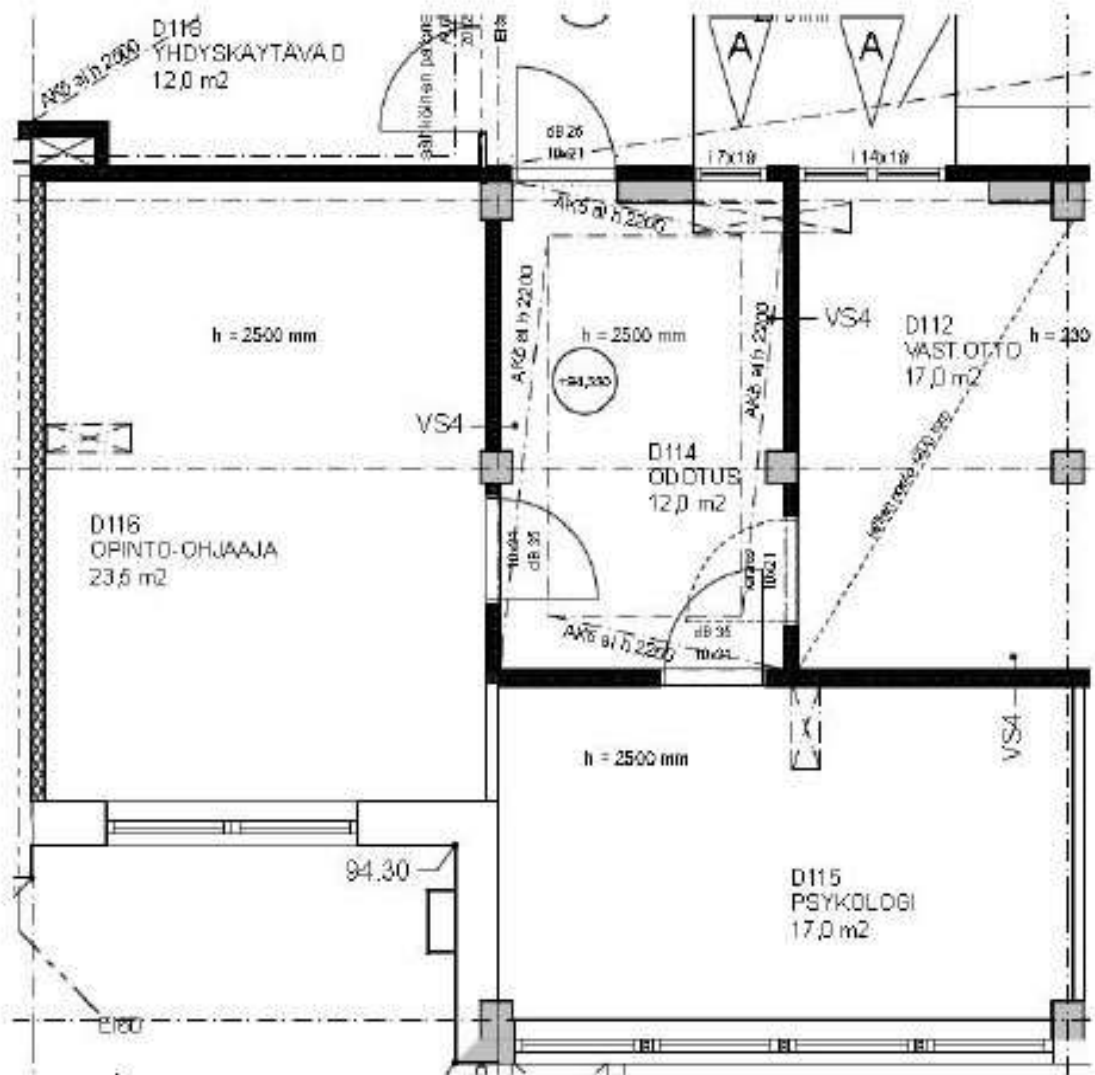
ILMAÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

D115 Vastaanotto ja D114 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyyksiluvuksi mitattiin

$$R'_w (C;C_{tr}) = 22 (-1; 1) \text{ dB.}$$

D116 Vastaanotto ja D114 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyyksiluvuksi mitattiin

$$R'_w (C;C_{tr}) = 25 (-1; 1) \text{ dB.}$$



ILMAÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

Spektriadaptaatiotermejä C ja C_{tr} käytetään tuloksissa luonnehtimaan ääneneristävyyttä monen tyyppisen melun suhteen. Spektriadaptaatiotermiä C käytetään ottamaan huomioon muun muassa puheen tai musiikin aiheuttamaa melua ja termiä C_{tr} käytetään liikennemelun vaikutusta ääneneristävyytlukuun.

Tilojen väliseen ilmaääneneristävyyteen liittyy suoraan tilojen välissä olevan rakenneosan ominaisuuksien lisäksi myös ympäröivät rakenneosat ja talotekniikka, joita pitkin ääni/melu voi johtumalla tai ilmaitse myös edetä. Kyseessä on tällöin niin kutsuttu sivutiesiirtymä. Kenttämittauksissa sivutiesiirtymän osutta kokonaisuuteen ei standardin SFS- EN ISO 16283-1 menetelmällä voida erotella.

Liitteessä 1 on esitetty tarkemmin ääneneristävyyssmittausten tulokset ja niitä kuvaavat käyrät mitatuilla taajuusalueilla.

Äänimittaustulosten toistettavuus on noin $\pm 1,5$ dB. Toistettavuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä seuraavaa: vaikka itse mittaus onkin tarkempi, mittarin paikka tilassa, siirrettävien huonekalujen paikat, paikalla olevat irtotavarat, mittaushenkilöiden paikat yms. seikat voivat vaikuttaa mittaustulokseen. Tämän vuoksi samalla menetelmällä tehdystä uusintamittauksesta ei saada todennäköisesti aivan samaa tulosta. Tässä tapauksessa oletettu ero kahden eri mittauksen välillä on suurimmillaan 3 dB ($\pm 1,5$ dB molemmissa).

Joensuussa 21.10.2016

Riku Tiira

Riku Tiira, RI, Laboratorioinsinööri

Liite 1: Ilmäänimittausten tulokset, väliseinät ja väliovet,
6 sivua

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

LIITE 1, ilmaäänimittausten tulokset kuvaajana ja taulukossa.

Kuvaajassa sininen käyrä on sivun vasemman puoleisen reunan taulukon arvojen kuvaaja. Punainen käyrä on standardin SFS-EN ISO 717-1 perusteella muunnettu kuvaaja 100 Hz – 3150 Hz välillä mitattujen taajuuksien arvoista. Ilmaääneneristävyyysluku R'_w on punaisen käyrän 500 Hz kohdalla oleva arvo. Suurempi luku on parempi luku.

Liitteessä olevat tiloja erottavien väliseinien pinta-alat ja huoneiden tilavuudet on mitattu ja laskettu suunnitelmapiirustuksista sekä tarkistettu paikan päältä. Mitattavaa melua lähettävän tilan tilavuus ei vaikuta mittauksen lopputulokseen. Vastaanottavan tilan tilavuus on käytännössä tuloksiin merkityksellinen $\pm 1 \text{ m}^3$ tarkkuudella.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

Norsonic Brechbühl AG

D110 - D107_161018_0010.NBF

20.10.2016

Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

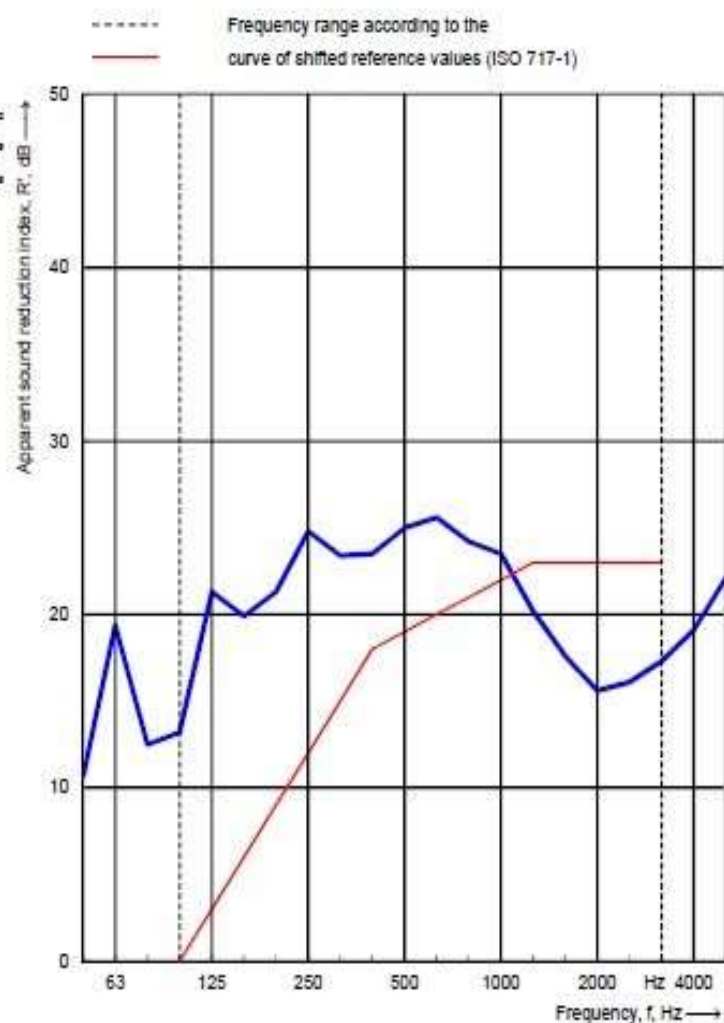
Client: Karelia-amk, Toimitilapalvelut
 Description: Ilmaääneneristävyyksmittauksia Tikkarinteellä
 D-talo, 1. kerros

Date of test: 16.10.2016

Object: D110 Vastaanotto - D107 Odotustila

Area S of separating element: 2,60 m²
 Source room volume: m³
 Receiving room volume: 36,3 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	10,7
63	19,4
80	12,5
100	13,2
125	21,3
160	19,9
200	21,3
250	24,8
315	23,4
400	23,5
500	25,0
630	25,6
800	24,2
1000	23,5
1250	20,2
1600	17,6
2000	15,6
2500	16,1
3150	17,3
4000	19,1
5000	22,1



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_{tr}) = 19 (0 ; 1) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained
 in one-third-octave bands by an engineering method.

C₅₀₋₃₁₅₀ = 0 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = 0 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = 0 dB
 C_{e,50-3150} = 1 dB C_{e,50-5000} = 1 dB C_{e,100-5000} = 1 dB

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 20.10.2016

Signature:



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

Norsonic Brechbühl AG

D111 - D107_161018_0011.NBF

20.10.2016

Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

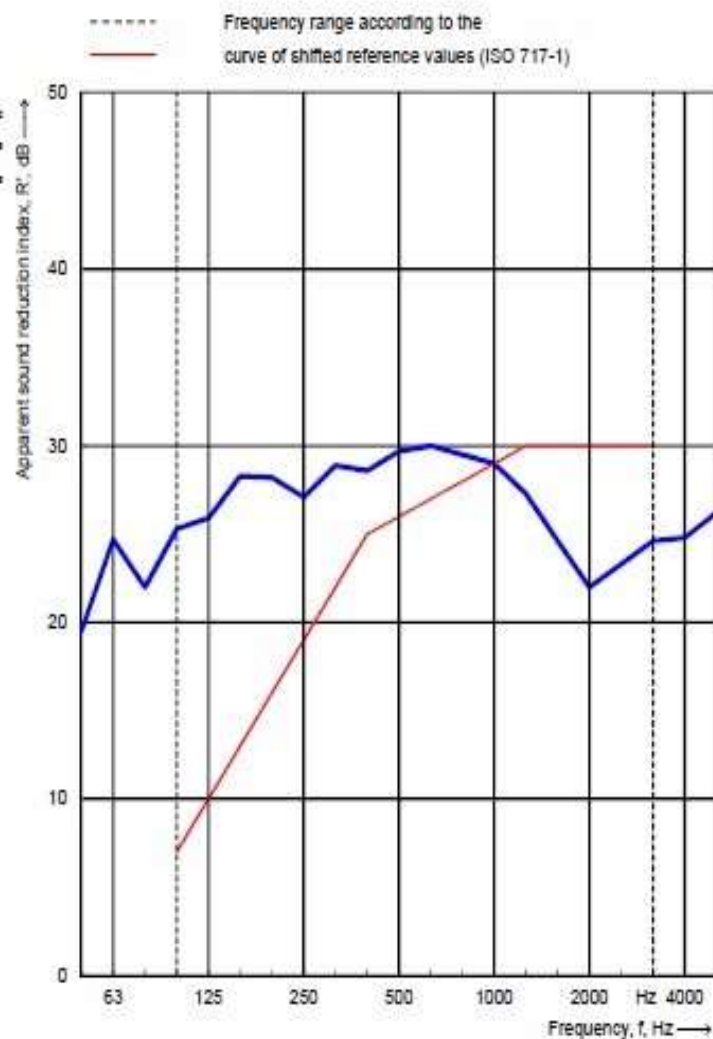
Client: Karelia-amk, Tolmittilapalvelut
 Description: Ilmaääneneristävyyssmittauksia Tikkarinteellä
 D-talo, 1. kerros

Date of test: 18.10.2016

Object: D111 Vastaanotto - D107 Odotustila

Area S of separating element: 8,40 m²
 Source room volume: m³
 Receiving room volume: 36,3 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	19,5
63	24,7
80	22,0
100	25,3
125	25,9
160	28,3
200	28,2
250	27,1
315	28,9
400	28,6
500	29,7
630	30,0
800	29,5
1000	29,0
1250	27,3
1600	24,6
2000	22,0
2500	23,3
3150	24,6
4000	24,8
5000	26,2



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_{tr}) = 26 (-1 ; 1) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained
 in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$
 $C_{e,50-3150} = 0 \text{ dB}$ $C_{e,50-5000} = 0 \text{ dB}$ $C_{e,100-5000} = 0 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 20.10.2016

Signature:



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

Norsonic Brechbühl AG

D112 - D107_161018_0012.NBF

20.10.2016

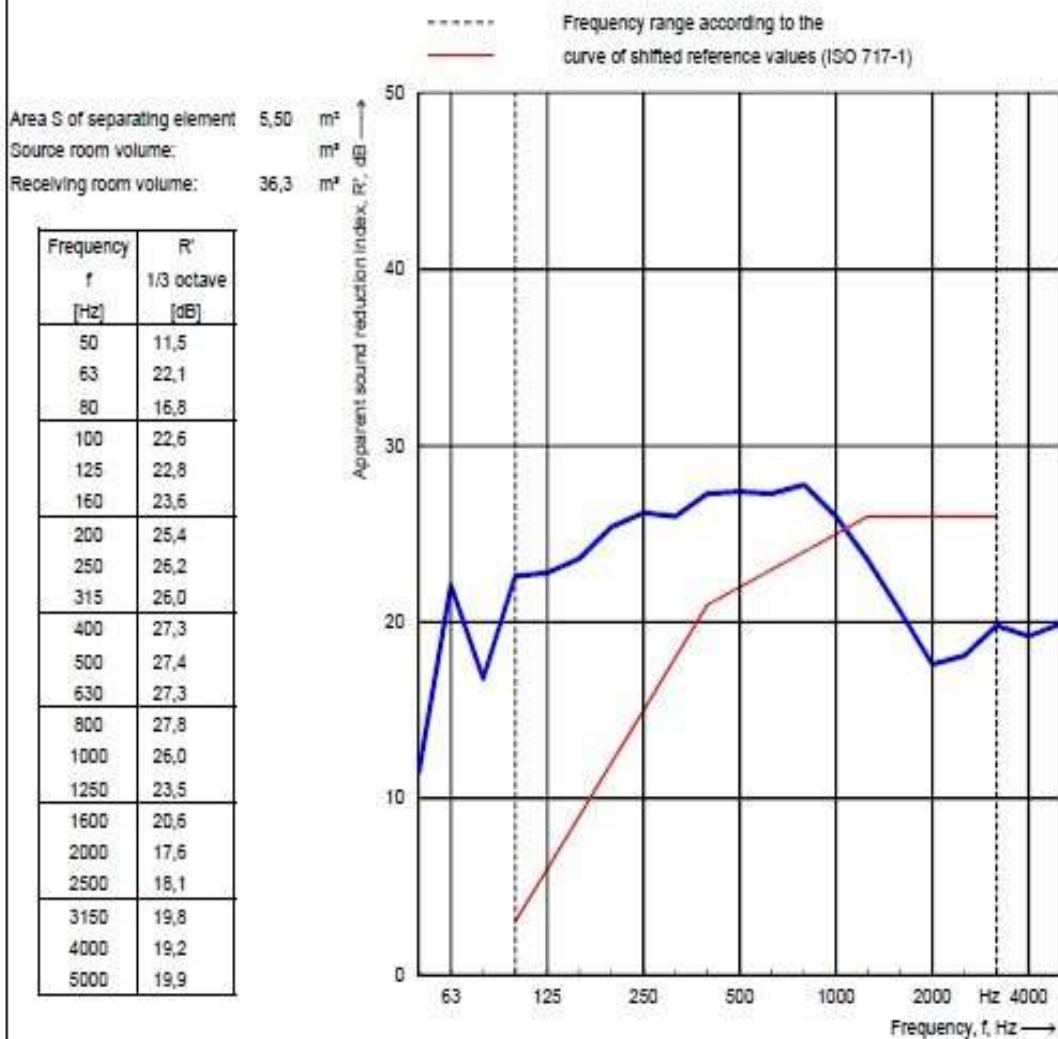
Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

Client: Karelia-amk, Toimitilapalvelut
 Description: Ilmaääneneristävyyksmittauksia Tikkarinteellä
 D-talo, 1. kerros

Date of test: 18.10.2016

Object: D112 Vastaanotto - D107 Odotustila



Rating according to ISO 717-1

 $R'_a(C;C_b) = 22 (-1 ; 1) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$
 $C_{e,50-3150} = 0 \text{ dB}$ $C_{e,50-5000} = 0 \text{ dB}$ $C_{e,100-5000} = 0 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 20.10.2016

Signature:



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

Norsonic Brechbüh AG

D115 - D114_161016_0005.NBF

20.10.2016

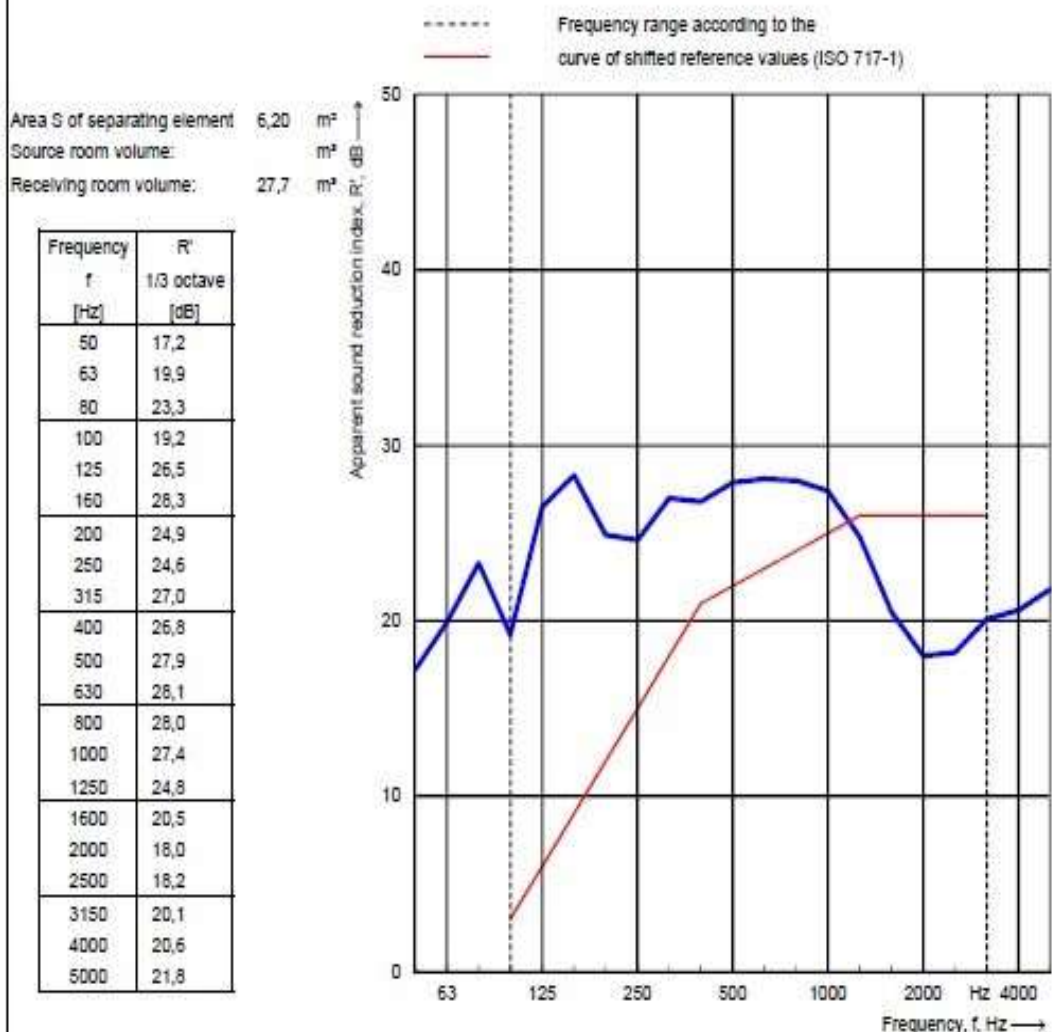
Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

Client: Karelia-amk, Tolmitilapalvelut
 Description: Ilmaääneneristävyyksmittauksia Tikkarinteellä
 D-talo, 1. kerros

Date of test: 18.10.2016

Object: D115 Vastaanotto - D114 Odotustila



Rating according to ISO 717-1

 $R'_{w}(C;C_{tr}) = 22 (-1 ; 1) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained
 in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$
 $C_{9,50-3150} = 1 \text{ dB}$ $C_{9,50-5000} = 1 \text{ dB}$ $C_{9,100-5000} = 1 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 20.10.2016

Signature:



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

Norsonic Brecht&Hl AG

D116 - D114_161016_0007.NBF

20.10.2016

Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

Client: Karelia-amk, Toimittilapalvelut

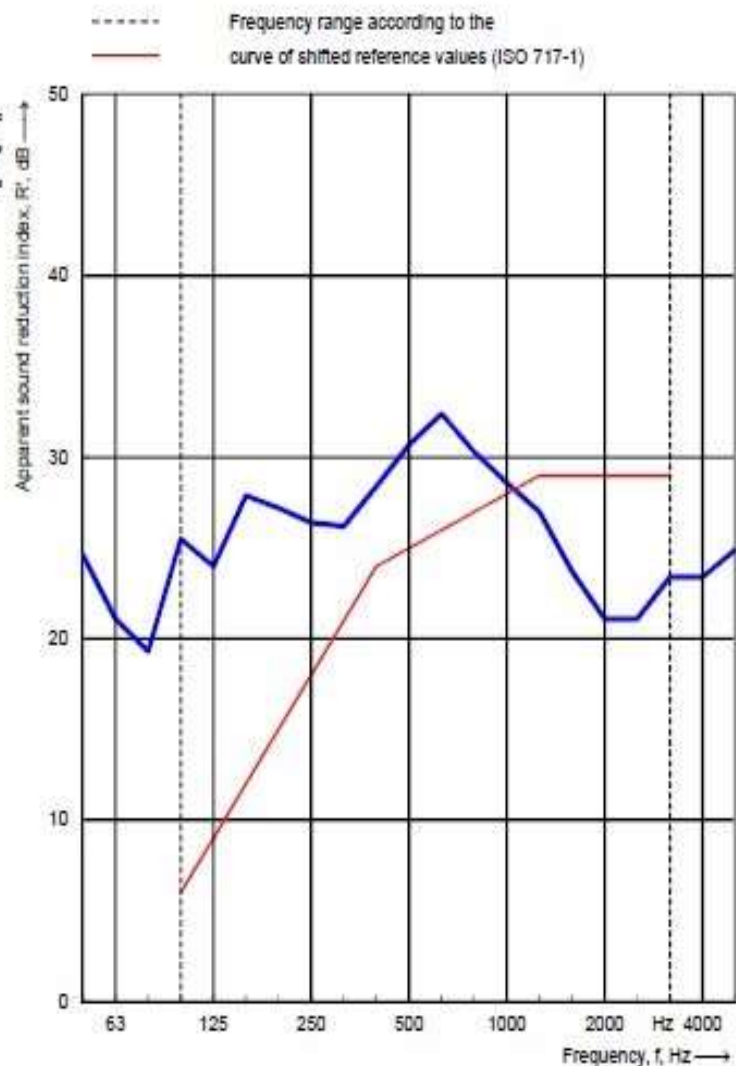
Date of test: 18.10.2016

Description: Ilmaääneneristävyyksmittauksia Tikkarinteellä
D-talo, 1. kerros

Object: D116 Vastaanotto - D114 Odotustila

Area S of separating element: 9,90 m²
Source room volume: m³
Receiving room volume: 27,7 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	24,6
63	21,1
80	19,3
100	25,5
125	24,0
160	27,9
200	27,2
250	26,4
315	26,2
400	28,4
500	30,7
630	32,4
800	30,3
1000	28,6
1250	27,0
1600	23,7
2000	21,1
2500	21,1
3150	23,4
4000	23,4
5000	24,9



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_{tr}) = 25 (-1 ; 1) \text{ dB}$ Evaluation based on field measurements results obtained
in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$	$C_{50-5000} = -1 \text{ dB}$	$C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$
$C_{e,50-3150} = 1 \text{ dB}$	$C_{e,50-5000} = 0 \text{ dB}$	$C_{e,100-5000} = 1 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 20.10.2016

Signature:



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17



Ilmaäänennmittausraportti

Karelia-ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio

KARELIA-AMK
Tikkariinne-kampus
D-talo, 1. kerros

Mittaukset 2.6.2017

ILMAÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

ILMAÄNENMITTAUSRAPORTTIKOHTIEN YLEISTIEDOTKOHDE JA OSOITE

Äänimittauskohteena oli Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus, joka koostuu noin neljästä osasta. Tarkastelun kohteena oli D-talon 1. kerroksessa sijaitsevia työtiloja. Tikkarinne-kampus sijaitsee osoitteessa Tikkarinne 9, 80200 Joensuu.

TUTKIMUKSEN TILAAJA

Tutkimuksen tilaajana on Karelia-ammattikorkeakoulun Toimitilapalvelusta toimitilapäällikkö Matti Hyppänen.

TUTKIMUKSEN TAVOITE

D-talon ensimmäisen kerroksen vastaanottohuoneiden ja odotustilojen välillä tehtiin ensimmäisen kerran ilmaäänimittauksia 18.10.2016. Väliovia oli korjattu kyseisen mittauskerran jälkeen. Tämän mittauksen tavoitteena oli selvittää minkä verran korjaukset ovat parantaneet huonetilojen välistä ilmaääneneristävyyttä.

TUTKIMUKSEN TEKIJÄT

Laboratorioinsinöörit Riku Tiira ja Hannu Tolvanen, Karelia-ammattikorkeakoulu suorittivat kaikki ilmaäänimittaukset.

TUTKIMUSAJANKOHTA

Ilmaäänimittaukset suoritettiin 2.6.2017 klo 14:30 – 16:00 välisenä aikana.

KUVAUS KOHTEESTA

Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus on rakennuksena monimuotoinen. Osissa on eri toimintoja, hallintoa, opiskelupalveluita, kirjasto, ravintola, opetustiloja sekä muita toimintaan liittyviä alueita. Kampusrakennusta on peruskorjattu kuluvan vuosikymmenen aikana lähes kauttaaltaan.

Mittavat tilat ovat vastaanottotiloja ja niihin liittyviä odotustiloja, joiden välisten väliseinien rakennetyyppi on VS4 ja väliovien ääneneristävyyden luokitusmerkintä on dB 35.

ILMAÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

MENETELMÄT JA HAVAINNOT

Väliseinien ja välipohjan ilmäeneristävyydet mitattiin standardin SFS- EN ISO 16283-1 *Acoustics. Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation (ISO 16283-1:2014)* mukaisesti. Standardi on vahvistettu 31.3.2014. Raportti on koostettu SFS-EN 16283-1 mukaan ja tulokset on esitetty standardin SFS-EN ISO 717-1:2013 mukaisesti.

Tuloksissa R'_w on kenttämittauksilla määritetty rakenneosan ilmäeneristävyyysluku. Se ei erittele ovi- ja ikkunaosuuksia tai seinän eri materiaaleja lasista kipsilevyyn tai tiileen vaan nimenomainen ilmaneristävyyysluku kuvaa koko kyseisen rakenneosan ilmäeneristävyyttä. Myöskään mahdollisia sivutiesiirtymiä ei tällä mittausten menetelmällä voida määrittää tai eritellä. Sivutiesiirtymät vaikuttavat kentällä mitattavan rakenneosan läpi pääsevän äänen ominaisuuksiin ja ne muodostavat käytännössä yhdessä rakenneosan kanssa ilmäeneristävyyden.

Tutkittavista tiloista mitattiin ja määritettiin niitä erottavan yhteisen rakenneosan pinta-ala sekä mittausmelua vastaanottavien tilojen ilmatilavuus. Ilmäeneristämismittauksissa äänisignaalina käytettiin vaaleanpunaista kohinaa (pink noise), jossa kohinateho kasvaa matalampia taajuuksia kohti ja ottaa huomioon ihmisen kuuloaluetta, joka ei ole suora taajuuksien suhteen. Mittausäänepaineen tulee olla vähintään 10 dB-yksikköä yli taustamelun tason.

Lähekkäisessä tilassa mitattiin vaaleanpunaisen kohinan äänenpaine, L1. Vastaanottavassa tilassa mitattiin rakenteen läpi tulevan saman tuotetun äänenpaineen, L2, lisäksi tilan jälkikaiunta-aika, T, sekä taustamelu, Lb. Mittalaite oli NorSonic Nor140 äänimittari, mitattava kohina tuotettiin Nor280 – vahvistimella ja Nor276 6-elementtisellä puolipallon muotoisella kaiuttimella. Tulokset käsiteltiin Norsonic NorBuild-sovelluksella. Mittalaitteen näyttölukemataso kalibroitiin ennen ja jälkeen mittausten Nor1251-kalibraattoria käyttäen. Mittalaite ja kalibrointilaitte on kalibroitu valmistajalla syyskuussa 2016.

Äänilähde oli väliseinien mittauksissa melua vastaanottavan tilan viereisessä tilassa niin, että lähettävä tila on suurempi ja vastaanottava tila pienempi näistä kahdesta. Mittauksia tehtiin käsin pyöritetyllä mikrofoniolla kahdesta eri äänilähteen sekä kahdesta eri mittauspisteen sijainnista jokaisessa mittauksessa.

Mitattaessa taustamelua, jälkikaiunta-aikaa sekä lähettävän tai vastaanottavan tilan äänenpainetta, tiloihin liittyvät ovet olivat mittausten aikana suljettuja. Ilmanvaihtoon ei kohdistettu mitään toimenpiteitä.

Mitattaessa vastaanottavaan tilaan tulevaa äänenpainetta, oli korvakuuloilta havaittavissa kohinan olevan selvintä D107 Odotustilan ilmanvaihdon tuloilman venttiilin läheisyydessä. Joissain väliovissa oli edelleen pientä vällystä ovilevyn ja karmin välillä. Ovilevyn tiivisteiden kulmaliitoksissa oli joissain ovissa rakoa ja toisissa ei. Vastaanottotilan D112 oven havaittiin erityisesti olevan tarkistamisen tarpeessa. Oven painaminen muutti läpi tulevan kohinan laatua korvin kuultavasti.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

TULOKSET

D110 Vastaanotto ja D107 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyyksiksi mitattiin

$$R'_w (C;C_{tr}) = 19 (0; 1) \text{ dB. } 18.10.2016$$

$$R'_w (C;C_{tr}) = 29 (-1; -1) \text{ dB. } 2.6.2017$$

D111 Vastaanotto ja D107 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyyksiksi mitattiin

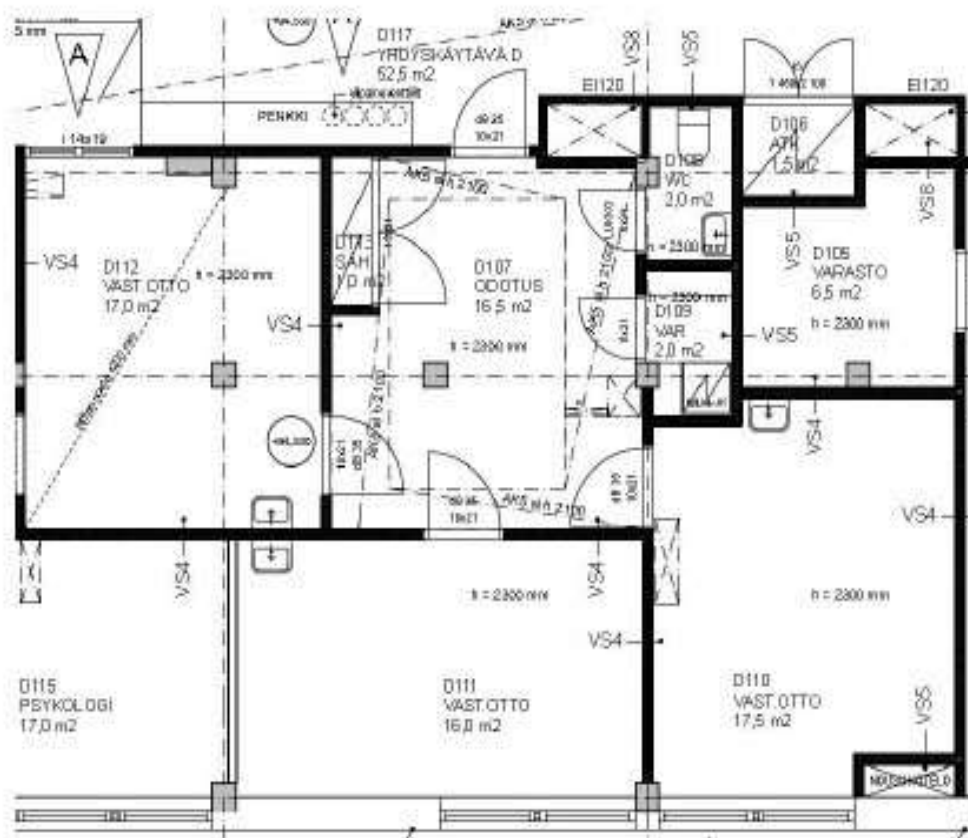
$$R'_w (C;C_{tr}) = 26 (-1; 1) \text{ dB. } 18.10.2016$$

$$R'_w (C;C_{tr}) = 34 (0; 0) \text{ dB. } 2.6.2017$$

D112 Vastaanotto ja D107 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyyksiksi mitattiin

$$R'_w (C;C_{tr}) = 22 (-1; 1) \text{ dB. } 18.10.2016$$

$$R'_w (C;C_{tr}) = 32 (0; 0) \text{ dB. } 2.6.2017$$



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

Spektriadaptaatiotermejä C ja C_T käytetään tuloksissa luonnehtimaan ääneneristävyyttä monen tyyppisen melun suhteen. Spektriadaptaatiotermiä C käytetään ottamaan huomioon muun muassa puheen tai musiikin aiheuttamaa melua ja termiä C_T käytetään liikennemelun vaikutusta ääneneristävyytlukuun.

Tilojen väliseen ilmääneneristävyyteen liittyy suoraan tilojen välissä olevan rakenneosan ominaisuuksien lisäksi myös ympäröivät rakenneosat ja talotekniikka, joita pitkin ääni/melu voi johtumalla ja/tai ilmaitse myös edetä. Kyseessä on tällöin niin kutsuttu sivutiesiirtymä. Kenttämittauksissa sivutiesiirtymän osutta kokonaisuuteen ei standardin SFS- EN ISO 16283-1 menetelmällä voida erotella.

Liitteessä 1 on esitetty tarkemmin ääneneristävyyssmittausten tulokset ja niitä kuvaavat käyrät mitatuilla taajuusalueilla.

Äänimittaustulosten toistettavuus on noin $\pm 1,5$ dB. Toistettavuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä seuraavaa: vaikka itse mittaus onkin tarkempi, mittarin paikka tilassa, siirrettävien huonekalujen paikat, paikalla olevat irtotavarat, mittaushenkilöiden paikat yms. seikat voivat vaikuttaa mittaustulokseen. Tämän vuoksi samalla menetelmällä tehdystä uusintamittauksesta ei saada todennäköisesti aivan samaa tulosta. Tässä tapauksessa oletettu ero kahden eri mittauksen välillä on suurimmillaan 3 dB ($\pm 1,5$ dB molemmissa).

Joensuussa 6.6.2017

Riku Tiira

Riku Tiira, RI, Laboratorioinsinööri

Liite 1: Ilmäänimittausten tulokset, väliseinät ja väliovet,
6 sivua

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

LIITE 1, ilmääänimittausten tulokset kuvaajana ja taulukossa.

Kuvaajassa sininen käyrä on sivun vasemman puoleisen reunan taulukon arvojen kuvaaja. Punainen käyrä on standardin SFS-EN ISO 717-1 perustein muunnettu kuvaaja 100 Hz – 3150 Hz välillä mitattujen taajuuksien arvoista. Ilmäääneneristävyyysluku R'_w on punaisen käyrän 500 Hz kohdalla oleva arvo. Suurempi luku on parempi ilmäääneneristävyyysluku.

Liitteessä olevat tiloja erottavien väliseinien pinta-alat ja huoneiden tilavuudet on mitattu ja laskettu suunnitelmapäristuksista sekä tarkistettu paikan päältä. Mitattavaa melua lähettävän tilan tilavuus ei vaikuta mittauksen lopputulokseen. Vastaanottavan tilan tilavuus on käytännössä tuloksiin merkityksellinen $\pm 1 \text{ m}^3$ tarkkuudella.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

Norsonic Brechtbühl AG

D110 - D107

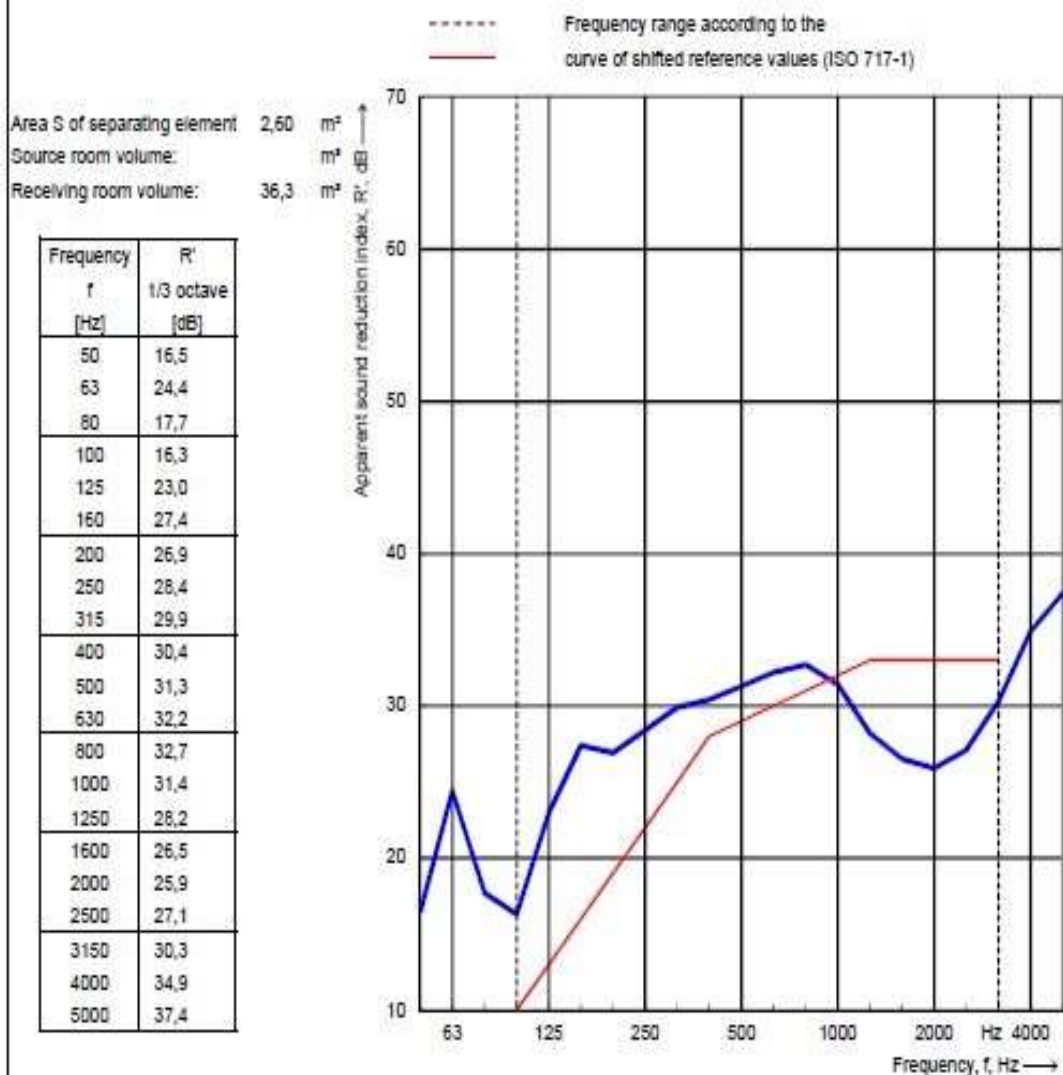
6.6.2017

Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

Client: Karelia-amk, Toimitilapalvelut Date of test: 2.6.2017
 Description: Ilmaääneneristävyyksmittauksia huonetilojen välillä vaakasuuntaan.
 Tikkarinne, D-talo, 1. kerros

Object: D110 Vastaanotto - D107 Odotustila



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_b) = 29 (-1 ; -1) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = 0 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = 0 \text{ dB}$
 $C_{b,50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{b,50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{b,100-5000} = -1 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 06.06.2017

Riko Taira



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

Norsonic Brechtöhl AG

D111 - D107

6.6.2017

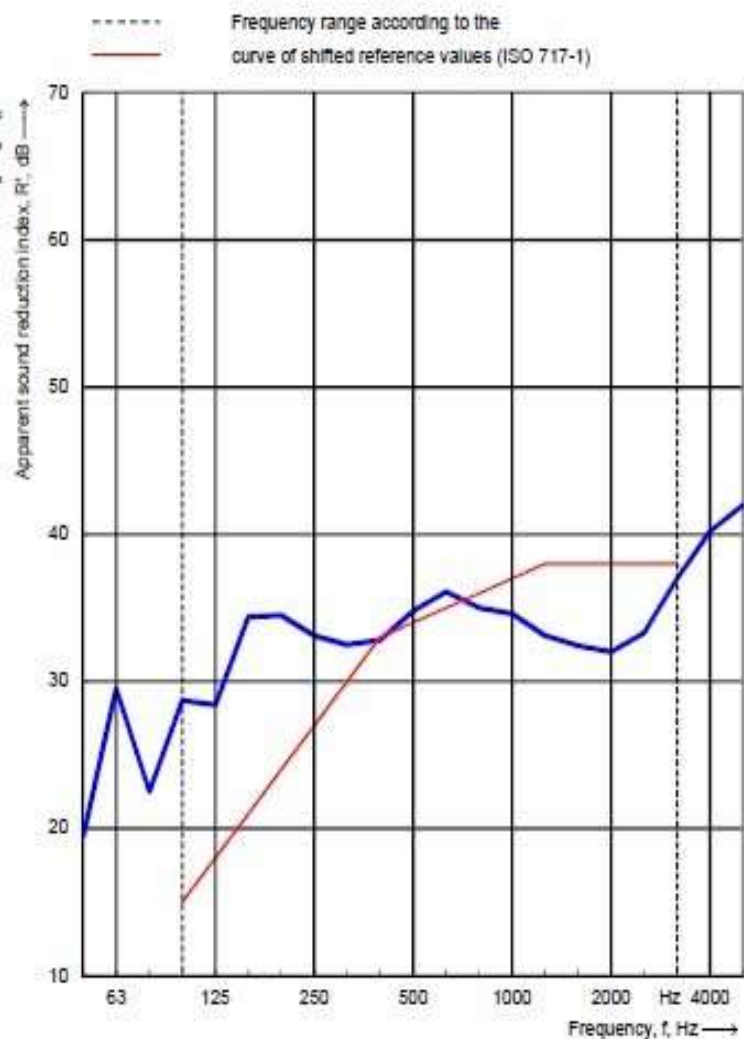
Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

Client: Karelia-amk, Toimitilapalvelut Date of test: 2.6.2017
 Description: Ilmaääneneristävyyksmittauksia huonetilojen välillä vaakasuntaan.
 Tikkarinne, D-talo, 1. kerros
 Object: D111 Vastaanotto - D107 Odotustila

Area S of separating element 8,40 m²
 Source room volume: m³
 Receiving room volume: 36,3 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	19,5
63	29,5
80	22,5
100	28,7
125	28,4
160	34,4
200	34,5
250	33,1
315	32,5
400	32,8
500	34,8
630	36,1
800	35,0
1000	34,6
1250	33,1
1600	32,4
2000	32,0
2500	33,3
3150	37,0
4000	40,2
5000	42,0



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_T) = 34 (0 ; 0) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = 0 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = 0 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = 0 \text{ dB}$
 $C_{9,50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{9,50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{9,100-5000} = 0 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 06.06.2017

Risto Tuoro



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

Norsonic Brechtöhl AG

D112 - D107

6.6.201

Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

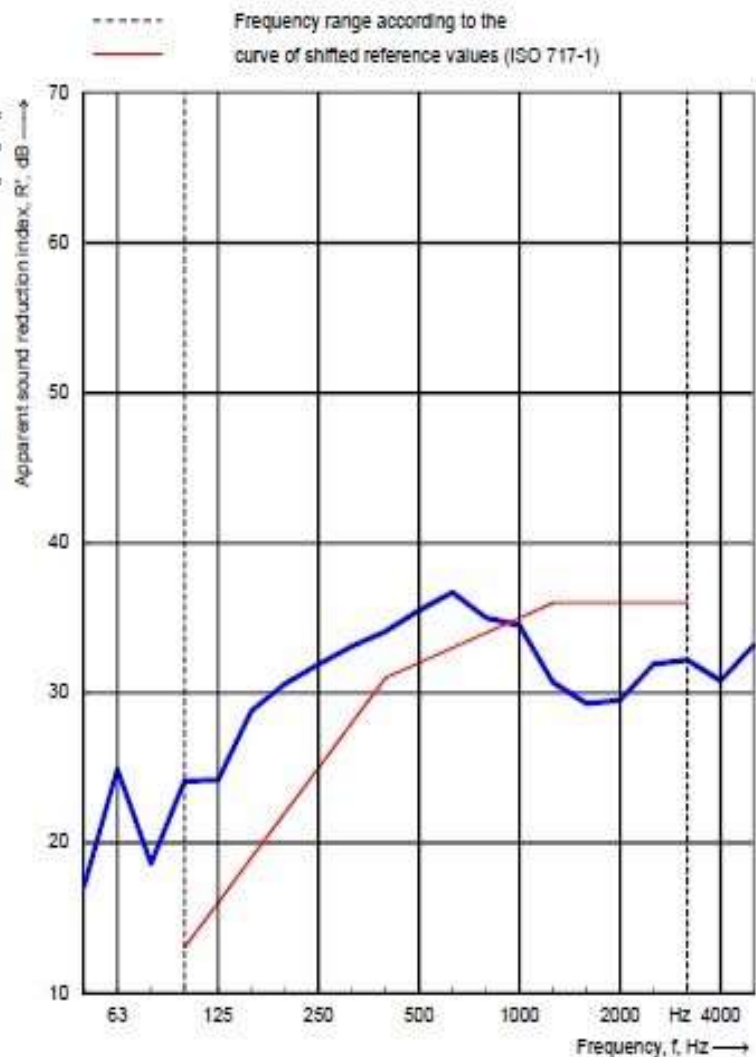
Field measurements of airborne sound insulation between rooms

Client: Karelia-amk, Toimitilapalvelut Date of test: 2.6.2017
 Description: Ilmaääneneristävyyssmittauksia huonetilojen välillä vaakasuntaan.
 Tikkarinne, D-talo, 1. kerros

Object: D112 Vastaanotto - D107 Odotustila

Area S of separating element 5,50 m²
 Source room volume: m³
 Receiving room volume: 36,3 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	17,1
63	24,9
80	18,6
100	24,1
125	24,2
160	28,8
200	30,6
250	31,9
315	33,1
400	34,1
500	35,5
630	36,7
800	35,0
1000	34,5
1250	30,7
1600	29,3
2000	29,5
2500	31,9
3150	32,2
4000	30,8
5000	33,2



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_{tr}) = 32 (0 ; 0) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained
 in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = 0 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = 0 \text{ dB}$
 $C_{e,50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{e,50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{e,100-5000} = 0 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 06.06.2017

Riku Tiiro



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

Norsonic Brechbühl AG

D115 - D114

6.6.2017

Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

Client: Karelia-amk, Toimitilapalvelut

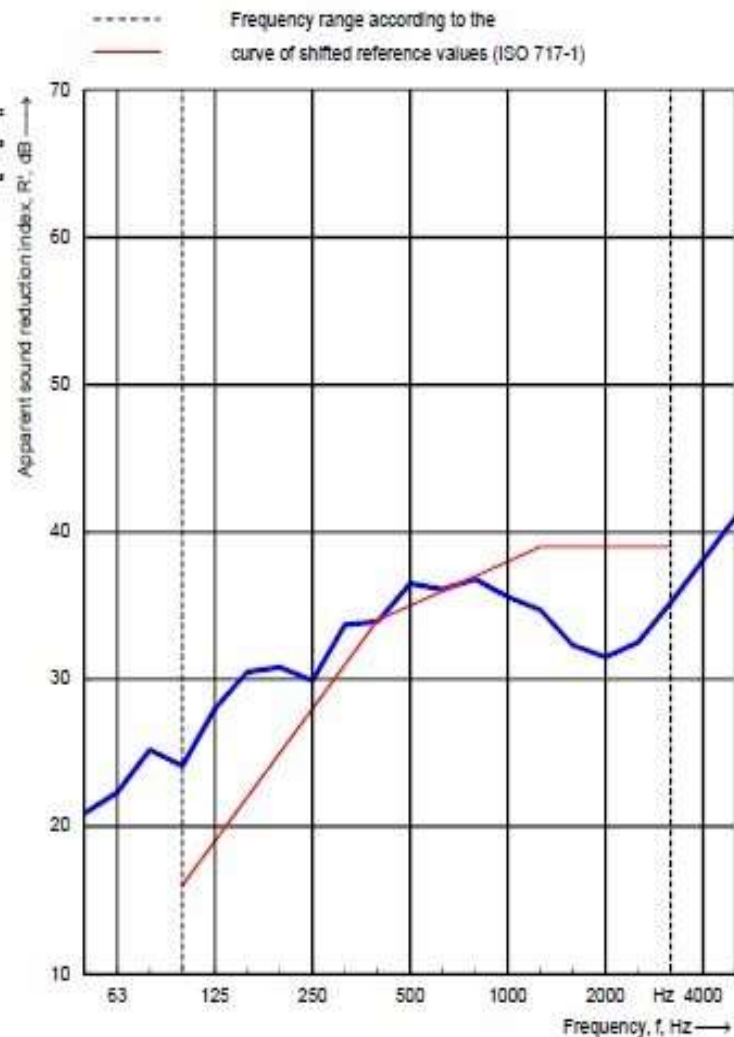
Date of test: 2.6.2017

Description: Ilmaääneneristävyyksmittauksia huonetilojen välillä vaakasuuntaan.
Tikkarinne, D-talo, 1. kerros

Object: D115 Vastaanotto - D1114 Odotustila

Area S of separating element: 6,20 m²
Source room volume: m³
Receiving room volume: 27,7 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	20,9
63	22,3
80	25,2
100	24,1
125	26,0
160	30,5
200	30,8
250	29,9
315	33,7
400	33,9
500	36,5
630	36,1
800	36,8
1000	35,6
1250	34,7
1600	32,3
2000	31,5
2500	32,5
3150	35,2
4000	38,1
5000	41,0



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_{tr}) = 35 (-1 ; -2) \text{ dB}$ Evaluation based on field measurements results obtained
in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$	$C_{50-5000} = -1 \text{ dB}$	$C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$
$C_{tr,50-3150} = -2 \text{ dB}$	$C_{tr,50-5000} = -2 \text{ dB}$	$C_{tr,100-5000} = -2 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 06.06.2017

Risto Taira

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

Norsonic Brechtbühel AG

D115 - D114

6.6.2017

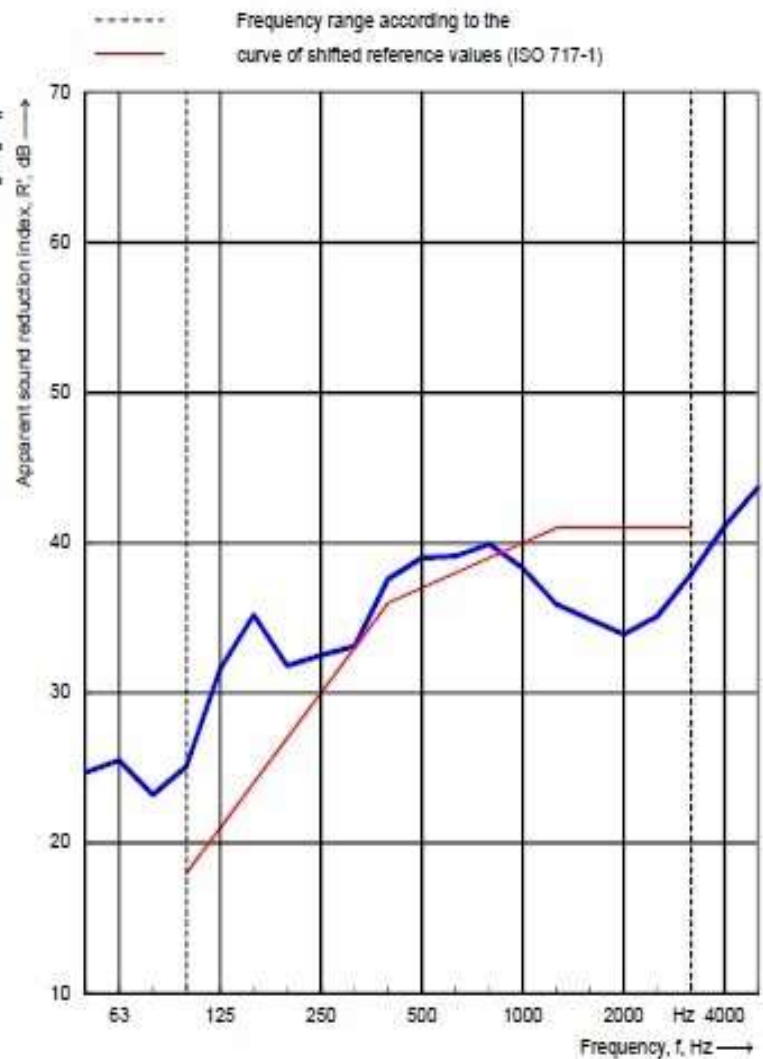
Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

Client: Karelia-amk, Toimitilapalvelut Date of test: 2.6.2017
 Description: Ilmaääneneristävyyssmittauksia huonetilojen välillä vaakasuuntaan.
 Tikkarinne, D-talo, 1. kerros
 Object: D116 Vastaanotto - D1114 Odotustila

Area S of separating element 9,90 m²
 Source room volume: m³
 Receiving room volume: 27,7 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	24,7
63	25,5
80	23,2
100	25,1
125	31,6
160	35,2
200	31,8
250	32,5
315	33,1
400	37,6
500	39,0
630	39,1
800	39,9
1000	38,3
1250	35,9
1600	34,9
2000	33,9
2500	35,1
3150	37,9
4000	41,1
5000	43,7



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_{tr}) = 37 (-1 ; -1) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = 0 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = 0 \text{ dB}$
 $C_{tr,50-3150} = -2 \text{ dB}$ $C_{tr,50-5000} = -2 \text{ dB}$ $C_{tr,100-5000} = -1 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 06.06.2017

Reino Tiiro



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Sami Douba, Tuomas Pajarinen, Antti Rönkkö

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI

Raportti
Helmikuu 2018

ILMAÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Sisältö

1	Kohteen yleistiedot.....	3
2	Tavoite.....	3
3	Kuvaus kohteesta.....	3
4	Menetelmät ja havainnot.....	4
5	Tulokset.....	4

Litteet

Liite 1 Mittaustulokset

ILMAÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

1 Kohteen yleistiedot

Äänimittauskohteena on Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus, joka koostuu noin neljästä osasta. Tarkastelun kohteena on D-talon 1. kerroksessa sijaitsevat odotustila D107, sekä vastaanottoilat D110-D112 ja D114-D116.

Lisäksi tarkastellaan E-talon -1. kerroksessa olevien tilojen E161, E166 ja E167 välisiä lasiväliseiniä. Tikkarinne-kampus sijaitsee osoitteessa Tikkarinne 9, 80200 Joensuu.

2 Tavoite

Tämän mittauksen tavoitteena oli selvittää millä tasolla on huonetilojen välisten rakenteiden ilmajääleneristävyyden, sekä selvittää mahdolliset vuotokohdat ja niiden merkittävyys.

Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelijat Antti Rönkkö, Tuomas Pajarinen, sekä Sami Douba suorittivat kaikki ilmajääleneristämismittaukset. Mittaukset suoritettiin 16.10-18.12.2017 välisenä aikana

3 Kuvaus kohteesta

Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus on rakennuksena monimuotoinen. Rakennuksen eri osissa on eri toimintoja, kuten hallintoa, opiskelupalveluita, kirjasto, ravintola, opetustiloja, sekä muita toimintaan liittyviä alueita. Kampusrakennus on peruskorjattu kuluneen vuosikymmenen aikana lähes kauttaaltaan.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Mitattavat tilat ovat vastaanottotiloja ja niihin liittyviä odotustiloja, joiden välisten väliseinien rakennesuunnitelmien mukainen rakennetyyppi on VS4, ja väliovien ilmajärjestelmän valmistaja on ilmoittanut R_w 35 dB. Lisäksi mitattavana tilana on myös peilisali, jonka jakaa vedettävä lasiväliseinä.

4 Menetelmät ja havainnot

Mitattavissa tiloissa paikallistimme merkittävimmät vuotokohtat Microflown Technologiesin Scan & Listen -järjestelmällä. Rakenteiden vuotokohtien mittaukseen käytimme tämän jälkeen Microflown Technologiesin Scan & Paint -järjestelmää, jolla pystyimme mittaamaan äänenpainetta, -intensiteettiä ja partikkelin nopeutta.

Kyseisten mittauksien avulla pystyimme samalla järjestelmällä luomaan vuotokohdista kaksiulotteiset äänikartat. Kuvien kaksiulotteisuudesta ja kuvauskulmista johtuen, äänikartan reunoilla saattaa ilmentyä pientä vääristymää vuotokohtien sijainnissa. Tämä ilmenee siten, että pahin vuotokohta esimerkiksi mitattujen oviaukkojen reunoista, saattaa näkyä äänikartassa hieman keskemällä ovea kuin mitä se todellisuudessa on.

5 Tulokset ja yhteenveto

Tulokset saatiin tarkastelemalla taajuuksia välillä 100-1500 Hz, sillä puheäänen taajuus, jonka kuuluvuus on kohteessa ollut ongelmana, sulkeutuu varmasti tälle välille. Taajuuskaistan yläpään venyimme mahdollisimman korkealle, 1500 Hz asti, jotta mittausteknisten häiriöiden vaikutus tuloksiin saataisiin minimoitua, kuitenkin tuloksia vääristämättä. Tuloksena saadut kuvat ovat tämän raportin liitteinä.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Merkittävimmät vuotokohtat kohteessa olivat tilojen välisissä ovissa. Jo lähtökohtaisestikin desibelivaihteluväli oli korkeammalla ovissa, kuin seinärakenteen läpivienneissä, johtuen seinärakenteen ovea paremmasta ääneneristävyydestä. Ovien vuotokohtissa desibelierot olivat 7-10 dB, mikä on havaittavissa jo puhtaalla korvakuulolla, ja on todennäköinen syy tilan ääniteknisiin ongelmiin. Läpivientien desibelierot olivat yleisesti maksimissaan 1 dB, jolla ei ole korvakuulolla havaittavaa vaikutusta tilan ongelmiin.

Peilialissa vuotokohtat olivat pääosin ylä- ja alatiivisteissä. Vuotokohtat olivat 3-8 dB suuruisia, ja näistä tilan äänitekniset ongelmat todennäköisesti johtuvatkin. Peilialien välisissä läpivienneissä ei havaittu vuotokohtia alustavassa tutkimuksessa, joten näitä ei äänivärikuvattu.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (1/18)



D110, ovi. Desibelivaihteluväli: 59,96-60,1 dB. Minimaalinen vuoto näkyy saranapuolen alanurkassa. Näin pienellä vuodolla ei käytännössä kuitenkaan ole merkitystä.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (2/18)



D111, vesijohdon läpivienti. Desibelivaihteluväli: 49,4-49,9 dB. Läpiviennistä voidaan havaita vuotoa, jolla ei käytännössä ole kuitenkaan vaikutusta tilan äänitekniisiin ongelmiin.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (3/18)



D111, IV-läpivienti. Desibelivaihteluväli: 40,5-43,5 dB. Havaittu vaihtelu johtuu todennäköisesti viereisen päätelaitteen tuottamasta äänestä, eikä niinkään läpiviennin vuodosta.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

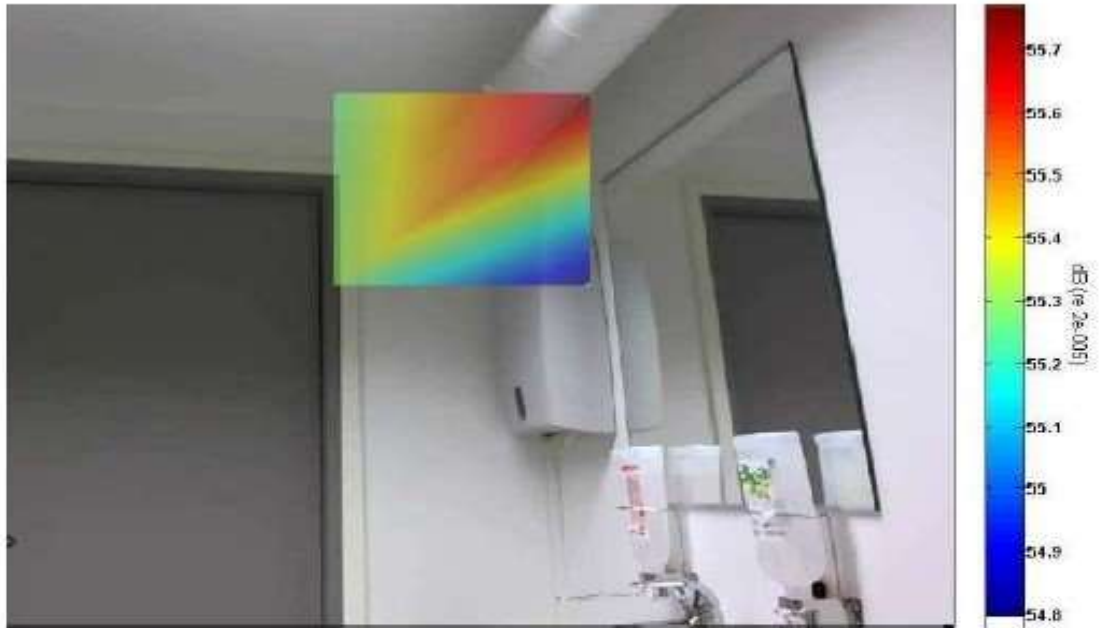
Liite 1 (4/18)



D111, ovi. Desibelivaihteluvali: 57-65 dB. Oven alareuna vuotaa reilusti.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (5/18)



D112, IV-läpivienti. Desibelivaihteluväli: 54,8-55,7 dB. Läpiviennissä havaittavissa merkityksettömän pientä vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (6/18)



D112, ovi. Desibelivaihteluväli: 60-70 dB. Oven kahvanpuoleisessa ylänurkassa havaittavissa selkeää vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (7/18)



D115, lämpölinjan läpivienti. Desibelivaihteluväli: 45,35-45,75 dB. Läpiviennissä havaittavissa merkityksettömän pientä vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (8/18)



D115, kojerasia. Desibelivaihteluväli: 48-49,5 dB. Rasiassa havaittavissa pientä vuotoa, jolla ei käytännössä kuitenkaan ole vaikutusta tilan äänitekniisiin ongelmiin.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

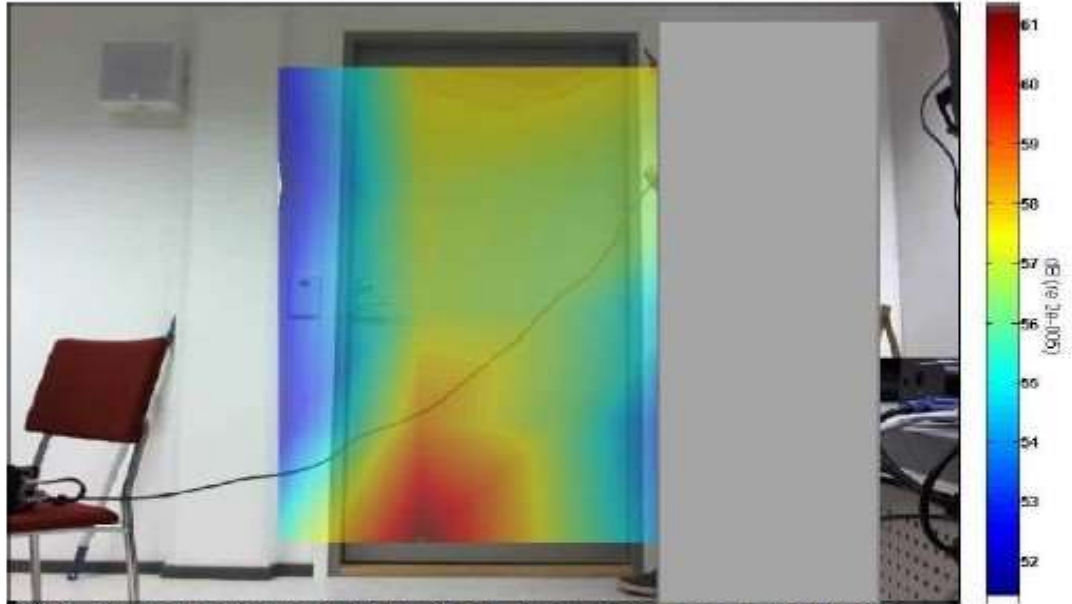
Liite 1 (9/18)



D115, ovi. Desibelivaihteluväli: 58-65 dB. Oven kahvanpuoleisessa ylänurkassa havaittavissa merkittävää vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (10/18)



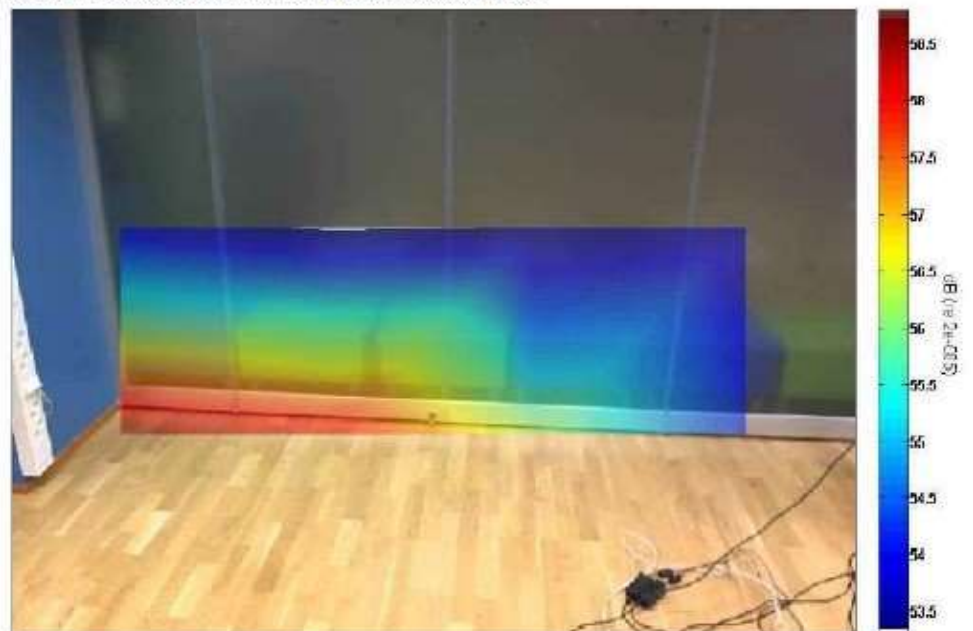
D116, ovi. Desibelivaihteluväli: 52-61 dB. Oven alareunassa havaittavissa merkittävää vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (11/18)

Perimmäinen lasiseinä vasemmalta ylhäältä	Perimmäinen lasiseinä oikealta ylhäältä	Etummainen lasiseinä vasemmalta ylhäältä	Etummainen lasiseinä oikealta ylhäältä
Perimmäinen lasiseinä vasemmalta alhaalta	Perimmäinen lasiseinä oikealta alhaalta	Etummainen lasiseinä vasemmalta alhaalta	Etummainen lasiseinä oikealta ylhäältä

Havainnollistava kuva D166 tilan lasiväliseinästä.



E166, perimmäinen lasiväliseinä vasemmalta alhaalta. Desibelivaihteluväli: 53,5-58 dB. Seinän vasemmassa alareunassa havaittavissa merkittävää vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (12/18)



E166, perimmäinen lasiväliseinä oikealta alhaalta. Desibelivaihteluväli: 65-73 dB. Avattavan oven oikeassa alareunassa havaittavissa merkittävää vuotoa. Tämän mittauskohdan muita kohtia korkeampi desibelitaso johtuu äänilähteen läheisestä sijainnista.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

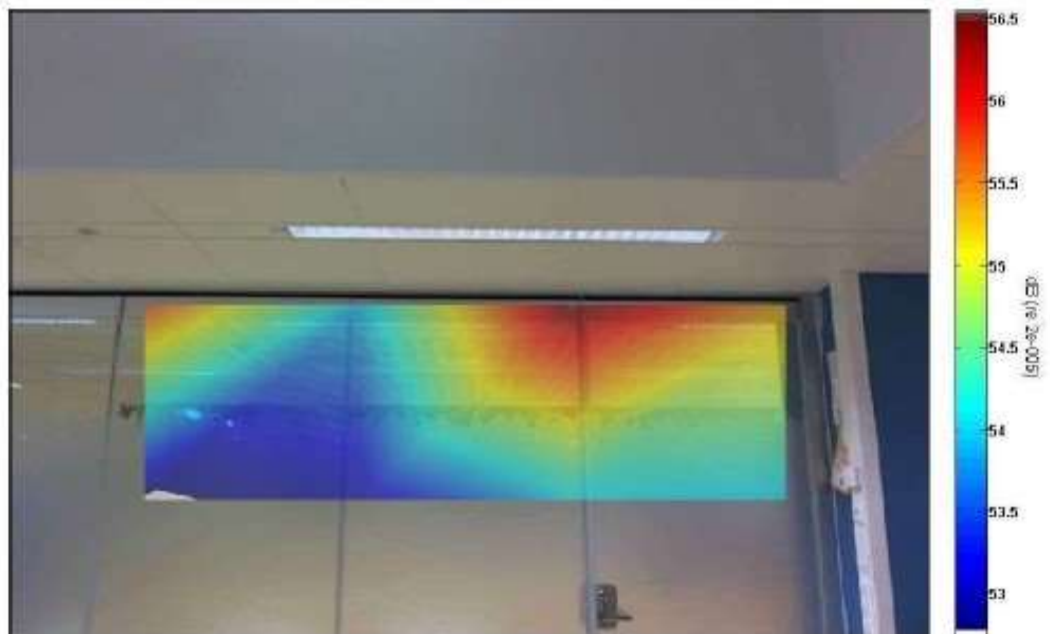
Liite 1 (13/18)



E166, perimmäinen lasiväliseinä vasemmalta ylhäältä. Desibelivaihteluväli: 53-56,5 dB. Seinän yläreunassa havaittavissa pienehköä vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (14/18)



E166, perimmäinen lasiväliseinä oikealta ylhäältä. Desibelivaihteluväli: 53-56,6 dB. Avattavan oviaukon yläreunassa havaittavissa pienehköä vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (15/18)



E166, etummainen lasiväliseinä vasemmalta alhaalta. Desibelivaihteluväli: 54,5-58,5 dB. Seinän alareunassa havaittavissa vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (16/18)



E166, etummainen lasiväliseinä oikealta alhaalta. Desibelivaihteluväli: 53,5-56,5 dB. Seinän oikeassa alanurkassa havaittavissa vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

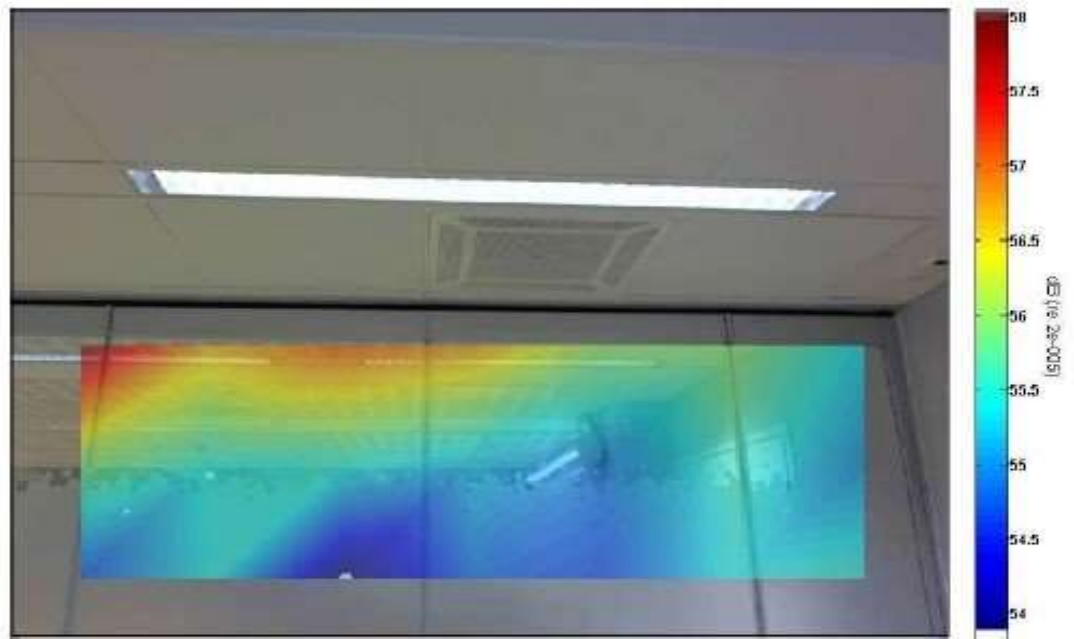
Liite 1 (17/18)



E166, etummainen lasiväliseinä vasemmalta ylhäältä. Desibelivaihteluväli: 56-68,5 dB. Seinän oikeassa ylänurkassa havaittavissa vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (18/18)



E166, etummainen lasiväliseinä oikealta ylhäältä. Desibelivaihteluväli: 54-58 dB. Seinän yläreunassa havaittavissa vuotoa.



Ilmaäänemittausraportti

Karelia-ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio

KARELIA-AMK
Tikkariinne-kampus

Mittaukset 8.3.2016

ILMAÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

ILMAÄNENMITTAUSRAPORTTI**KOHTEEN YLEISTIEDOT****KOHDE JA OSOITE**

Äänimittauskohteena oli Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus.. Tarkastelussa olivat E- siivessä tiloissa E161, E166 ja E167 väliseinät, lasiväliseinät ja lasiovet. Tikkarinne-kampus sijaitsee osoitteessa Tikkarinne 9, 80200 Joensuu.

TUTKIMUKSEN TILAAJA

Tutkimuksen tilaajana on Karelia-ammattikorkeakoulun Toimitilapalvelut toimitilapäällikkö Matti Hyppänen.

TUTKIMUKSEN TAVOITE

Äänimittauksien tavoitteena oli selvittää huoneiden välisten lasiseinien ja ilmaaneneristävyyttä.

TUTKIMUKSEN TEKIJÄT

Laboratorioinsinööri Riku Tiira, Karelia-ammattikorkeakoulu suoritti kaikki ilmaanmittaukset sekä pinta-alojen ja huonetilavuuksien mittaukset.

TUTKIMUSAJANKOHTA

Ilmaanmittaukset suoritettiin 8.3.2016 klo 9:00 – 10:00 välisenä aikana.

KUVAUS KOHTEESTA

Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus koostuu neljästä osasta. Osissa on eri toimintoja, hallintoa, opiskelupalveluita, kirjasto, ravintola, opetustiloja sekä muita toimintaan liittyviä alueita. Kampusrakennusta on peruskorjattu kuluvan vuosikymmenen aikana lähes kauttaaltaan. Eri tiloissa on käytetty lasiseiniä ja lasiliukuovia tilojen ja huoneiden jakajana.

ILMAÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

MENETELMÄT JA HAVAINNOT

Väliseinien ilmaääneneristävyydet mitattiin standardin SFS- EN ISO 16283-1 *Acoustics. Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation (ISO 16283-1:2014)* mukaisesti. Standardi on uusi ja se on vahvistettu 31.3.2014. Raportti on koostettu SFS-EN 16283-1 mukaan ja raportoidut tulokset on esitetty standardin SFS-EN ISO 717-1:2013 mukaan.

Tuloksissa R'_w on kenttämittauksilla määritetty rakenneosan ilmaääneneristävyydenluku. Se ei erittele ovi- ja ikkunaosuuksia tai seinän eri materiaaleja lasista kipsilevyn vaan nimenomainen ilmaneristävyydenluku kuvaa koko kyseisen seinäosan ääneneristävyyttä. Myöskään mahdollisia sivutiesiirtymiä ei tällä mittausmenetelmällä voida määrittää tai eritellä. Sivutiesiirtymät vaikuttavat kentällä mitattavan rakenneosan läpi pääsevän äänen ominaisuuksiin ja ne muodostavat käytännössä yhdessä rakenneosan kanssa ilmaääneneristävyyden.

Tutkittavista tiloista mitattiin ja määritettiin niitä erottavan yhteisen rakenneosan pinta-ala sekä tilojen ilmatilavuus. Ilmaäänennmittauksissa äänisignaalina käytettiin vaaleanpunaista kohinaa (pink noise), jossa kohinateho kasvaa matalampia taajuuksia kohti. Mittausäänepaineen tulee olla vähintään 10 dB yli taustamelun.

Lähtävällä tilassa mitattiin vaaleanpunaisen kohinan äänenpaine, L1. Vastaanottavassa tilassa mitattiin rakenteen läpi tulevan saman äänenpaineen, L2, lisäksi tilan jälkikaiunta-aika, T, sekä taustamelu, Lb. Mittalaite oli NorSonic Nor140 äänimittari, aiheutettu mitattava melu tehtiin Nor280 – vahvistimella ja Nor276 6-elementtisellä puolipallon muotoisella kaiuttimella. Tulokset käsiteltiin Norsonic NorBuild-sovelluksella. Mittalaite kalibroitiin ennen ja jälkeen mittausten Nor1251-kalibraattoria käyttäen.

Äänilähde oli lasiseinien ja muiden väliseinien mittauksissa vastaanottotilan viereisessä tilassa niin, että pääsääntöisesti lähettävä tila on suurempi ja vastaanottava tila pienempi näistä kahdesta. Päinvastoin meneteltiin, kun se oli tilanteen mukaan kätevämpi tehdä. Vastaanottava tila on usein muodoltaan yksinkertaisempi kuin lähettävä tila. Tällöin vastaanottavassa tilassa tilavuuden sekä pinta-alan mittaukset ja laskennat ovat tarkemmat.

Mittaessa taustamelua, jälkikaiunta-aikaa sekä lähettävän tai vastaanottavan tilan äänenpainetta, tiloihin liittyvät ovet olivat mittausten aikana huolellisesti suljettuja.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

TULOKSET

Uusintamittaukset 8.3.2016

E166 Plinttiluokka ja E167 Plinttiluokka

välisen "Siirtolasiseinä h 2400 mm 35 dB" -merkinnällä varustetun lasiseinän

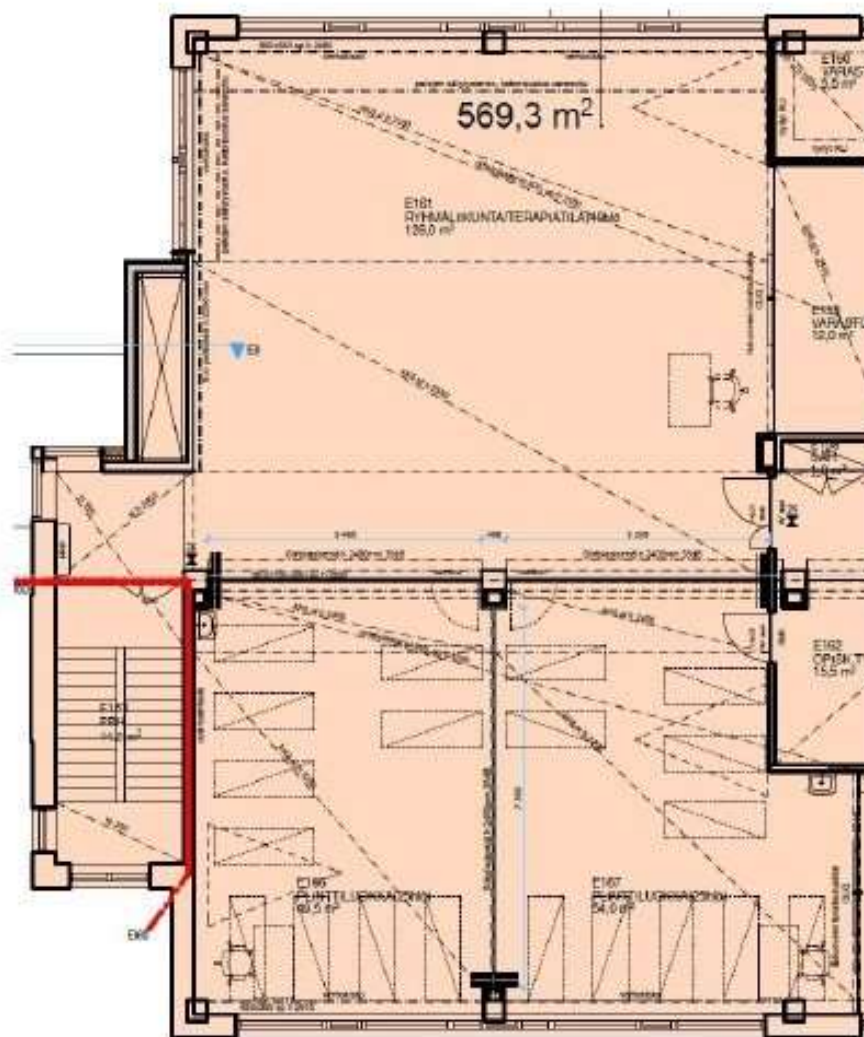
ilmaääneneristävyyksiksi mitattiin 9.7.2014

 $R'_w (C; C_{tr}) = 21 (-1; -1) \text{ dB}$.

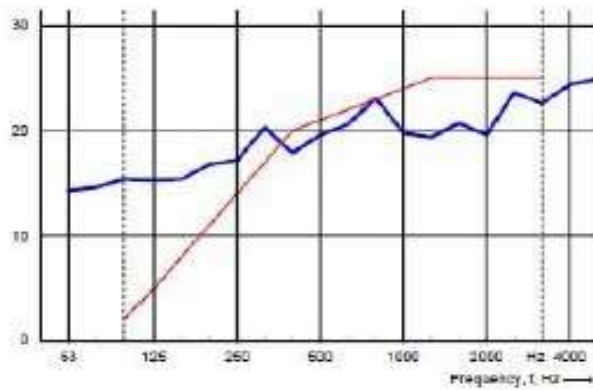
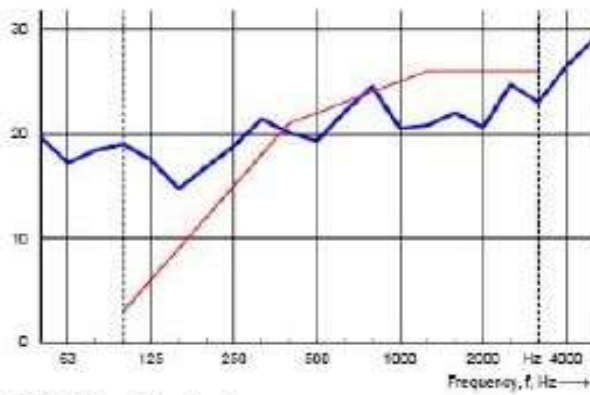
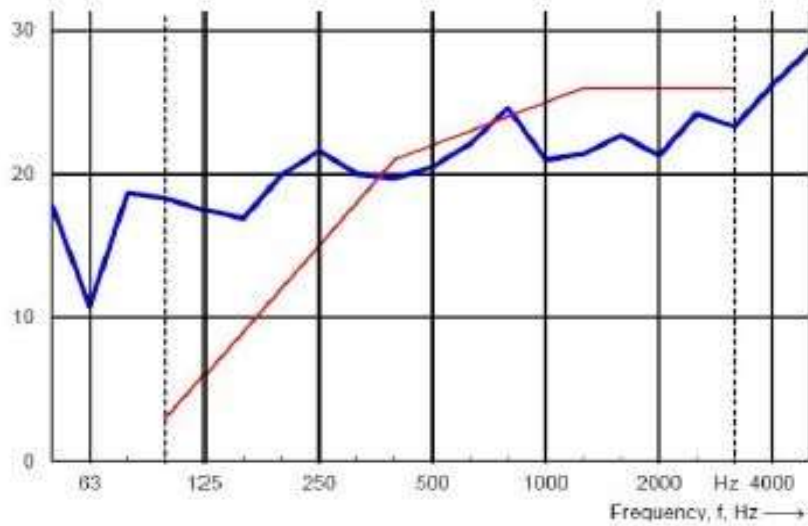
29.12.2014 ääneneristävyyksiksi mitattiin

 $R'_w (C; C_{tr}) = 22 (-1; -1) \text{ dB}$.

8.3.2016 ääneneristävyyksiksi mitattiin

 $R'_w (C; C_{tr}) = 22 (0; -1) \text{ dB}$.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

9.7.2014 mittaukset29.12.2014 mittaukset8.3.2016 mittaukset

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

E166 Plinttiluokka ja E161 Ryhmäliikunta/terapia

välisen "Siirtolasiseinä h 2400 mm 35 Db" -merkinnällä varustetun lasiseinän

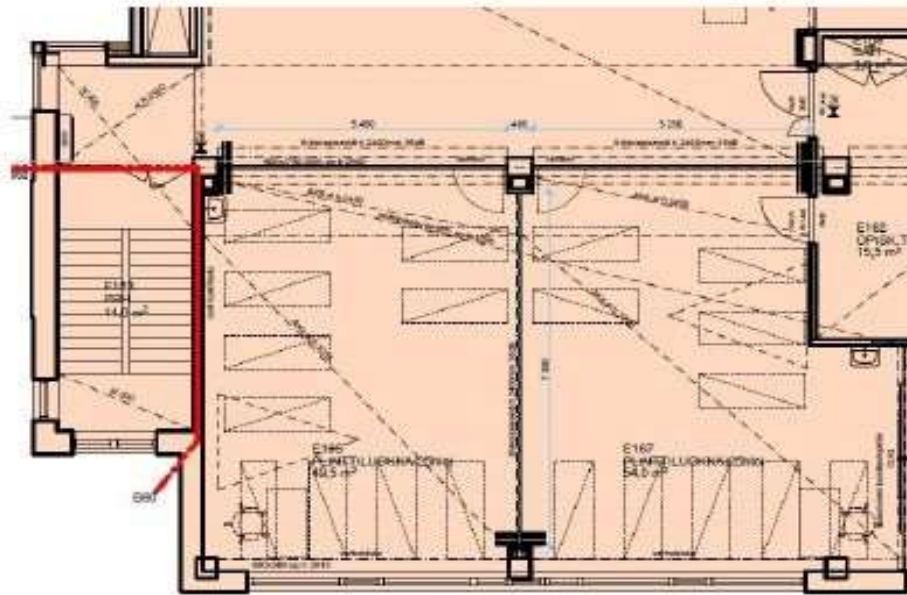
ilmaääneneristävyyksiksi mitattiin 9.7.2014

 $R'_w (C; C_{tr}) = 21 (0; -1) \text{ dB.}$

29.12.2014 ääneneristävyyksiksi mitattiin

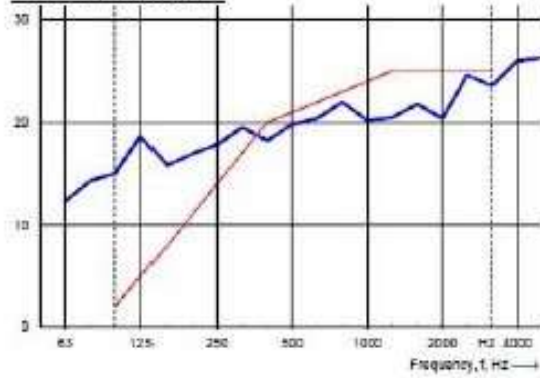
 $R'_w (C; C_{tr}) = 23 (0; -1) \text{ dB.}$

8.3.2016 ääneneristävyyksiksi mitattiin

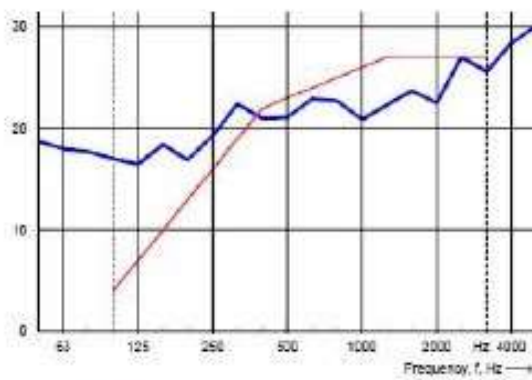
 $R'_w (C; C_{tr}) = 23 (0; 0) \text{ dB.}$ 

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

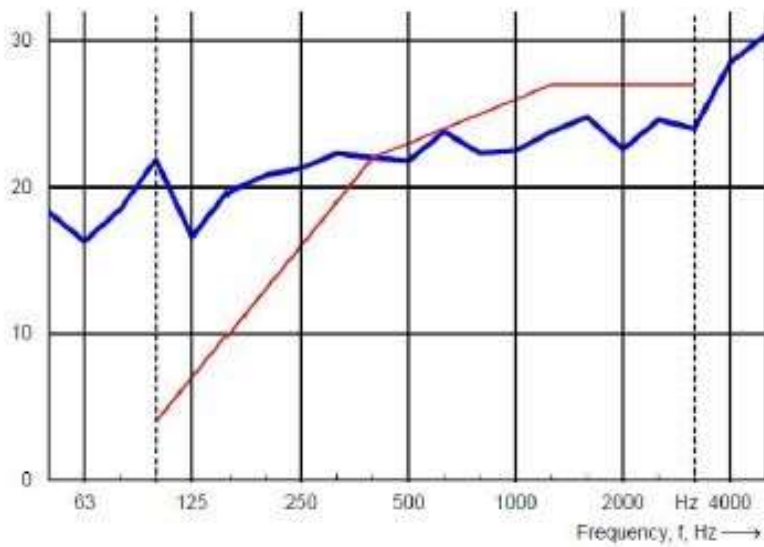
9.7.2014 mittaukset



29.12.2014 mittaukset



8.3.2016 mittaukset



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

Spektriadaptaatiotermejä C ja C_{tr} käytetään tuloksissa luonnehtimaan ääneneristävyyttä monen tyyppisen melun suhteen. Spektriadaptaatiotermiä C käytetään ottamaan huomioon A-painotetun vaaleanpunaisen kohinan aiheuttaman melun ja termiä C_{tr} käytetään A-painotetun tieliikennemelun taajamassa vaikutusta ääneneristävyyssluukuun.

Liitteessä 1 on esitetty tarkemmin väliseinien ääneneristävyyssmittausten tulokset ja niitä kuvaavat käyrät mitatuilla taajuusalueilla. Punainen käyrä on mitattujen tulosten perusteella ohjelmallisesti laskettu vertailukäyrä. Sininen käyrä muodostuu mitatuista tuloksista. Punaisen käyrän yläpuolella oleva sininen käyrä edustaa vertailukäyrää parempaa ääneneristävyyttä. Ääneneristävyyssluuku $R'w$ on vertailukäyrällä 500 Hz kohdalla oleva R' , dB – arvo.

Äänimittaustulosten toistettavuus on noin $\pm 1,5$ dB. Toistettavuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä seuraavaa: vaikka itse mittaus onkin tarkempi, mittarin paikka tilassa, siirrettävien huonekalujen paikat, paikalla olevat irtotavarat, mittaushenkilöiden paikat yms. seikat voivat vaikuttaa mittaukseen. Tämän vuoksi samalla menetelmällä tehdystä uusintamittauksesta ei saada todennäköisesti aivan samaa tulosta.

Desibeliasteikko ei ole lineaarinen vaan logaritminen. Kun äänitaso nousee 3 dB – yksikköä, äänen voimakkuus kasvaa kaksinkertaiseksi. Kuuloaisti arvioi äänenvoimakkuuden muutoksen kaksinkertaiseksi vasta, kun äänenpainetaso on noussut noin 8 dB.

Joensuussa 8.3.2016

Riku Tiira

Riku Tiira, RI, Laboratorioinsinööri

Liite 1: Äänimittauksen tulokset, väliseinät,
3 sivua

ILMAÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

LIITE 1, ilmääänimittausten tulokset kuvaajana ja taulukossa.

Kuvaajassa sininen käyrä on sivun vasemman puoleisen reunan taulukon arvojen kuvaaja. Punainen käyrä on standardin SFS-EN ISO 717-1 perustein muunnettu kuvaaja 100 Hz – 3150 Hz välisten taajuuksien arvoista. Ilmäääneneristävyytluku on punaisen käyrän 500 Hz kohdalla oleva arvo.

Liitteessä olevat tiloja erottavien väliseinien pinta-alat ja huoneiden tilavuudet on mitattu ja laskettu paikan päällä. Ruokasalin tilavuutta on karkeasti arvioitu. Mitattavaa melua lähettävän tilan tilavuus ei vaikuta mittauksen lopputulokseen.

Merkinnän Background noise too high – kohdalla olevien taustamelun mittausrvojen korjaukset on NorBuild - sovellus tehnyt standardin mukaan ohjelmallisesti.

ILMAÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

Norsonic Brechböhl AG

E161 - E166_160308_0002.NBF

8.3.2016

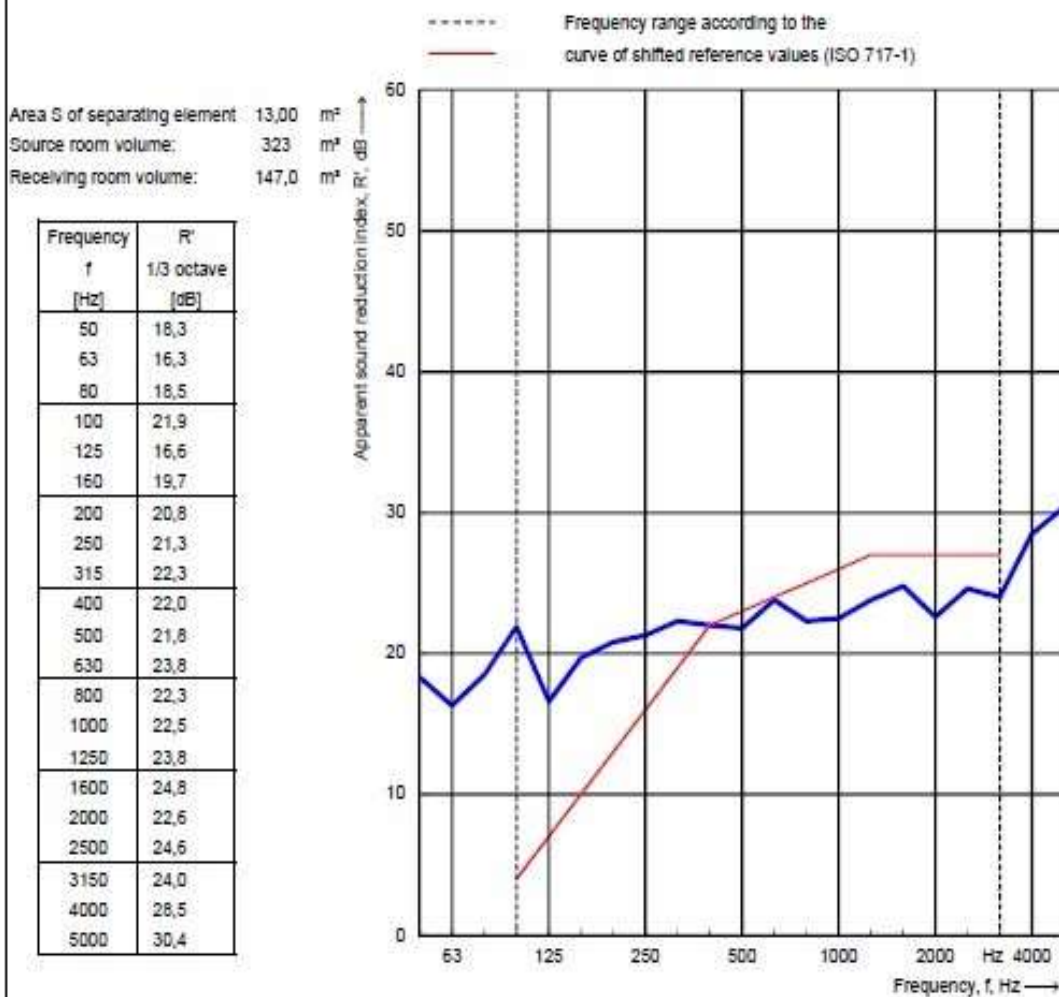
Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

Client: Karelia-ami, Tolmitilapalvelut
 Description: Ilmaääneneristävyyksmittaukset lasiseinistä.

Date of test: 8.3.2016

Object: Tikkarinne, E161 Ryhmäliikunta / Terapia - E166 Plinttiluokka



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_b) = 23 (0 ; 0) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained in one-third-octave bands by an engineering method.

C₅₀₋₃₁₅₀ = 0 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = 1 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = 1 dBC_{b,50-3150} = -1 dB C_{b,50-5000} = -1 dB C_{b,100-5000} = 0 dB

Company: Karelia-ami, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 08.03.2016

Signature:



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

Norsonic Brechtböhni AG

E167 - E166_160306_0003.NBF

8.3.2016

Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

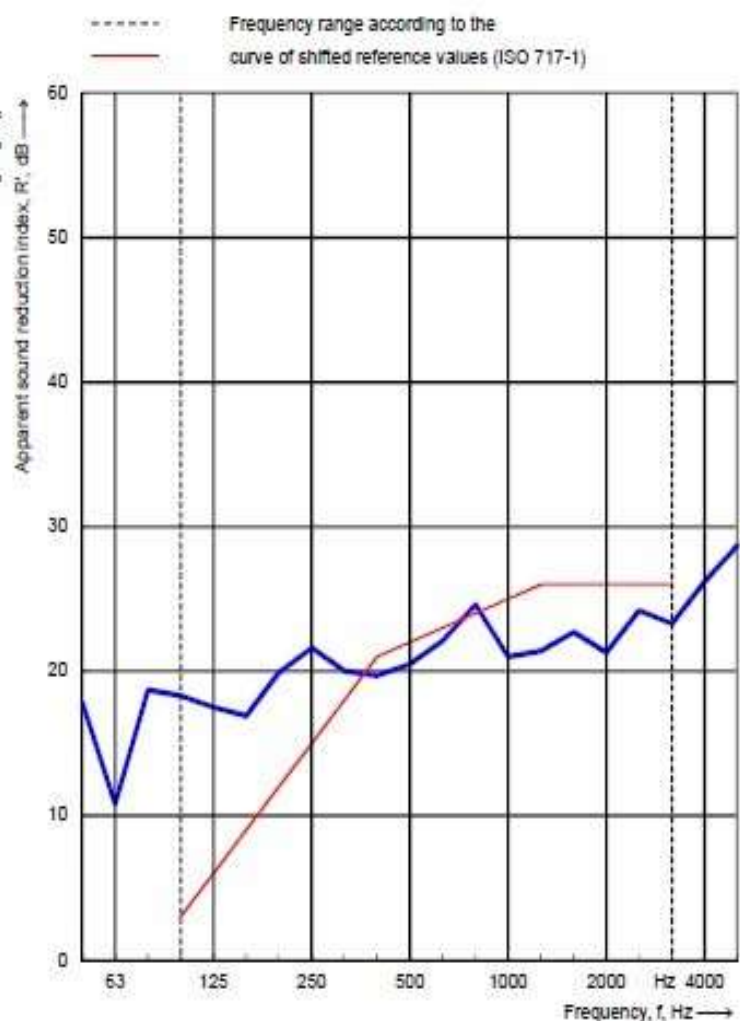
Client: Karelia-amk, Tolmittilapalvelut
 Description: Ilmaääneneristävyyssmittaukset lasiseinistä.

Date of test: 8.3.2016

Object: Tikkarinne, E167 Plinttiluokka - E166 Plinttiluokka

Area S of separating element: 17,50 m²
 Source room volume: 146 m³
 Receiving room volume: 147,0 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	17,8
63	10,8
80	18,7
100	18,3
125	17,5
160	16,9
200	19,9
250	21,6
315	20,0
400	19,7
500	20,5
630	22,1
800	24,6
1000	21,0
1250	21,4
1600	22,7
2000	21,3
2500	24,2
3150	23,3
4000	26,2
5000	28,7



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_{tr}) = 22 (0 ; -1) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained
 in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = 0 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = 1 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = 1 \text{ dB}$
 $C_{9,50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{9,50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{9,100-5000} = -1 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 08.03.2016

Signature:

