



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Huoneistojen välisten seinien akustiikka

Antti Harvala

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustekniikka

HARVALA, ANTTI
Huoneistojen välisten seinien akustiikka

Opinnäytetyö 67 sivua, joista liitteitä 25 sivua
Huhtikuu 2018

Tämä opinnäytetyö on tehty Sweco Rakennetekniikan tilauksesta heidän käyttöönsä. Haasteena suunnittelussa on tehokkaan työkalun puuttuminen ääneneristävyyden määrittämiseen, toimenpiteen suunnitteluun ja rakenteen valintaan. Idea aiheeseen tuli projektista, jossa vanhoja toimistotiloja muutettiin asuinhuoneistoiksi. Ääneneristävyyksien selvittäminen vanhasta rakenteesta osoittautui ongelmalliseksi, eikä selkeitä ohjeita ollut saatavilla. Myös lainsäädännössä on paljon tulkinnanvaraisuuksia, eikä vakiintuneita käytäntöjä ole vielä muodostunut.

Opinnäytetyö auttaa suunnittelijaa ymmärtämään rakennusakustiikkaa ja äänen kulkeutumista tilojen välillä yleisellä tasolla. Lisäksi opinnäytetyö ohjaa suunnittelijaa vaatimustason selvittämisessä, ilmastointiluvun määrittämisessä ja rakennesuunnittelussa. Valmiilla rakennetyypeillä voidaan ratkaista nopeasti vanhan rakenteen ääneneristävyys yleisimmille rakenteille ja rakennepaksumuksille. Myös mahdollisen lisääneneristyksen määrittäminen nopeutuu.

Jatkotutkimusten tarve aiheelle on ilmeinen. Tutkimusta tarvitaan mm. läpivientien ja rakennusvirheiden merkityksestä ilmastointilukuun. Myös tiiviiden ja erilaisten tiivistysten vaikutus ilmastointilukuun kaipaa lisätutkimusta. Suurin haaste tutkimuksille on ilmastointimittausten kallis toteuttaminen.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Building Construction
ANTTI HARVALA
Acoustics of Partition Walls

Bachelor's thesis 67 pages, appendices 25 pages
April 2018

This thesis was commissioned by Sweco Rakennetekniikka and is intended for their use as a guideline for design. The idea for the thesis came from a project where existing office space was being converted into apartments and the calculations on sound insulation appeared to be complicated, and no direct instructions could be found. The law considering conservation is open to interpretation and there are still very few settled policies.

The problem was the lack of an efficient sound insulation designing tool. With pre-made approved structure types the sound insulation of an existing structure could be quickly solved for the most common structures and thicknesses. It would also help defining possible additional sound insulation. This thesis guides designers at choosing procedures and structure types.

Key words: partition walls, sound insulation, acoustics

SISÄLLYS

1	TERMISTÖ	6
2	AKUSTIIKKA YLEISESTI.....	7
	2.1 Desibeli	8
	2.2 Eritajuiset äänet	8
3	LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET.....	9
	3.1 Lähtökohdat	9
	3.2 Opinnäytetyön tavoitteet	10
4	VÄLISEINÄRAKENTEET	11
	4.1 Haasteet.....	11
	4.2 Kustannustehokkuus	12
	4.3 Aikataulutehokkuus	12
	4.4 Tilatehokkuus.....	13
5	OLEMASSA OLEVAN SEINÄN ÄÄNENERISTÄVYYDEN ARVIOINTI14	
	5.1 Aikakausille tyypillisiä huoneistojen välisiä seinä	14
	5.1.1 1880 - 1940	14
	5.1.2 1940 - 1960	16
	5.1.3 1960 - 1975	17
	5.1.4 1975 - 2000	17
	5.2 Seinän rakenteen selvittäminen	18
	5.2.1 Tarvittavat työvälineet	18
	5.2.2 Poraus	18
	5.2.3 Materiaalien ja vahvuuksien selvittäminen.....	19
	5.2.4 Reiän paikkaus	20
	5.2.5 Selvitetyin rakennetyypin vertaaminen mitattuihin ratkaisuihin ...	20
	5.2.6 Yksinkertaisen rakenteen ilmasteneristävyys.....	21
6	RAKENNUSOSILLE ASETETUT VAATIMUKSET	23
	6.1 Yleiset vaatimukset.....	23
	6.2 Ilmasteneristävyys.....	23
	6.2.1 Ilmastäniluku $R'W$	23
	6.2.2 Pienimmät sallitut ilmastäniluvun $R'W$ -arvot	24
	6.3 Askeläniluku	24
	6.4 Jälkikäijunta-aika	25
	6.5 Ympäriivien rakenteiden vaatimukset uudelle huoneistojen väliselle seinälle	25
	6.5.1 Seinän liitos ontelolaattaan	26
	6.5.2 Seinän liitos massiivilaattaan	26

6.5.3	Seinän liitos massiivibetoniseinään	26
6.6	Ilmaääneneristävyyden todentaminen.....	27
7	ÄÄNEN KULKEUTUMINEN HUONEISTOJEN VÄLILLÄ	28
7.1.1	Sivutiesiirtymä	28
7.1.2	Tiiviys	29
7.1.3	Liitokset	29
7.1.4	Äänisauma.....	33
8	HUONEISTOJEN VÄLISTEN SEINIEN LISÄ- ÄÄNENERISTÄMISTARPEEN SELVITTÄMINEN.....	34
8.1	Olemassa olevan huoneistojen välisen seinän ääneneristyksen parantaminen.....	34
8.2	Levykerrosten lisääminen	35
8.3	Jousirankarakenne.....	35
8.4	Osittainen purku ja lisäeristys.....	36
9	UUDEN HUONEISTOJEN VÄLISEN KIVIRAKENTEISEN SEINÄN RAKENTAMINEN.....	37
9.1	Suunnitteluperusteet.....	37
9.2	Esimerkkiratkaisuja	38
10	UUDEN HUONEISTOJEN VÄLISEN KEVYTRAKENTEISEN SEINÄN RAKENTAMINEN.....	39
10.1	Suunnitteluperusteet.....	39
10.2	Esimerkkiratkaisu	40
11	POHDINTA.....	41
	LÄHTEET.....	42
	LIITTEET	43
	Liite 1. Haastattelu, Jarno Oravasaari, laboratorioinsinööri.....	43
	Liite 2. Testattuja seinärakenteita ja niiden ilmaääneneristävyyksiä (RIL, 2003) 44	
	Liite 3. Testattuja seinärakenteita ja niiden ilmaääneneristävyyksiä (Siikanen, 2015).....	62
	Liite 4. Testattuja seinärakenteita ja niiden ilmaääneneristävyyksiä (Ympäristöministeriö, 2003).....	65

1 TERMISTÖ

Taajuus	värähtelyjen lukumäärä sekunnissa, tunnus f , yksikkö Hertsi (Hz)
Psykoakustiikka	akustiikan käsite, joka tutkii, miten ihminen kuulee ääntä ja miten se häneen vaikuttaa
Fysikaalinen akustiikka	käsittää ääneen liittyvät fysikaaliset ilmiöt
Huoneakustiikka	käsittelee äänen käyttäytymistä huoneen sisällä
Rakennusakustiikka	käsittelee äänen siirtymistä eri tilojen välillä rakenteiden välityksellä
Desibeli	äänenvoimakkuuden suhteellinen asteikko, yksikkö dB
Ilmaääneneristysluku	kahden huoneen välistä ilmaääneneristävyyttä kuvaava luku, joka saadaan vertaamalla mitattua ilmaääneneristävyyttä standardoituun vertailukäyrään
R_W	laboratoriossa mitattu ilmaääneneristysluku
R'_W	rakennuksessa mitattu ilmaääneneristysluku
Ilmaääni	ilmassa etenevää aaltoliikettä
Ilmaääneneristävyys	rakenteen välityksellä tilasta toiseen siirtyvän äänitehon suhde desibeleissä
Äänisauma	ympäröivän rakenteen katkaisu sivutiesiirtymän estämiseksi
Askeläänitasoluku	päällekkäisten tilojen välistä askelääneneristävyyttä kuvaava luku, joka saadaan vertaamalla kaistoittain mitattuja ja normalisoituja äänenpainetasoja standardoituun vertailukäyrään
L_{nW}	laboratoriossa mitattu askeläänitasoluku
L'_W	rakennuksessa mitattu askeläänitasoluku
Jälkikaiunta-aika	aika sekunteina, jona äänilähteen äkillisen toiminnan loppumisen jälkeen äänenpainetaso on laskenut miljoonanteen osaan

2 AKUSTIIKKA YLEISESTI

Ääni vaikuttaa ihmisiin monilla eri tavoilla, ja äänen aistiminen on henkilökohtaista. Ääni voi vaikeuttaa tai häiritä oppimista, keskittymistä, työskentelyä, nukkumista ja viestintää. Voimakas ääni saattaa myös vaurioittaa korvaa ja aiheuttaa jopa kuulokyvyn heikkene- mistä.

Sama ääni saattaa olla päiväsaikaan miellyttävää mutta yöllä häiritä nukkumista. Äänen häiritsevyys vaihtelee myös sen mukaan, mitä kuulija on tekemässä. Myöskään itse aiheutettua ääntä ei koeta niin häiritseväksi kuin muiden aiheuttamaa.

TAULUKKO 1. Esimerkkejä äänitasosta (Siikanen, 2015, 143)

dBA	Äänilähde
5–15	normaali kuulokynnys
20	putoava lehti, "hiljainen" huone
30	tavallinen asumismelu
35	kuiskaus
40	hiljainen puhe, keskinkertainen asumismelu
50	rauhallinen ravintola, liesituuletin, toimistomelu
55	keskinkertainen katumelu
60	äänekäs puhe, pölynimuri, liikekadun melu, kuorma-auto 10 metrin etäisyydellä
65	tavallinen keskustelu
70	äänekäs katu, raitiovaunun melu, erittäin äänekäs puhuminen, henkilöauton sisämelu

2.1 Desibeli

Desibeli on äänen voimakkuustason asteikko ja samalla yksikkö (dB). Desibeli on logaritminen eli suhteellinen asteikko, jonka lähtökohtana on ollut intensiteettiasteikko. (Siikanen, 2015, 141)

Yhden ”bel-yksikön” eli 10 desibelin kasvu vastaa äänen intensiteettitason kymmenkertaistumista. Äänenpaineen suuruudesta riippumatta sen kaksinkertaistuminen tarkoittaa 6 dB:n lisäystä ja kaksikymmenkertaistuminen 20 dB:n lisäystä. Äänitehon tai intensiteetin kaksinkertaistuminen tarkoittaa 3 dB:n lisäystä. Äänentason 10 dB:n lisäys vastaa suunnilleen äänenvoimakkuusaistimuksen kaksinkertaistumista. (Siikanen, 2015, 141-142)

Kokonaisäänitaso määräytyy lähes kokonaan voimakkaimpien äänilähteiden mukaan, eikä heikommilla äänilähteillä ole juurikaan merkitystä. 10 dB pienemmällä äänilähteellä ei ole käytännössä merkitystä kokonaisäänitasoon. (Siikanen, 2015, 141-142)

2.2 Eritajuiset äänet

Eritajuiset äänet aistitaan erilaisilla tavoilla. Korva on herkempi aistimaan korkeita kuin matalia ääniä. Rakennusakustiikassa pienet taajuudet eli matalat äänet saattavat olla häiritsevyyden kannalta merkittäviä. (Siikanen, 2015, 137-138)

3 LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

3.1 Lähtökohdat

Uusi maankäyttö- ja rakennuslaki julkaistiin vuonna 2000, ja se kumosi edellisen, vuonna 1958 julkaistun rakennuslain. Maankäyttö- ja rakennuslain uudistamisen jälkeen raja korjaus- ja uudisrakentamisen välillä on ollut tulkinnanvarainen ja yhteiset käytännöt muodostuvat hitaasti. Vuoden 1958 rakennuslaki oli sikäli yksinkertaisempi, että korjausrakentamisessa ja uudisrakentamisessa käytettiin samoja vaatimuksia. Uudessa, vuonna 2000 julkaistussa maankäyttö- ja rakennuslaissa sen sijaan ohjataan rakennusten hienovaraiseen korjaamiseen. (Korvo, 2009)

Rakentamismääräyskokoelman määräykset koskevat uuden rakennuksen rakentamista. Rakennuksen korjaus- ja muutostyössä määräyksiä sovelletaan, jollei määräyksissä nimenomaisesti määrätä toisin, vain siltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen tai sen osan mahdollisesti muutettava käyttötapa edellyttävät. (Korvo, 2009)

Oletus siitä, että käyttötarkoituksen tai -tavan muutos tarkoittaisi automaattisesti pakkoa noudattaa uusia määräyksiä, juontaa juurensa vuoden 1958 rakennuslain aikaan. Vuoden 1958 rakennuslaki olikin hyvin jyrkkä korjausrakentamisen ohjeistuksessaan, eikä korjausrakentamiselle sallittu juuri myönnytyksiä. (Korvo, 2009)

Yleisiä suunnitteluohjeita rakennusakustiikan alalta on hyvin niukasti, ja ne ovat vaikeasti sovellettavissa korjausrakentamisen. Rakennusakustiikka kaipaisi mielestäni lisää tutkimusta sekä soveltavia suunnitteluohjeita. Korjausrakentamisessa tarvitaan toisinaan erityistä akustiikkasuunnittelua, kun vanhasta rakennuksesta yritetään tehdä nykyajan vaatimukset täyttävää asuinrakennusta.

Opinnäytetyön aineistona käytetään pääasiassa rakennusalan kirjallisuutta ja tutkimuksia. Kirjallisuudessa esiintyvät tutkitut rakennetyypit on kuitenkin tarkoitettu lähinnä uudisrakennustuotantoon ja vaativat siksi erityistä tarkastelua esimerkiksi liitosten ja kantavuuksien kannalta.

Yleisesti ottaen korjausrakentamisessa voidaan uudisrakennusten vaatimuksia kohtuullistaa, mutta ääneneristyksen kanssa vaaditaan usein uudisrakentamisen määräysten tarkkaa noudattamista, jota eivät yleensä asuntorakennuttajatkaan vastusta. Tähän on syynä

asukkaiden laaja tyytymättömyys vanhojen asuinkerrostalojen ääneneristävyyteen, josta onkin muodostunut yleisin valituksien aihe peruskorjatuissa ja muusta käytöstä muute-
tuissa asuinkerrostaloissa. (Korvo, 2009.)

Huoneistojen välisen ääneneristävyyden toteuttaminen on korjausrakentamisen alueella hyvin hankalaa, ja usein käykin niin, että yhtä olennaista vaatimusta täyttäessä kumotaan toisen olennaisen vaatimuksen toteutuminen. Akustiikkavaatimukseen pääseminen edellyttää usein rakennevahvuuden kasvattamista, jonka vuoksi esteettömyys usein kärsii uusien kynnyksien myötä. Rakennevahvuuksien kasvaessa myös tilojen luonne usein muuttuu lattian korottuessa ja sisäkaton laskiessa, mikä sotii MRL 118 §:n kanssa, joka kieltää turmelemasta rakennustaiteellisesti tai historiallisesti merkittäviä rakennuksia.

3.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia erilaisia rakenneratkaisuja vanhoihin rakennuksiin tehtävissä huoneistojen välisissä seinissä sekä olemassa olevien seinien lisä-ääneneristämistä. Ratkaisuja vertaillaan keskenään kustannus-, aikataulu- ja tilatehokkuuden kannalta. Valmiiden ratkaisujen on tarkoitus myös helpottaa olemassa olevan seinärakenteen ilmaääneneristävyyden arviointia ja sitä kautta tarvetta lisäeristykselle.

Opinnäytetyön tavoitteena on myös arvioida vuoden 2000 Maankäyttö- ja rakennuslain määräysten soveltamista korjausrakentamisen käyttöön. Maankäyttö- ja rakennuslain määräykset täyttäviä ratkaisuja on olemassa uudisrakentamiseen, mutta ne on tehty sillä oletuksella, että ympäröivät rakenteet täyttävät saman aikakauden standardit, mikä ei suinkaan pidä paikkaansa korjausrakentamisessa. Opinnäytetyössä siis pyritään hahmottelemaan tasapainoa teknisten määräysten noudattamisen, rakennuksen taiteellisen ja kulttuurihistoriallisen arvon sekä kustannusten välille lain sallimissa rajoissa.

4 VÄLISEINÄRAKENTEET

Tässä opinnäytetyössä tutkittavat väliseinät rajoittuvat yleisimpiin kivirakenteisiin väli-seiniin sekä kevyisiin levyrakenteisiin seiniin. Tutkittavat materiaalit ovat betoni, tiili, erilaiset harkot ja kevytbetoni.

Lisä-ääneneristäminen kivirakenteisiin seiniin voidaan tehdä tasoitteella, rappauksella, muuraamalla uusi kerros, lisäämällä kipsilevyä tai esimerkiksi jousirankarakenteella. Vaihtoehtoisena rakenteena kivirakenteisille seinille esitetään myös kevyitä väliseinära-kenteita, sillä kantavuuden vuoksi uusi kivirakenteinen seinä on usein ongelmallinen ja vaatisi kantavaa linjaa alimmasta kerroksesta asti.

Suunnitteluperusteet voivat olla kohteissa hyvin erilaisia. Rakennerratkaisun valintaan tai toimenpiteeseen vaikuttavat vaatimustaso, kustannukset, aikataulu sekä käytettävissä oleva tila. Kiireellisellä aikataululla rakentaessa panostetaan nopeisiin työmenetelmiin, pienellä budjetilla taas kustannustehokkaimpaan rakenteeseen. Toisinaan myös vaaditaan hyvinkin tarkasti uudisrakennuksia koskevien määräysten noudattamista, eikä korjausra-kentamisessa tavallisesti tehtäviä myönnytyksiä tehdä. Seinältä voidaan myös edellyttää parempaa ääneneristävyttä kuin määräyksissä.

4.1 Haasteet

Ääneneristävyden toteuttaminen vanhaan rakennukseen rakennettavassa uudessa raken-teessa voi olla hyvin työlästä ja kallista, sillä varsinkin sivutiesiirtymän vähentäminen tulee tarpeeseen, kun tilojen väliselle ilmaääneneristävyydelle annetaan kovat vaatimuk-set.

Erityisen vaikeita rakenteita sivutiesiirtymän kannalta ovat ohuet betonilaatat, joita esiin-tyy niin ulkoseinissä kuin väli- ja alapohjissakin. Ohuen betonilaatan kautta ääni kulkee sivutiesiirtymänä huoneesta toiseen, ellei laattaa katkaista väliseinän kohdalla. Ympäröi-vät rakenteet määrittävät uuden väliseinän ääneneristävyden maksimiarvon, mikäli ym-päröiviin rakenteisiin ei tehdä parannuksia. Parannukset voivat tarkoittaa esimerkiksi ää-nisaumoja, alakattoja tai lattian lisäeristämistä.

4.2 Kustannustehokkuus

Rakenteen kustannustehokkuuteen vaikuttavat materiaalikustannukset sekä työvoimakustannukset. Suomessa rakennustyön kustannukset ovat verrattain suuret materiaalikustannuksiin verrattuna, joten usein kalliimmalla mutta nopeammalla työmenetelmällä saavutettu etu voi olla suurempi kuin nousseet materiaalikustannukset.

Kustannuksiin vaikuttavat merkittävästi rakennuttajan ja valvonnan asettamat vaatimukset. Noudatettaessa tarkasti uudisrakennusten vaatimuksia voivat vanhassa rakennuksessa saneerauksen tai käyttötarkoituksenmuutoksen kustannukset nousta merkittävästi. Tapauskohtaisesti on syytä harkita tiukkojen vaatimusten kohtuullistamista myös kustannustehokkuuden vuoksi. Ei ole kenenkään edun mukaista, että vanhaan rakennukseen tehtävän seinän on täytettävä vuoden 2000 Maankäyttö- ja rakennuslain antamat vaatimukset uudisrakennukselle, jos rakennus muuten on 1900-luvun alkupuolen määräysten mukaan tehty ja siten ääniteknisesti vanhanaikainen.

4.3 Aikataulutehokkuus

Seinän aikataulutehokkuuteen vaikuttavat ainakin seuraavat asiat:

- väliseinärakenne
- ympäröivät rakenteet
- rakentajat
- käytettävät työkalut
- käytettävät työmenetelmät
- haluttu laatu
- käytettävissä oleva tila
- läpiviennit

Muuttujia on runsaasti ja juoksumetrin hinta saattaa vaihdella suuresti. Aikataulutehokkuuteen voidaan vaikuttaa valitsemalla nopeat työmenetelmät, jotka sisältävät vähän työvaiheita. Työvaiheiden määrään voidaan vaikuttaa mm. valitsemalla pidemmälle kehitettyjä tuotteita, kuten akustista reunakiskoja.

4.4 Tilatehokkuus

Saneerattaessa tai käyttötarkoitusta muuttaessa voi tilan säästäminen olla määräävä tekijä. Huoneistotilaa ei haluta välttämättä haaskata yhtään, joten pyritään mahdollisimman tilatehokkaaseen ratkaisuun neliöiden säästämiseksi. Tilaa voidaan säästää uudessa seinässä valitsemalla materiaalit ja materiaalivahvuudet optimaalisesti. Levyseinässä levyn jäykkyys, levyjen määrä, mineraalivillan laatu, ilmaraon koko ja runkorakenne vaikuttavat ilmaäänilukuun.

Kalkkihiekkatiilillä kaksinkertaisella rakenteella ääneneristävyysvaatimukseen päästään rakenteen kokonaisvahvuuteen 220 mm ja yksinkertaisella tiilellä muurattuna vahvuuteen 200 mm. Leca-kevytsoraharkolla ääneneristävyysvaatimukseen päästään kaksinkertaisella, 226 mm vahvuisella rakenteella. Kaksinkertaisella kevyellä levyseinällä ääneneristävyysvaatimukseen päästään 202 mm paksulla rakenteella. Massiivibetoniseinällä kokonaisvahvuus on pienin, vain 180 mm.

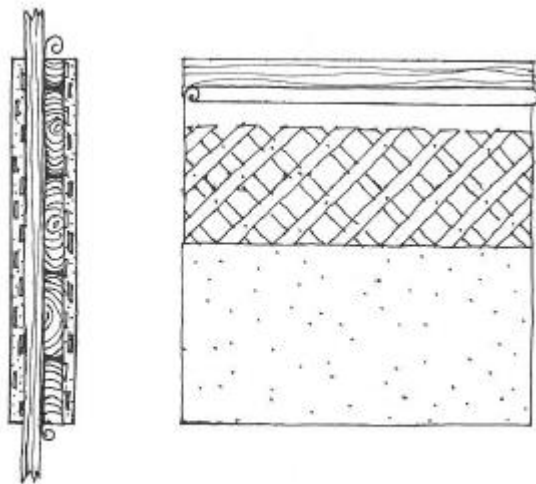
5 OLEMASSA OLEVAN SEINÄN ÄÄNENERISTÄVYYDEN ARVIOINTI

Vanhan väliseinän ääneneristävydestä ei välttämättä rakennepiirustuksista löydy merkintöjä. Jos seinärakenteelta vaaditaan tiettyä ilmaaneneristävyyden arvoa, on syytä selvittää rakennekerrokset ja -vahvuudet, joiden pohjalta voidaan arvioida rakenteen ilmaääniluku vertaamalla sitä tutkittuihin ja testattuihin rakennetyyppeihin. Ääneneristävyyttä mitataan yleensä kokeellisesti, mikä on hidas ja kallis menetelmä. Tämä opinnäytetyö keskittyy vertaamaan tunnettua rakennetta tutkittuihin ja testattuihin rakennetyyppeihin ja näin arvioimaan tarvetta lisäääneneristykselle.

5.1 Aikakausille tyypillisiä huoneistojen välisiä seinä

5.1.1 1880 - 1940

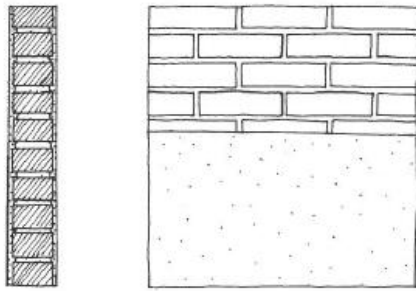
Ennen 1900-lukua rakennuksissa oli hyvin niukasti kevyitä väliseiniä. Rakennusjärjestys edellytti, että kantavien seinien oli oltava vähintään 1 kiven tiilimuuri tai hormeja sisältäen 1½ kiven tiilimuuri. Huoneistojen sisällä saatettiin kuitenkin erottaa tiloja ½ kiven tiilimuurilla tai kevyillä, useimmiten puurunkoisilla ja rapatuilla seinillä (Cloison-seinä).



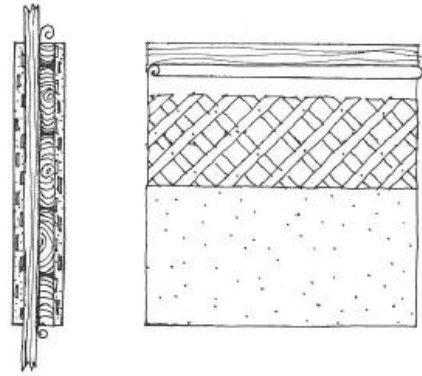
Cloison-seinä (~1910). Paksuus 150–200 mm. (1:20).

KUVA 1. Cloison-seinä (Neuvonen, 2002, 113)

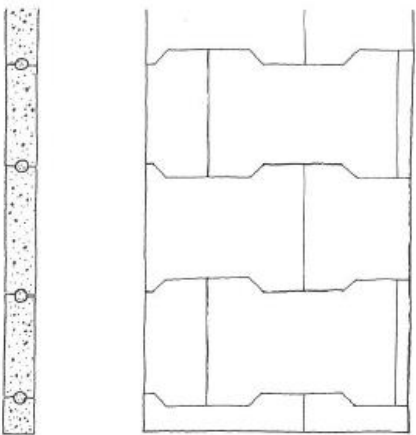
1900-luvulla väliseinät alkoivat yleistyä rakennuksissa ja uusia väliseinätyyppejä kehitettiin uusien rakennusmateriaalien, uusien välipohjaratkaisujen ja huonekohtaisesta uunilämmityksestä luopumisen myötä.



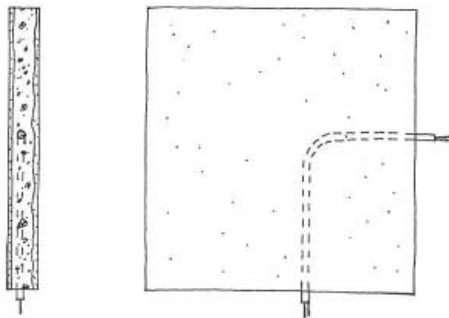
*1/2-kiven tiiliseinä. Paksuus noin 150 mm. (1:20).
– kellarista saakka kerrosten läpi punatiilistä muurattuna (1900-luvun alkuun asti)
– välipohjan varaan puna- tai kalkkiesiikkatiilistä muurattuna (1900-luvun alusta alkaen).*



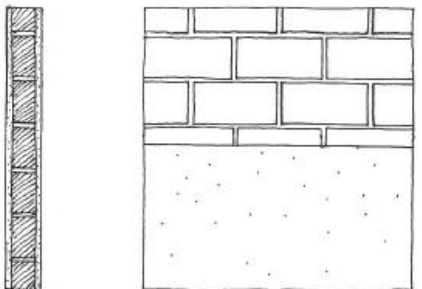
Cloison-seinä (-1910). Paksuus 150–200 mm. (1:20).



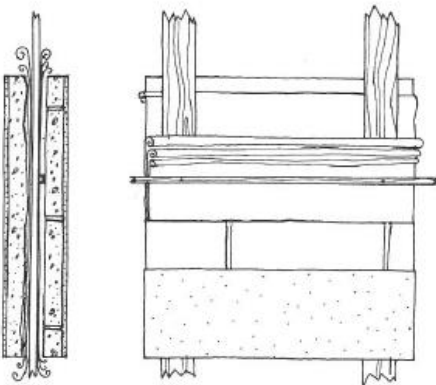
Scagliola-seinä (1897-). (1:20).



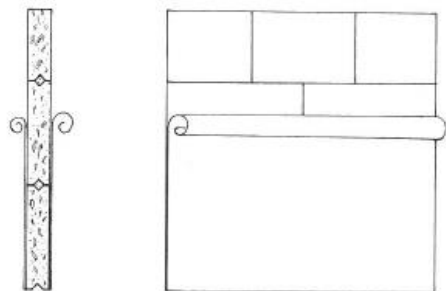
Lugino-massaseinä (1903-). Lugino-massaseinä tehtiin aluksi saumattomana muottia vasten rappaamalla. Myöhemmin Lugino-massasta valmistettiin myös väliseiniin soveltuvia muuruskappaleita. Suurissa huoneissa paksuus noin 100 mm, pienemmissä huoneissa ja komeroissa 70 mm. (1:20).



1/4-kiven tiiliseinä puna- tai kalkkiesiikkatiilistä muurattuna (1900-luvun alusta alkaen). Paksuus noin 100 mm. (1:20).



Huoneistojen välinen seinä 1930-luvulta: muottilaudottusta vasten rappattu Lugino-massaseinä + ilmarako + Lugino-massakappaleista muurattu seinä. Paksuus yhteensä noin 200 mm, ilmaraossa ääneneristeenä vasemmalta oikealle lukien tervapahvi, aaltopahvi, meriheinämatto, aaltopahvi ja tervapahvi. (1:20)

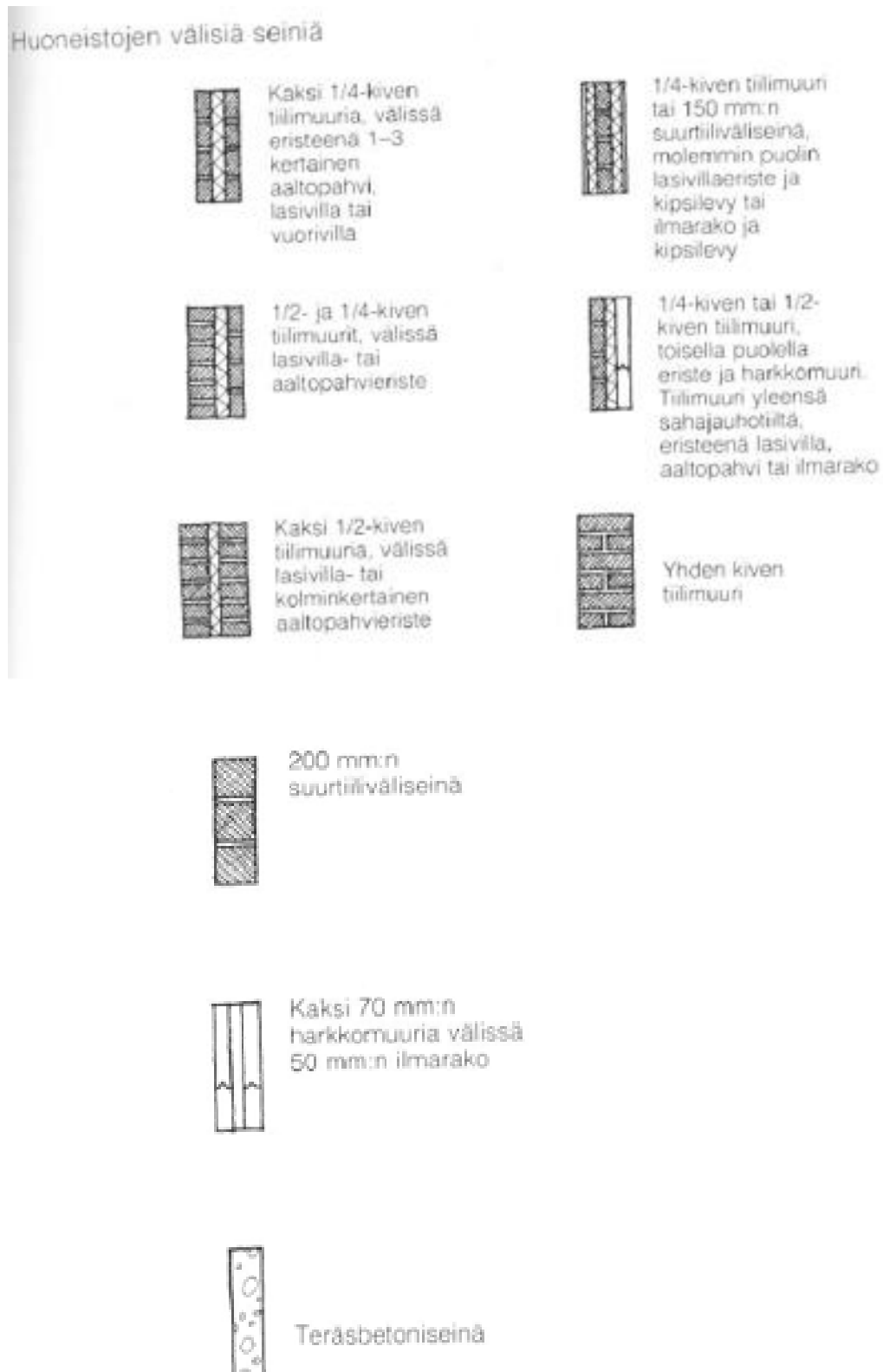


Riiksilevyseinä (1907-). Seinän paksuus oli isoissa huoneissa yhteensä 70 mm, pienissä huoneissa ja komeroissa 40 mm. (1:20).

KUVA 2. Väliseinärakenteita (Neuvonen, 2002, 114)

5.1.2 1940 - 1960

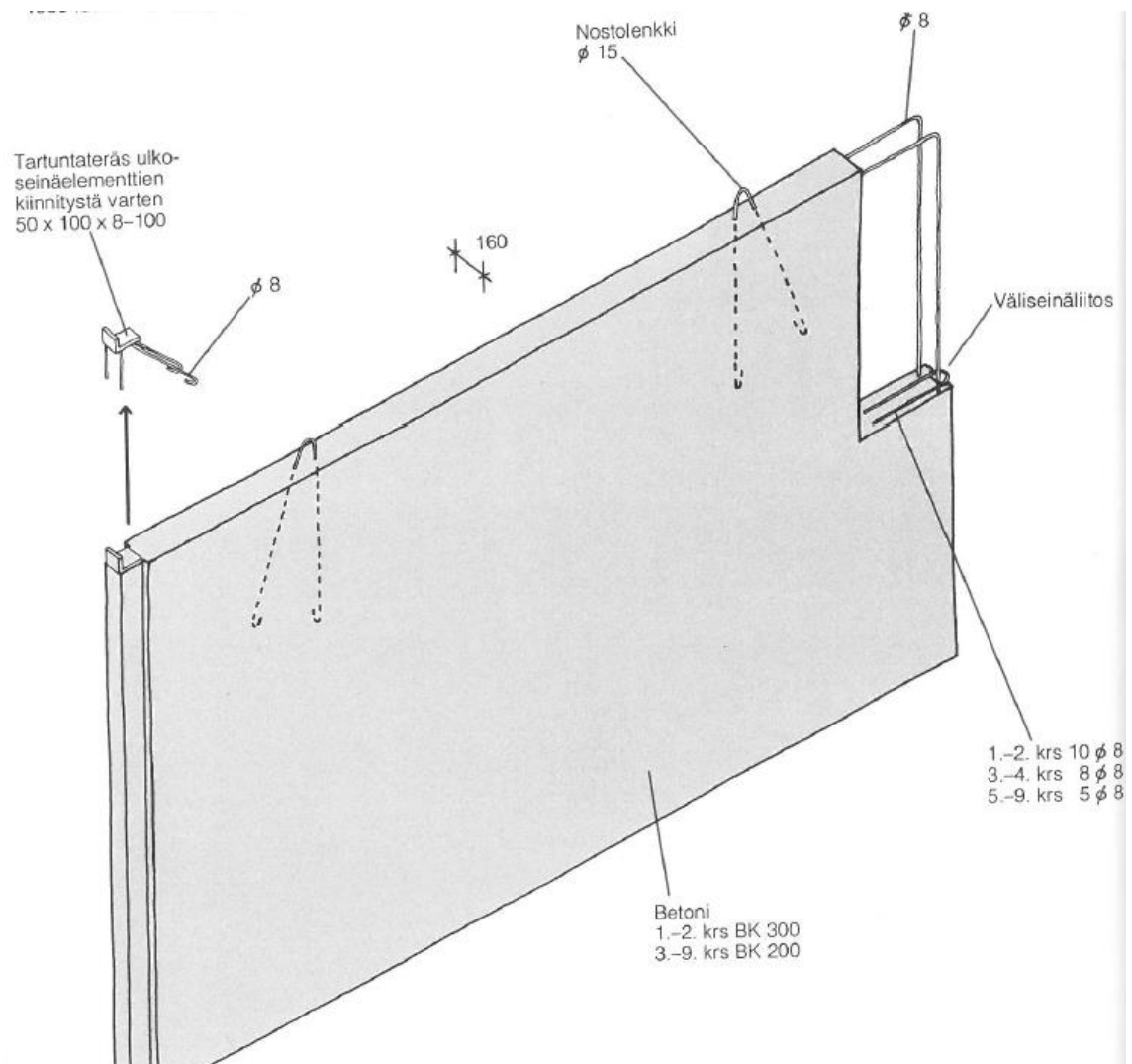
Ennen betonirakentamisen yleistymistä välisiniä rakennettiin paljon muuraamalla.



KUVA 3. Huoneistojen välisiä seiniä (Mäkiö, 1990, 137)

5.1.3 1960 - 1975

Vuosina 1960 - 1975 väliseinät rakennettiin enimmäkseen massiivibetonisina, joko paikallavaluina tai elementteinä ja 160 mm paksuisina.



KUVA 4. Elementtiväliseinä (Mäkiö, 1994, 70)

5.1.4 1975 - 2000

Vuosina 1975-2000 huoneistojen väliset seinät valmistettiin pääosin 180 mm vahvaisina betonielementteinä. 180 mm vahvuinen massiivibetoniseinä täyttää uudisrakentamisen 55 dB ilmäääneneristävyysvaatimuksen sekä palonkestovaatimukset.

5.2 Seinän rakenteen selvittäminen

Seinän rakenne selvitetään yleensä poraamalla rakenteeseen pieni reikä. Ennen reiän poraamista on syytä selvittää rakenteen kokonaisvahvuus, sillä reikää ei haluta porata läpi asti. Vahvuus voidaan selvittää joko olemassa olevista piirustuksista tai kohteessa mittamalla käyttäen muita rakenteita referenssinä.

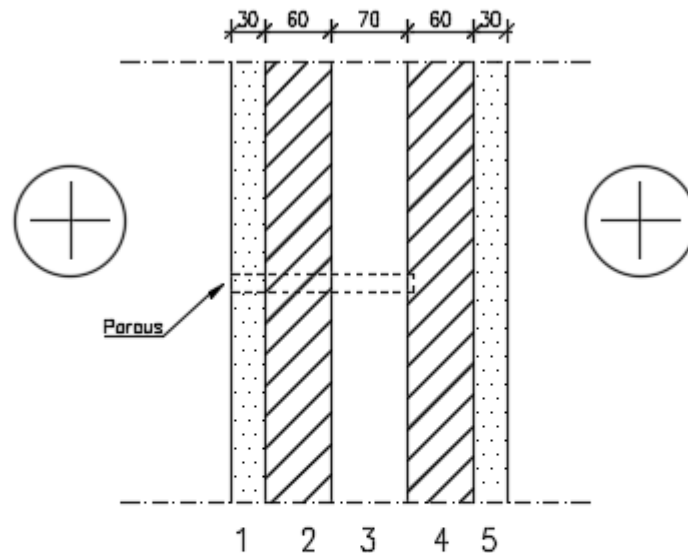
Ennen mahdollista poraamista on syytä selvittää ajalle tyypilliset seinärakenteet, jotta osataan arvioida, mitä materiaaleja tulee missäkin järjestyksessä. Ajalle tyypilliset rakenteet löytyvät kappaleesta 5.1. Rakenteen ennakointi saattaa auttaa myös haitta-aineiden selvittämisen arvioinnissa. Myös käytöstä poistuneet tuotteet ja tuotemerkit saattavat hankaloittaa rakenteiden tunnistamista ja ennakointi helpottaa materiaalien selvittämistä.

5.2.1 Tarvittavat työvälineet

- henkilökohtaiset suojaimet
- poravasara
- kiviterä
- piikkausterä
- kapea rullamitta
- työntömitta
- jämäkkää rautalankaa
- etäisyysmittari (vaihtoehtoisesti pitkä rullamitta)
- tulppia
- silikonikittiä

5.2.2 Poraus

Jo poratessa kannattaa huomioida seuraava vaihe, joka on rakennusmateriaalien selvittäminen (ks. seuraava kappale). Reikä voi olla esim. Ø 16 mm siten, että reikä ulottuu oletetusti viimeisen rakennekerroksen sisäpintaan, jolloin rakenteeseen ei tule reikää läpi asti. On tärkeää, ettei rakenteesta porata yhtäjaksoisesti läpi asti, sillä pienikin reikä seinässä laskee rakenteen ääneneristävyyttä kriittisesti.



HUONEISTOJEN VÄLINEN SEINÄ

~30 mm	1	Tasoite
60 mm	2	Tiili
70 mm	3	Ilmaväli
60 mm	4	Tiili
~30 mm	5	Tasoite

KUVA 5. Tarkastusreiän poraus

Kuvassa 5 on havainnollistettu tarkastusreiän poraamista. Poraus lopetetaan, kun päästään oletetun viimeisen rakennekerroksen sisäpintaan.

5.2.3 Materiaalien ja vahvuuksien selvittäminen

Poratusta reiästä voidaan selvittää rakennusmateriaalit ja rakennepaksuudet. Jotkin materiaalit on helppo selvittää jo porausjätteestä, joten poraus kannattaa suorittaa osissa ja tutkia porareikää ja porajätettä yksi rakennekerros kerrallaan.

Rakennekerroksen paksuuden määrittämisessä hyväksi todettuja työkaluja ovat ohut rullamitta, työntömitta, endoskooppi sekä paksuhko rautalanka. Jos monikerroksisessa seinässä on välissä huokoinen eriste, on suositeltavaa yrittää saada eristeestä palanen irti, sillä eristeen määrittäminen porausjätteestä on haastavaa.

Dokumentointi on syytä suorittaa huolellisesti työmaalla, jotta myöhemmissä vaiheissa mitään ei jää arvuuttelun varaan. Dokumentoidessa oleellisia asioita ovat seinän kokonaisvahvuus, materiaalit ja materiaalivahvuudet.

5.2.4 Reiän paikkaus

Porareikä tulee työn jälkeen paikata huolellisesti, jottei seinän ääneneristävyys laske. Seinän sävyä vastaava silikonikitti on yleensä siisti ja hyvä ratkaisu. Muita paikkausmenetelmiä ovat valmiit tulpat, peltilevyt ja pikasilote. Ennen kittaamista on usein syytä asettaa reikään tulppa, jotta kitti on helpompi tasoittaa reikään ja jottei kittiä pääse valumaan mahdolliseen ilmarakoon eikä menekki kasva suureksi.

5.2.5 Selvitetyn rakennetyypin vertaaminen mitattuihin ratkaisuihin

Seinän ilmaääneneristävyys voidaan arvioida vertaamalla seinän rakennetta tutkittuihin ja mitattuihin rakennetyyppeihin, joita on koottuna liitteissä 2-4. Referenssirakenteen tulee lähtökohtaisesti olla samanlainen tai epäedullisempi kuin verrattavan rakenteen. Verrattaessa rakennetta referenssirakenteeseen tulee liitosten ja saumojen olla tiiviitä. Pienetkin halkeamat ja epätiiviydet rakenteessa pienentävät ilmaääneneristävyttä merkittävästi (ks. taulukko 2). Tarvittaessa rakenteen pinta voidaan tasoittaa tai rapata ja saumat tiivistää elastisella massalla.

TAULUKKO 2. Raon vaikutus ääneneristävyyteen (Siikanen, 2015, 166)

Taulukko 6.6. Raon vaikutus ääneneristävyyteen.

Raon leveys (mm)	Seinän alan suhde	Eristävyys raon alaan (dB)
250	10	10
25	100	20
2,5	1000	30
0,25	10000	40
0,025	100000	50
0,0025	1000000	60
0,00025	10000000	70

5.2.6 Yksinkertaisen rakenteen ilmaääneneristävyys

Yksinkertaisella rakenteella ilmaääneneristävyys R perustuu massalakiin, jonka mukaan rakennuksen ilmaääneneristävyys kasvaa massan ja jäykkyyden kasvaessa.

$$R = 20 \log m + 20 \log f - 49 \quad (1)$$

Massalakiin perustuvassa ääneneristävyiden laskentakaavassa ääneneristävyys riippuu äänen taajuudesta.

Yksinkertaisena rakenteena toimivat:

- massiiviset, homogeeniset levyt, kuten lasi
- betoni
- kipsi
- kevytbetoni
- puu
- lastulevy
- umpisoluinen solumuovi
- tiili
- reikätiili
- luonnonkivi

Yksinkertaisen rakenteen tavoin toimivat myös monikerroksiset rakenteet, joiden kerrosten kovuudet ovat likimain yhtä suuret, kuten:

- rapattu tiiliseinä
- rapattu kevytsoraseinä
- vaneri
- rimalevy
- laakaovi jäykällä sisuskennolla
- levyseinä kovalla solumuovilla täytettynä
- ontelolaatat

Ääneneristäminen vaatii erityistä tarkkuutta ja huolellisuutta. Rakenteen ääneneristävyys vaikuttaa itse rakennetyypin lisäksi useita tekijöitä eikä teoreettiseen ääneneristävyteen päästä, ellei kaikkia epävarmuustekijöitä ole otettu huomioon.

6 RAKENNUSOSILLE ASETETUT VAATIMUKSET

6.1 Yleiset vaatimukset

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että melu, jolle rakennuksessa tai sen lähellä olevat altistuvat, pysyy niin alhaisena, ettei se vaaranna näiden henkilöiden terveyttä ja että se antaa mahdollisuuden nukkua, levätä ja työskennellä riittävän hyvissä olosuhteissa. (RT RakMK-21090 C1 1998, 2)

Lain asettamat vaatimukset ääneneristävyydelle korjausrakentamisessa ovat tulkinnanvaraisia ja rajat ovat hahmottuneet yksittäistapausten ratkaisujen myötä. Ympäristöministeriön korjausrakentamisen viranomaisohje Korvossa (Ympäristöministeriö, 2009) on koottuna case-esimerkkejä käsitellyistä tapauksista, joissa on jouduttu soveltamaan ohjeita.

6.2 Ilmaääneneristävyys

Ilmaääneneristävyyttä kuvataan ilmaääneneristysluvulla R'_W tai R_W , joka saadaan vertaamalla taajuuskaistoittain mitattua ilmaääneneristävyyttä standardoituun vertailukäyrään.

6.2.1 Ilmaääniluku R'_W

TAULUKKO 3. Rakenteen eristävyys (Ympäristöministeriö, 2003, 18)

R'_W (dB)	Puheen kuuluvuus
55	Voimakas puhe ei kuulu seinän läpi
52	Voimakas puhe kuuluu seinän läpi, mutta sanoista ei saa selvää
48	Voimakas puhe kuuluu seinän läpi niin, että sanoista voi saada selvää
44	Normaali puhe ei kuulu seinän läpi
40	Normaali puhe kuuluu seinän läpi, mutta sanoista ei saa selvää
35	Normaali puhe kuuluu seinän läpi niin, että sanoista saa selvää
30	Seinä on lähinnä näkösuoja

6.2.2 Pienimmät sallitut ilmaääniluvun R'_w -arvot

TAULUKKO 4. Pienimmät sallitut ilmaääniluvut (RakMK, 1998, 5)

Kohde	R'_w	Ohje
Asuinhuoneiston ja sitä ympäröivien tilojen välillä	55	
Asuinhuoneiston ja toista huoneistoa palvelevan uloskäytävän välillä, kun välissä on ovi	39	Asuinhuoneiston porrastaso-ovena käytetään vähintään luokan 30 dB ovea tai oviyhdistelmää.
Potilashuoneiden tai niihin rinnastettavien tilojen välillä, kun välissä ei ole ovea	48	Potilashuoneen ovena käytetään vähintään luokan 25 dB ovea
Luokkahuoneiden tai niihin rinnastettavien tilojen sekä luokkahuoneen ja käytävän välillä, kun välissä ei ole ovea	44	Luokkahuoneen ovena käytetään vähintään luokan 25 dB ovea
Asuntolat (hotellit, solut)	>44	Sovellettavissa. Normaali puheääni ei saa kantautua tilojen välillä

6.3 Askelääniluku

TAULUKKO 5. Suurimmat sallitut askelääniluvut (RakMK, 1998, 5)

Kohde	$L'_{n,w}$	Ohje
Asuinhuoneistoa ympäröivistä tiloista keittiöön tai muuhun asuinhuoneeseen	53	Ei koske satunnaisesti käytettäviä tiloja
Uloskäytävästä asuinhuoneeseen	63	Käynti vähintään kahteen huoneistoon

6.4 Jälkikaiunta-aika

TAULUKKO 6. Suurimmat sallitut askelääniluvut (RakMK, 1998, 6)

Kohde	aika (s)	Ohje
Uloskäytävissä, josta käynti vähintään kahteen huoneistoon	1,3	Ei sovelleta tiloissa, joissa pintojen puhdistettavuudelle erityisvaatimuksia
Ruokala	1,0-1,3	Ohjeellinen
Luokkahuone tms.	0,6-0,9	Ohjeellinen
Voimistelu- ja uimahalli	1,5-2,0	Ohjeellinen
Päiväkotien leikkihuoneet	0,6	Ohjeellinen

6.5 Ympäröivien rakenteiden vaatimukset uudelle huoneistojen väliselle seinälle

Huoneistojen välinen seinä vaatii sivutiesiirtymän vuoksi tiettyjä rakennepaksumuksia myös ympäröiviltä rakenteilta. Ympäröivien rakenteiden rakennevahvuuksien jäädessä rajojen alle on pohdittava vaihtoehtoisia ratkaisuja kuten äänisaumoittamista tai ympäröivien rakenteiden lisä-ääneneristämistä.

6.5.1 Seinän liitos ontelolaattaan

TAULUKKO 7. Seinän liitos ontelolaattaan (Saint Gobain, 2016, 125)

	OL P27 $\leq 20 \text{ m}^2$ huone	OL P27 $>20 \text{ m}^2$ huone	OL P20 ja OL P18 $\leq 20 \text{ m}^2$ huone	OL P20 ja OL P18 $> 20 \text{ m}^2$ huone
Tarvittava välipohjarakenne	Pintavalu, kelluva laatta tai Debel-korokelattia	Kelluva laatta tai Debel-korokelattia	Debel-korokelattia	Ei sovellu

6.5.2 Seinän liitos massiivilaattaan

TAULUKKO 8. Seinän liitos massiivilaattaan (Saint Gobain, 2016, 124)

	$\leq 20 \text{ m}^2$ huone	$> 20 \text{ m}^2$ huone
Laatan vähimmäispaksuus (mm)	180	240

6.5.3 Seinän liitos massiivibetoniseinään

TAULUKKO 9. Seinän liitos massiivibetoniseinään (Saint Gobain, 126)

	Porraskuilun seinä	Pitkä väliseinä
Tarvittava seinäpaksuus (mm)	170	190

6.6 Ilmääneneristävyuden todentaminen

Ilmäänen vaatimustenmukaisuus voidaan osoittaa seuraavilla menetelmillä:

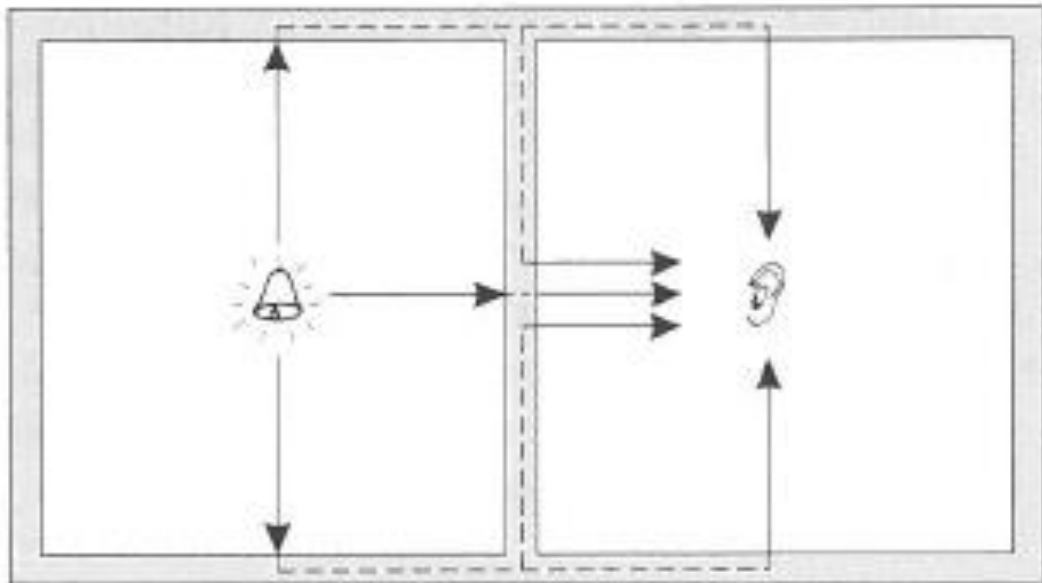
- laboratoriomittauksilla
- aikaisemmin hyväksytyjä menetelmiä käyttämällä
- laskentamenetelmillä
- kenttämittauksilla rakentamisen aikana ja jälkeen

Käytettävien menetelmien kelpoisuus tulee olla osoitettu. EN- ja ISO-standardien mukaisten menetelmien oletetaan täyttävän kelpoisuusvaatimukset.

Standardoidun äänimittauksen tekeminen on kuitenkin kallista ja vaikeaa. Liitteessä 1 on haastateltu laboratorioinsinööri Jarno Oravasaarta, joka suorittaa äänimittauksia Tampereen ammattikorkeakoulun rakennuslaboratoriolle. Oravasaaren mukaan tyypillinen kohde on uudiskohde, josta otetulla otannalla varmistetaan laatu.

7 ÄÄNEN KULKEUTUMINEN HUONEISTOJEN VÄLILLÄ

Asuinkerrostaloissa merkittävin äänitekkninen ongelma on äänien kulkeutuminen huoneistojen välillä. Asumisen äänistä valitetaan paljon. Valituksen aiheena on usein TV:n, radion ja musiikin kuuntelu, soittimien soittaminen, kovaääninen puhe, kävely, tavaroiden siirtely tai kodinkoneiden äänet. Näihin äänilähteisiin ei pystytä rakennusmääräyksillä vaikuttamaan, mutta niiden häiritsevyyttä voidaan vähentää hyvällä huoneistojen välisellä ääneneristyksellä. (Ympäristöministeriö 2003, 15)



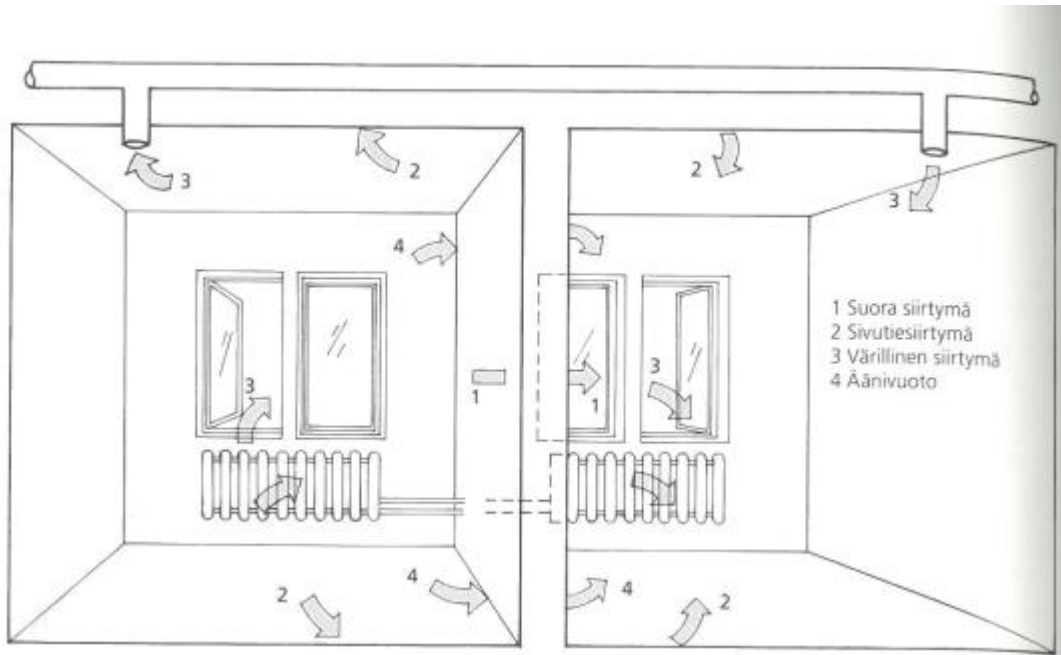
Kuva 1. Äänen siirtymäreitit kahden huonetilan välillä rakenteiden kautta.

KUVA 6. Äänen siirtyminen huonetilojen välillä. (Ympäristöministeriö, 19)

7.1.1 Sivutiesiirtymä

Sivutiesiirtymällä tarkoitetaan äänen siirtymistä huonetilasta toiseen toisten rakennusosien kautta. (Siikanen 2015, 167-168) Merkittäviä rakennusosia sivutiesiirtymän kannalta ovat alapuolinen rakenne (alapohja/välipohja/pintabetonilaatta), ympäröivät raken-

teet (seinät), yläpuolinen rakenne (välipohja/yläpohja) sekä mahdolliset läpiviennit. Pin-
tabetonilaatan takia aiheutuva sivutiesiirtymä voidaan estää katkaisemalla rakenne läpi
asti.



KUVA 7. Sivutiesiirtymä. (Siikanen, 168)

7.1.2 Tiiviys

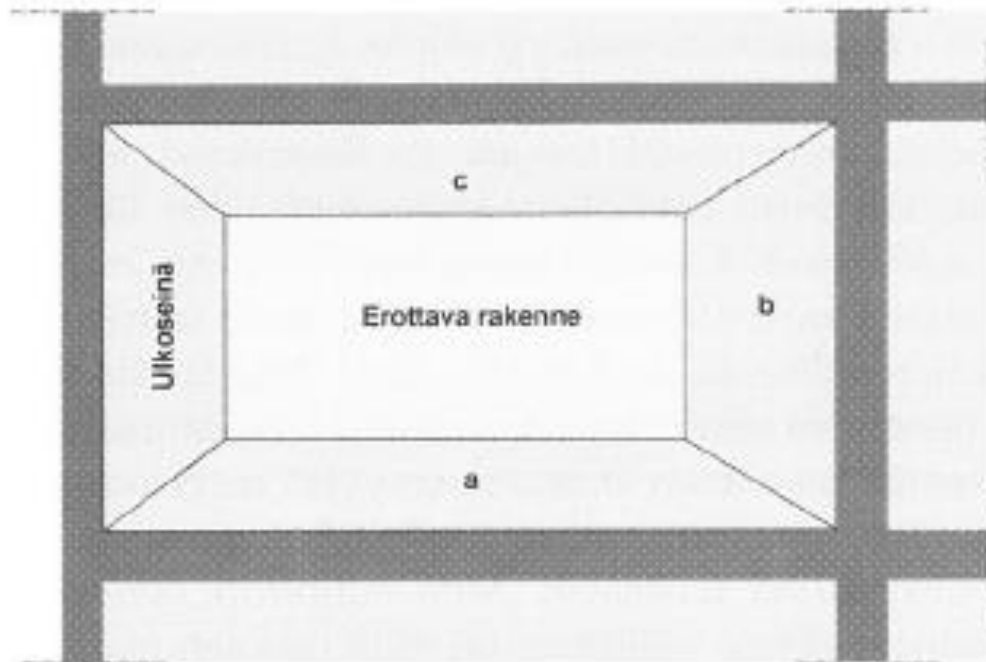
”Jotta erottavat ääntä eristävät seinämät toimisivat halutulla tavalla, niiden tulee olla ehdottoman tiiviitä.” (Siikanen 2015, 166) Rako tai reikä rakenteessa muodostaa toiselle puolelle uuden äänilähteen, ja pienikin reikä tai rako laskee rakenteen ääneneristävyyttä merkittävästi. (Siikanen 2015, 167-168)

Suurin osa rakennusmateriaaleista täyttää tiiviysvaatimukset, mutta esimerkiksi kevytso-
rabetoni ja muurattujen tiili- ja harkkorakenteiden saumat saattavat olla epätiiviiitä. Muu-
ratuissa rakenteissa tiiviys tulee varmistaa rappauksella, tasoitteella tai tiiviillä levyillä
rakenteen pinnassa. (Siikanen 2015, 166)

7.1.3 Liitokset

Ääneneristävyyttä vaativien rakenteiden liitokset ovat korjausrakentamisessa todella han-
kalia yksityiskohtia. Uudisrakentamisen ohjeita tarkastellessa selviää, että vanhemmat ra-

kennukset eivät useinkaan täytä uuden ääniteknisen rakenteen vaatimia ympäröivien rakenteiden raja-arvoja. Siksi ympäröiviin rakenteisiin on tehtävä äänisaumoja. Äänisauma kaikessa yksinkertaisuudessaan tarkoittaa rakenteen pintakerroksen (esim. kelluva laatta) halkaisua sivutiesiirtymän pienentämiseksi. Seinän yläpään taipumavaraliitokset vaativat myös erilaisen, joustavamman liitoksen kuin puolijäykät liitokset.



Kuva 2. Liittyvät rakenteet.

KUVA 8. Ympäröivät rakenteet (Ympäristöministeriö, 19)

Yksinkertaisilla, massiivisilla seinillä (betoni ≥ 180 mm, tiili ≥ 270 mm) voidaan käyttää jatkuvaa massiivilaattaa (≥ 200 mm) tai ontelolaattaa (≥ 265 mm) jäykällä liitoksella, sillä sivuavan rakenteen ääneneristävyyden on suunnilleen yhtä hyvä kuin erottavan rakenteen. Kaksinkertaisia erottavia rakenteita käytettäessä katkaistaan sivuava rakenne erottavan rakenteen kohdalla (äänisauma). (Ympäristöministeriö 2003, 25-26)

Vaadittujen ympäröivien rakenteiden eristävyys jätettäessä äänisaumasta huolimatta vaajaaksi tarvitaan lisäeristäviä toimenpiteitä, jotka saattavat paisua kohtuuttomiksi ja vaikeiksi toteuttaa. Tällaisessa tilanteessa on syytä tarkastella vaatimuksia tarkemmin yhdessä rakennuttajan ja viranomaisen kanssa ja pohtia, voisiko vaatimuksista joustaa. Tarkoituksenmukaista ei kuitenkaan ole esimerkiksi lisääänieristää ylä- ja alapuolisia välipohjia sekä sivuavia seiniä vain, jotta yksittäisen väliseinän ääneneristävyyden saataisiin uudisrakentamisen raja-arvoihin.

Kevyt huoneistojen välinen seinä tarvitsee akustisen saumauksen liitoksiinsa, jotta ilmaääneneristävyydessä päästään tarvittavaan tasoon. Liitoksen tiivistämiseen on mm. seuraavia vaihtoehtoja:

- saumanauhoitus ja tiivistys elastisella massalla
- akustinen reunaprofiili ja tiivistys elastisella massalla
- valmis eristyskaista

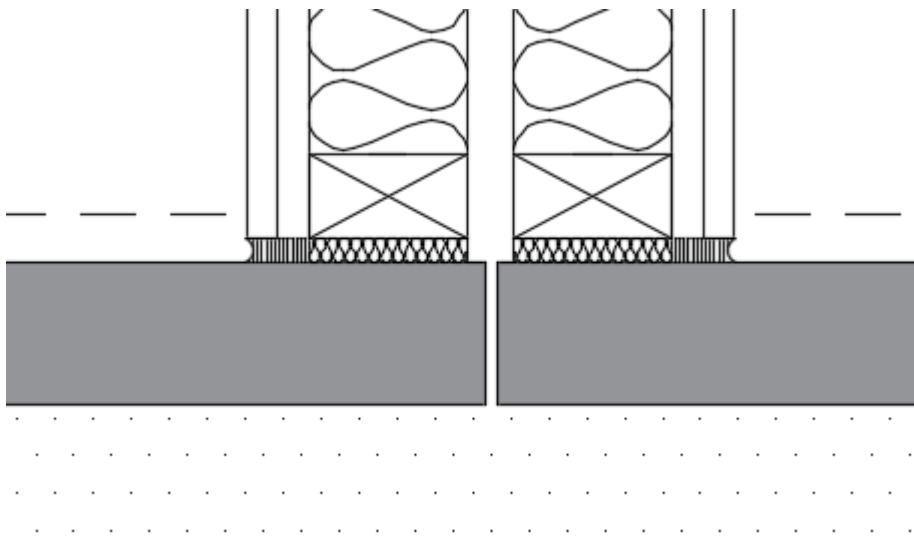
Seinän tiivistäminen on hyvin työlästä ja hidasta, minkä vuoksi isoissa projekteissa on syytä harkita valmiin eristyskaistan käyttämistä perinteisen massaamisen sijaan ajan säästämiseksi. Perinteisessä saumaamisessa myös työn laatu vaikuttaa tiiviyyteen merkittävästi, mutta valmiin eristyskaistan avulla saavutetaan helposti tasalaatuinen ja varma sauma. Hilti toi tuotteen ensimmäisenä Suomen markkinoille tuotteellaan Hilti CFS-TTS.



KUVA 9. Esivalmistettu palokatkotiiviste CFS-TTS E, joka toimii myös akustisena tiivisteenä (Hilti, 2018)

7.1.4 Äänisauma

Äänisaumalla tarkoitetaan ympäröivän rakenteen halkaisua, tässä tapauksessa seinän suunnassa. Äänisaumalla poistetaan tehokkaasti sivutiesiirtymää, ja äänisauma on tarpeellinen, kun esimerkiksi pintalaatta kulkee yhtenäisenä tilassa, joka on tarkoituksena jakaa useammaksi tilaksi huoneistojen välisellä seinällä. Äänisauman toimivuuden kannalta on äärimmäisen tärkeää, ettei mikään kiinteä aine yhdistä sauman erottamia rakenteita toisiinsa.



KUVA 10. Äänisauma pintabetonilaatassa

8 HUONEISTOJEN VÄLISTEN SEINIEN LISÄ-ÄÄNENERISTÄMISTARPEEN SELVITTÄMINEN

Käyttötarkoitusta muutettaessa tai suurempaa saneerausta suoritettaessa saattaa olla tarpeen rakentaa uusia huoneistojen välisiä seiniä tai parantaa vanhan seinän ääneneristävyyttä. Uudiskohteissa huoneistojen väliset seinät tehdään lähes poikkeuksetta massiivibetonisina, jolloin 180 mm paksulla seinällä saadaan sekä ääneneristävyyttä että paloluokkavaatimukset täytettyä. Rakennuksen käyttötarkoitusta muutettaessa raskaiden, 180 mm paksujen betoniseinien rakentaminen ei usein ole kannattavaa mm. välipohjan kantavuuden vuoksi, vaan on syytä etsiä kevyempi ratkaisu.

8.1 Olemassa olevan huoneistojen välisen seinän ääneneristyksen parantaminen

Vanhan huoneistojen välisen seinän ilmaääneneristävyyden parantaminen voi olla saneerauksen tai käyttötarkoituserityksen yhteydessä tarpeellista. Vanhan seinän rakenne ja sitä kautta ilmaääneneristävyyden on syytä selvittää varsinkin asuinhuoneistoja tehtäessä.

Lähtökohtaisesti ilmaraollinen tai eristetilallinen kaksinkertainen tiilimuuraus on toimiva rakenne huoneistojen väliseksi seinäksi, mutta useat tekijät voivat tehdä rakenteesta akustisesti toimimattoman. Rakenteen toimivuutta tarkastellessa on syytä kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin:

- rakennevahvuudet
- rakenteen massa
- rakenteen tiiveys
- halkeamat
- läpiviennit
- ympäröivät rakenteet
- mahdollisen eristeen materiaali
- äänisaumat

Rakenteen ollessa riittämätön, mutta potentiaalinen, on olemassa useita ratkaisuja, joilla rakenteen ääneneristävyyden saadaan halutulle tasolle.

8.2 Levykerrosten lisääminen

Rakenteen ollessa hyvin lähellä ääneneristävyysvaatimuksia voidaan pintaan tai pintoihin lisätä tasoite tai rappauserroksia, jolloin rakenteesta tulee tiiviimpi ja ääneneristävyys paranee. Kevytrakenteisen levyseinän ääneneristävyttä voidaan parantaa levykerroksia lisäämällä seuraavasti:

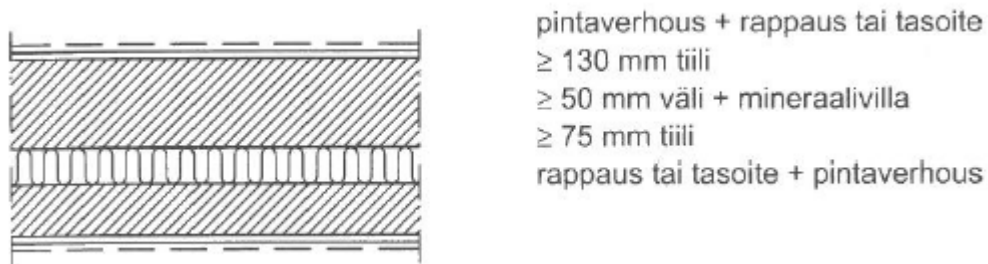
Asentamalla ylimääräinen kipsilevykerros 1-1 tai 2-2 -seinärakenteeseen saavutetaan parempi ääneneristys. 1-2 -seinärakenteella saavutetaan taval-
lisesti 4 dB korkeammat R'_W -arvot kuin 1-1 -rakenteella. 2-3 -rakenteella saavutetaan normaalisti 1-2 dB korkeammat arvot kuin 2-2 -seinällä. (Saint Gobain 2016, 439)

8.3 Jousirankarakenne

Tarvittaessa hieman enemmän lisä-ääneneristystä voidaan rakenteen toiseen tai molempiin pintoihin asentaa jousirankarakenne sekä levytys, jolloin ääneneristävyttä saadaan parannettua huomattavasti. Jousirankarakenne pääsee oikeuksiinsa, kun rakenteelta vaaditaan erityisen suurta ilmaääneneristävyttä. Rakentamalla seinän molemmin puolin lisä-ääneneristys akustisilla jousirangoilla saavutetaan 15-20 dB:n lisä-ääneneristys 30 mm koolauksella ja 1-2 kpl 13 mm kipsilevyllä. 25 dB:n lisä-ääneneristys saavutetaan 50 mm koolauksella ja mineraalivillalla. Parannusvaikutus pätee seuraavilla runkopaksuuksilla: betoni ≤ 100 mm, kevytbetoni ≤ 150 mm ja tiili ≤ 130 mm. Paksummilla seinillä vaikutus on vähäisempi. (Saint Gobain 2016, 442)

8.4 Osittainen purku ja lisäeristys

Seinän rakenteen ollessa riittämätön voidaan seinä myös osittain purkaa ja rakentaa uudelleen. Osittaisen purun yhteydessä on mahdollista myös tehdä ympäröiviin rakenteisiin äänisaumat niiden puuttuessa. Osittainen purku voi olla kannattava esimerkiksi seuraavanlaisessa rakenteessa:



KUVA 11. 52 dB kaksinkertainen tiiliseinä villaeristeellä (RIL 2003, 129)

Rakenteen todennettu ilmaääniluku on ≥ 52 dB. Rakenteessa toinen tiilimuuri on riittävä, mutta välistä puuttuu ilmarako ja toinen tiilimuuri on liian ohut täyttääkseen 55 dB ilmaääneneristävyysvaatimuksen. Purkamalla 75 mm paksu tiilimuuri saadaan uudesta rakenteesta tehtyä ≥ 55 dB luokan rakenne esimerkiksi seuraavanlaisella ratkaisulla:



KUVA 12. 55 dB seinä (RIL 2003, 129)

9 UUDEN HUONEISTOJEN VÄLISEN KIVIRAKENTEISEN SEINÄN RAKENTAMINEN

9.1 Suunnitteluperusteet

Uutta kivirakenteista seinää rakennettaessa on syytä tarkastella välipohjan kantavuutta. Uudistuotannossa laajasti käytetyn 180 mm vahvuisen massiivibetoniseinän massa on 450 kg/m^2 , joten massa ylittää tavanomaisten välipohjien kantavuusrajat ja sopii rakennettavaksi lähinnä kantaville linjoille.

Massiivibetoniseinä on kuitenkin tilahävikin kannalta edullisin ratkaisu, joten mahdollisuuksien mukaan sitä kannattaa harkita.

Muita yleisiä kivirakenteisia ratkaisuita ovat kaksinkertaiset tiili-, KaHi-tiili- sekä kevytsoraharkkoseinät ilmaaolla tai huokoisella eristeellä tai molemmilla varustettuina. Myös paksumpia massiivisiä tiiliseiniä esiintyy ennen vuotta 1900 rakennetuissa asuinkerrostoissa.

9.2 Esimerkkiratkaisuja

R'_w 55 dB täyttäviä rakenteita

TAULUKKO 10. 55 dB seinä (Ympäristöministeriö 2003, 21-22)

	<p>≥ 180...200 mm betoni</p>
	<p>tasoite ≥ 235 mm kalkkihiekkaharkko tasointe – kalkkihiekkaharkon tiheysluokka ≥ 1,7 – muuraus täysin saumoin</p>
	<p>tasoite 270 mm tiili, tiilen tiheysluokka ≥ 1,9 tasointe</p>
	<p>≥ 80 mm betoni ≥ 30 mm mineraalivilla ≥ 80 mm betoni</p>

10 UUDEN HUONEISTOJEN VÄLISEN KEVYTRAKENTEISEN SEINÄN RAKENTAMINEN

10.1 Suunnitteluperusteet

Huoneistojen väliset kevytrakenteiset väliseinät ovat helppo tapa jakaa olemassa oleva tila eri kokosiin osiin. Kevyitä väliseinärakenteita rakennettaessa ei yleensä tarvitse erikseen tarkastella kantavuutta, ja kiinnitykset onnistuvat varsin kevyillä liitoksilla. Kevyet levyseinät ovat myös verrattain nopeita rakentaa.

Uusia kevyitä huoneistojen välisiä seiniä rakennettaessa yleisen käytännön mukaan käytetään vain kaksinkertaisella rungolla tehtyjä seiniä. Kaksinkertaisella rungolla katkaistaan runkoääni, joka kevyessä väliseinässä on hyvin merkittävä. Tässä työssä tarkastellaan lähemmin kipsilevy pintaisia seiniä erilaisilla runkorakenteilla sekä kipsilevyjen kerrosmäärillä ja laaduilla. Huoneistojen välisissä seinissä vaaditaan myös palonkestävyyttä, joka lähes poikkeuksetta täyttyy kaikilla ääneneristävyydeltään sopivilla väliseinärakenteilla eikä vaadi erillistä tarkastelua.

Kevyet huoneistojen väliset seinät sopivat erityisen hyvin tiloihin, jotka on tehty muunneltaviksi, kuten toimistorakennukset. Kevyen seinän sisällä saadaan myös vietyä vaivatonta tekniikkaa.

10.2 Esimerkkiratkaisu

$R'_w \geq 55$ dB täyttävä kaksinkertainen levyseinä



KUVA 13. 55 dB levyseinä (RIL 2003, 22)

≥ 55 dB ilmääänilukuun voidaan päästä seuraavilla ehdoilla:

- rakennuslevyt vähintään 12,5 mm kipsilevyä
- rakennuslevyt limitetty
- runko vähintään 35x66 puurankaa
- mineraalivilla pehmeää
- ilmarako vähintään 20 mm

Ilmääneneristävyyttä voidaan parantaa muuttamalla edellä mainittua rakennetta seuraavilla asioilla:

- kipsilevyjen jäykkyyden ja/tai massan lisääminen
- kipsilevykerrosten lisääminen
- rungon muuttaminen peltirangaksi tai akustiikkarangaksi
- mineraalivillan vaihtaminen akustiikkavillaan
- ilma-avon kasvattaminen

11 POHDINTA

Opinnäytetyön yhtenä isoimmista haasteista oli määräysten ja ohjeiden suurpiirteisyys. Korjausrakentamisessa sovellettavaa uudisrakentamisen lainsäädäntöä koskevat määräykset eivät koske korjausrakentamista, mutta niitä sovelletaan lähinnä tapauskohtaisesti uudisrakentamiseen. Ennakkotapausten puute luo oman haasteensa vetää rajaa uudisrakentamisen määräysten ja kulttuurihistoriallisen ja rakennustaiteellisen arvon välille.

Valmiita, testattuja rakennetyyppejä löytyi alan julkaisuista ja materiaalivalmistajien kirjastoista verrattain hyvin, ja yleisimmät rakennusmateriaalit ja rakennevahvuudet tulivat hyvin katetuksi. Myös lisäeristämisestä löytyi lähdemateriaalia kohtalaisesti, ja mm. lisälevykerroksille saatiin konkreettiset lisäääneneristävyyssarvot tietyillä reunaehdoilla.

Kootuista rakennetyypeistä on helppo selvittää olemassa olevan rakenteen teoreettinen ilmaääneneristävyys, jonka pohjalta voidaan tehdä johtopäätös rakenteen toimivuudesta. Mikäli rakenne ei sellaisenaan riitä ääneneristävyytensä puolesta, voidaan valmiista rakennetyypeistä selvittää, millaista muokkausta tai lisäystä rakenne vaatii täyttääkseen vaatimukset.

Opinnäytetyössä on konsultoitu myös materiaalivalmistajia, joilta onkin saatu hyviä vinkkejä ja arvokasta tietoa. Hilti Oy:n tekemässä tietoiskussa Swecon korjausrakentamisen osastolle ilmoitettiin uudesta esivalmistetusta palokatkotiivisteestä, joka toimii myös akustisena tiivisteenä ja nopeuttaa väliseinärakentamista. Saint Gobain Rakennustuotteet Oy:n käsikirjasta ja asiakaspalvelusta taas sai hyviä vinkkejä ja valmiita ratkaisuja. Opinnäytetyötä varten on myös haastateltu laboratorioinsinööri Jarno Oravasaarta, joka tuottaa äänimittauksia Tampereen ammattikorkeakoulun rakennuslaboratoriolle.

Työllä vastattiin kysymyksiin, joita projekteissa oli ilmennyt. Siinä on koottu käytännölliseen muotoon väliseinien akustiikkasuunnittelussa tarvittavaa tietoa ja ratkaisuja, mutta opit ovat osittain sovellettavissa myös muille rakennusosille.

LÄHTEET

Hilti. 2018. Esivalmistetut saumat. Luettu 12.4.2018.

<https://www.hilti.fi/palokatkot-ja-palosuojaustekniikka/esivalmistetut-saumat>

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2003. RIL 129 Ääneneristyksen toteuttaminen. 1. painos. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto ry.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2007. RIL 243-1-2007 Rakennusten akustinen suunnittelu: akustiikan perusteet. 1. painos. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto ry.

Mäkiö, E. 1990. Kerrostalot 1940 - 1960. 2. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Mäkiö, E. 1994. Kerrostalot 1960 - 1975. 2. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Neuvonen, P. 1991. Kerrostalot 1975 - 2000. 1. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Neuvonen, P. 2002. Kerrostalot 1880 - 1940. 1. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Saint Gobain Rakennustuotteet Oy. 2016. Gyproc käsikirja. 1. painos. Kirkkonummi: Saint Gobain rakennustuotteet Oy.

Siikanen, U. 2015. Rakennusfysiikka – Perusteet ja sovelluksia. 2. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ympäristöministeriö. 2003. Ääneneristys rakennuksessa. 1. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ympäristöministeriö. Korjausrakentamisen viranomaisohjaus. 2009. Ääneneristys korjausrakentamisessa. Luettu 28.3.2018.

<https://www.korvo.fi/21>

LIITTEET

Liite 1. Haastattelu, Jarno Oravasaari, laboratorioinsinööri.

Minkälainen on tyypillinen kohde, johon standardisoituja ilmaääneneristysluvun mittauksia tehdään?

Uudiskohde, esim. kerrostalo, jossa mitataan tietty määrä asuntoja otoksena laadunvarmistusta varten.

Montako ilmaääneneristysluvun mittausta saadaan suoritettua yhden työpäivän aikana (8h)?

n. 8 kpl.

Paljonko tyypillisen ilmaääneneristysluvun mittauksen yksikköhinta on?

Ensimmäinen mittaus 525,00 € (alv 0%), seuraavat mittaukset samassa rakennuksessa 262,50 € /kpl (alv 0%), hinnat vuonna 2018.

Miten ilmankosteus ja lämpötila vaikuttaa ilmaääneneristysluvun mittaukseen?

Normaaleissa asumisolosuhteissa ei oikeastaan mitenkään, niissä olosuhteissa kuitenkin mitataan.

Kuinka suuri on huonosti toteutetun liitoksen vaikutus ilmaääneneristyslukuun?

Vaikutus voi olla todella merkittävä, yksittäinen millinkin rako voi huonontaa ilmaääneneristyslukua kolmekin desibeliä.

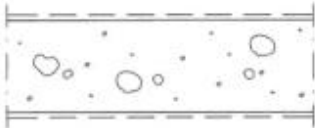
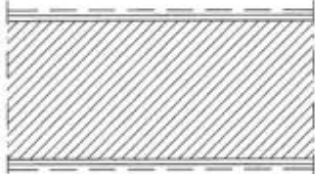
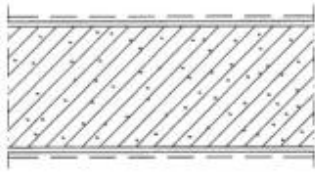
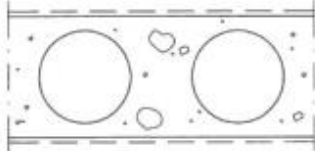
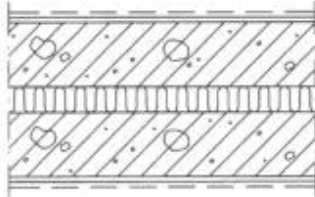
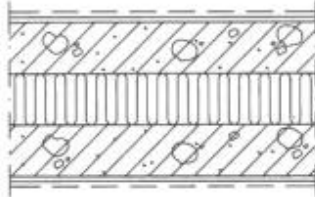
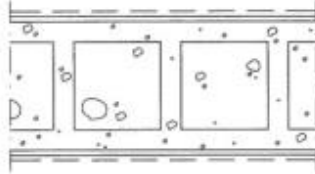
Mikä on suurin yksittäinen epävarmuustekijä mittauksissa?

Varmaankin mittaushuoneen tarkan tilavuuden määrittämisessä voi tulla epävarmuustekijöitä, varsinkin jos mittaushuoneessa on paljon ilmanvaihtoputkia näkyvissä, osittain alaslaskettuja kattoja, palkkeja yms.

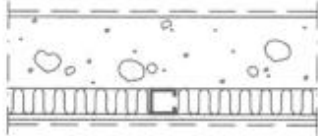
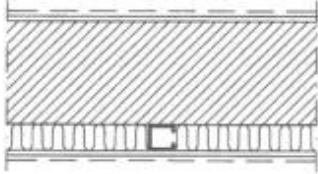
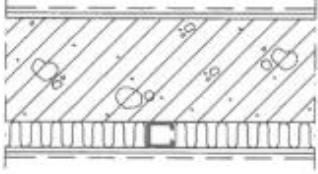
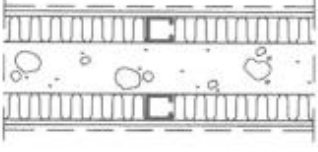
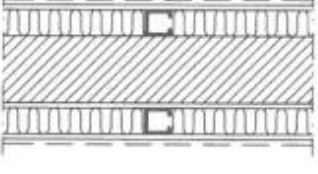
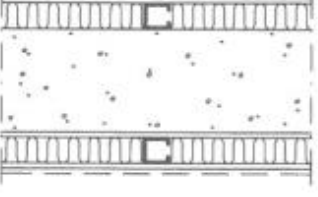
Liite 2. Testattuja seinärakenteita ja niiden ilmaääneneristävyyksiä (RIL, 2003)

RIL 129-2003

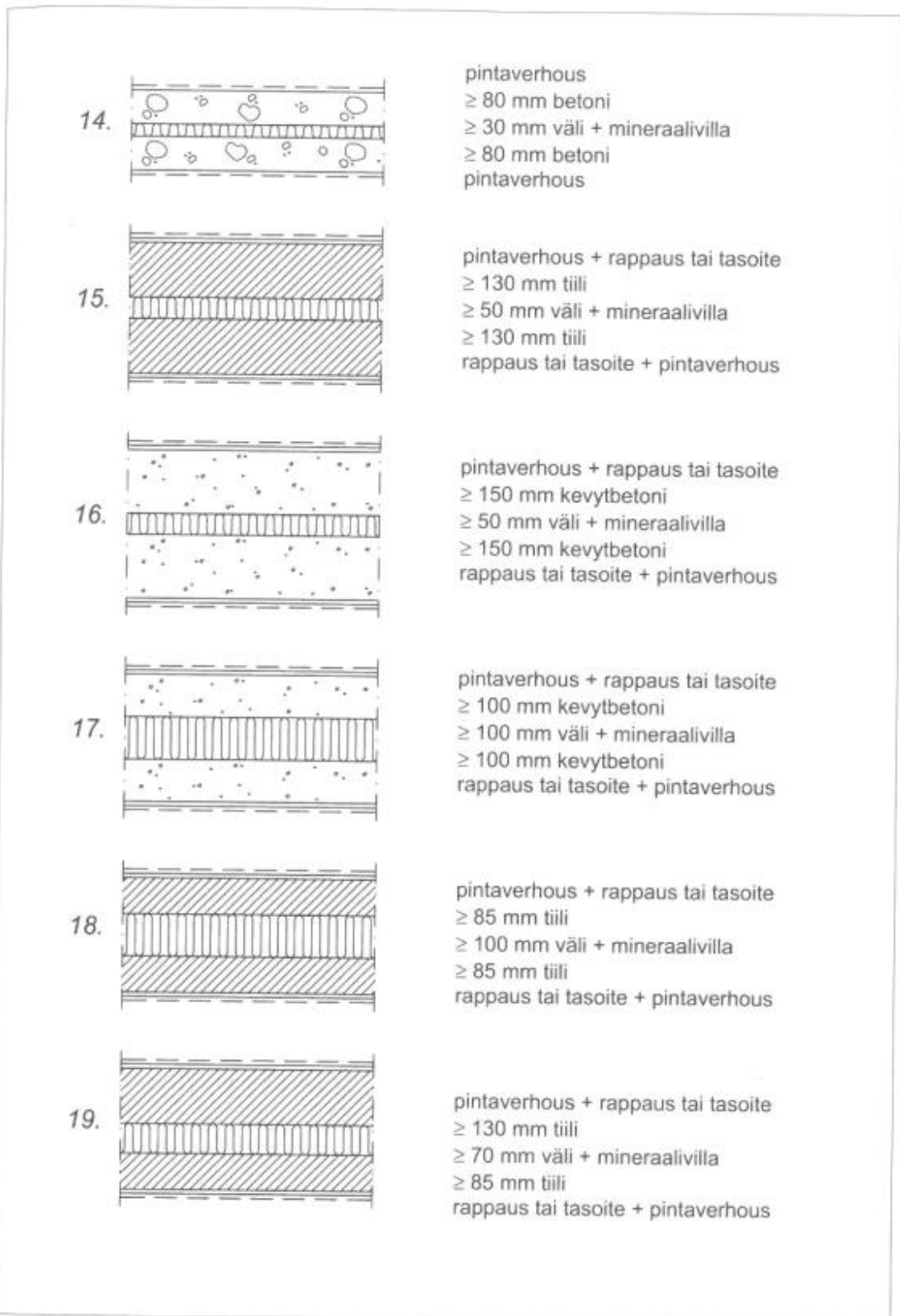
RAKENTEIDEN ÄÄNENERISTÄVYYS

VÄLISEINÄRAKENTEITA $R'_w \geq 55$ dB	
1.	 <p>pintaverhous ≥ 180 mm betoni pintaverhous</p>
2.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 270 mm tiili rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
3.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 235 mm kalkkiahkka ≥ 400 kg/m² rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
4.	 <p>pintaverhous ≥ 265 mm / 380 kg/m² ontelolaatta seinänä saumat tiivistettävä pintaverhous</p>
5.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 125 mm betoniharkko ≥ 50 mm väli + mineraalivilla ≥ 125 mm betoniharkko rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
6.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 100 mm betoniharkko ≥ 100 mm väli + mineraalivilla ≥ 100 mm betoniharkko rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
7.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 250 mm betoninen muottiharkko + betoni rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>

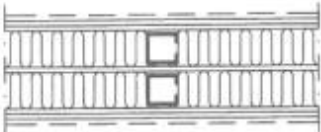
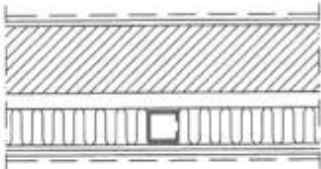
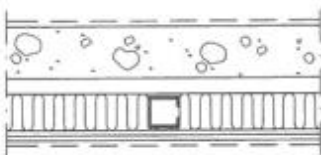
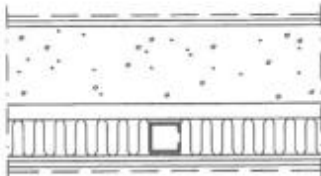
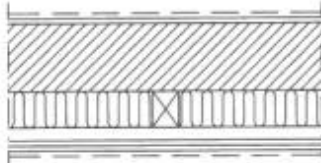
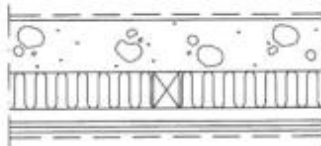
Kuva 1.12. Piirrosarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmaääneneristävyyttä $R'_w \geq 55$ dB.

8.		<p>pintaverhous ≥ 140 mm betoni ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
9.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 200 mm tiili ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
10.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 200 mm betoniharkko ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
11.		<p>pintaverhous + rakennuslevy ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla ≥ 100 mm betoni ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
12.		<p>pintaverhous + rakennuslevy ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla ≥ 130 mm tiili rappaus tai tasoite ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
13.		<p>pintaverhous + rakennuslevy ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla ≥ 200 mm kevytbetoni rappaus tai tasoite ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>

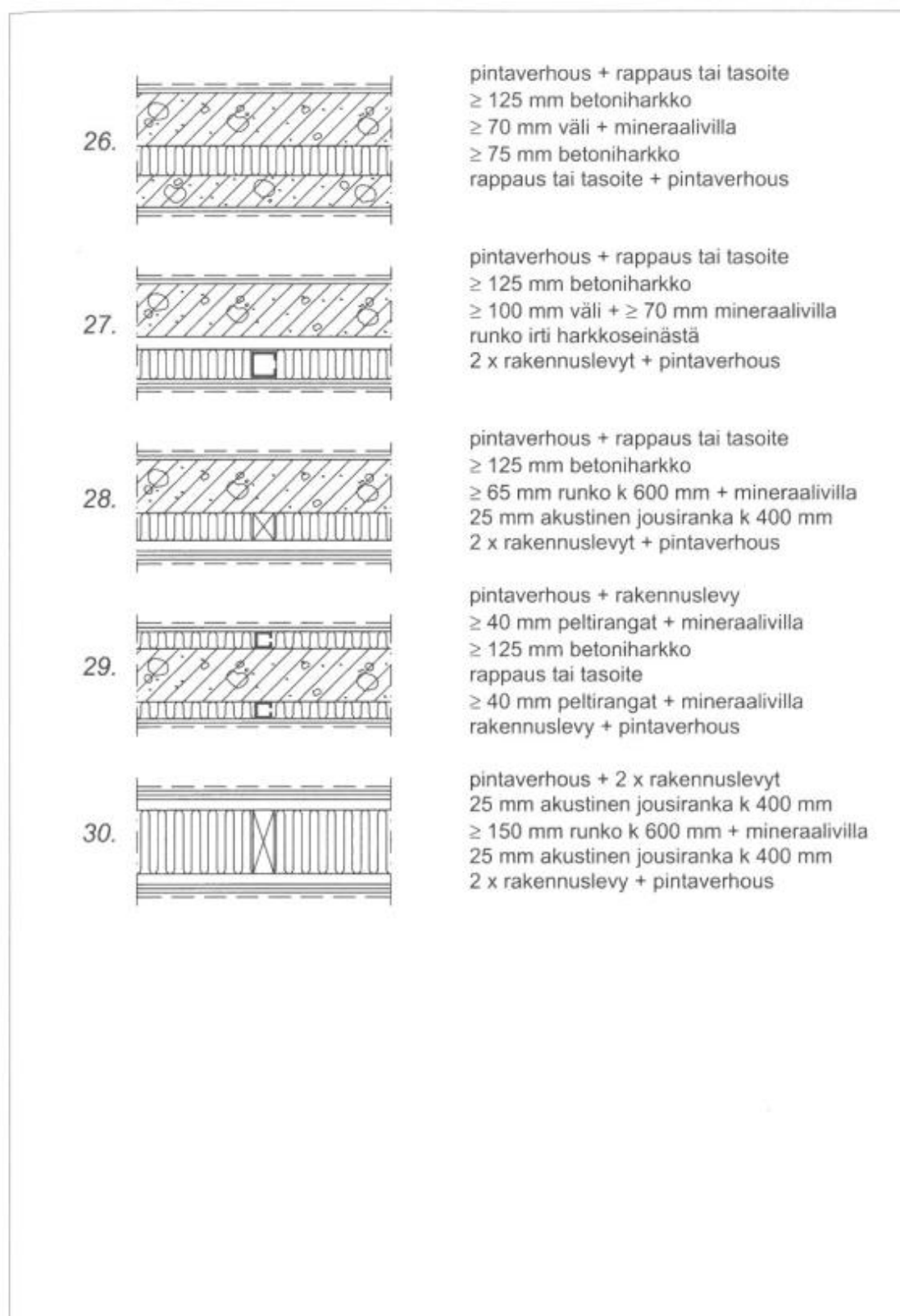
Kuva 1.12. Piirrosarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmaaneneristävyyttä $R'_w \geq 55$ dB.



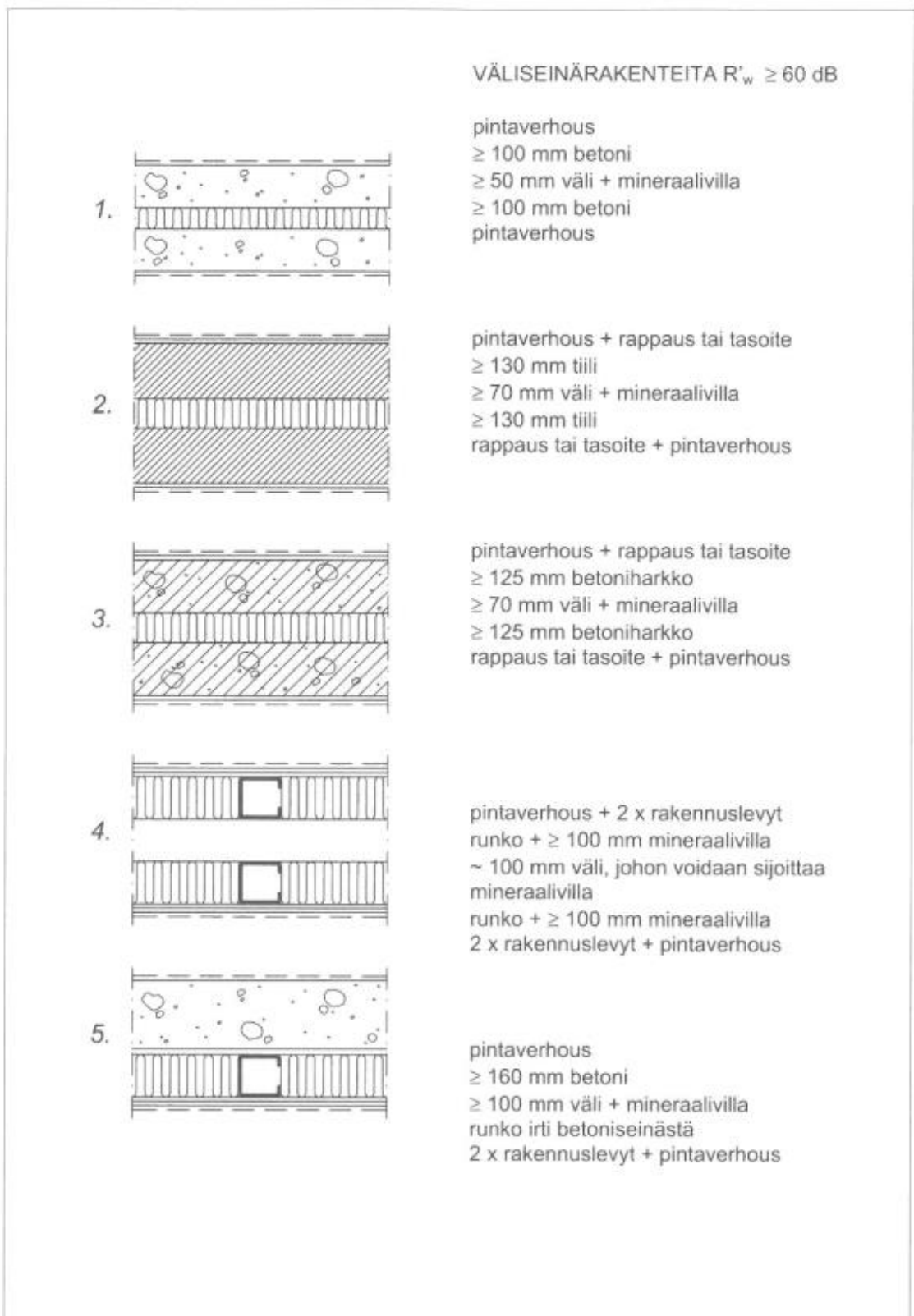
Kuva 1.12. Piirrossarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmääneneristävyyttä $R'_w \geq 55$ dB.

20.		<p>pintaverhous + 2 x rakennuslevyt ≥ 65 mm runko + mineraalivilla rungot irti toisistaan ≥ 65 mm runko + mineraalivilla 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>
21.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 130 mm tiili ≥ 100 mm väli + ≥ 70 mm mineraalivilla runko irti tiiliseinästä 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>
22.		<p>pintaverhous ≥ 100 mm betoni ≥ 100 mm väli + ≥ 70 mm mineraalivilla runko irti betoniseinästä 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>
23.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 150 mm kevytbetoni ≥ 100 mm väli + ≥ 70 mm mineraalivilla runko irti kevytbetoniseinästä 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>
24.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 130 mm tiili ≥ 65 mm runko k 600 mm + mineraalivilla 25 mm akustinen jousiranka k 400 mm 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>
25.		<p>pintaverhous ≥ 100 mm betoni ≥ 65 mm runko k 600 mm + mineraalivilla 25 mm akustinen jousiranka k 400 mm 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>

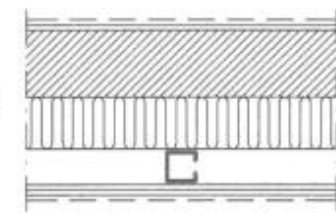
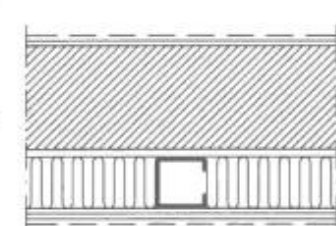
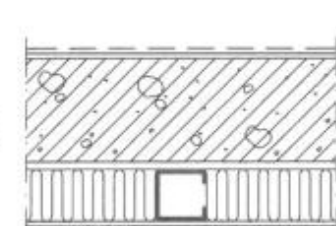
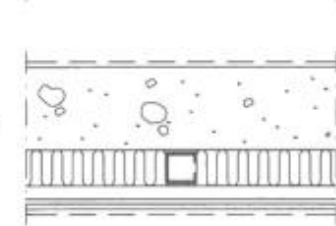
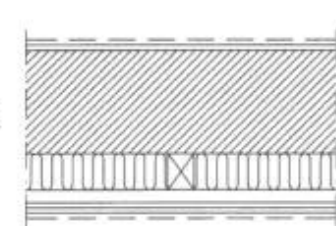
Kuva 1.12. Piirroksarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmäeneristävyyttä $R'_w \geq 55$ dB.



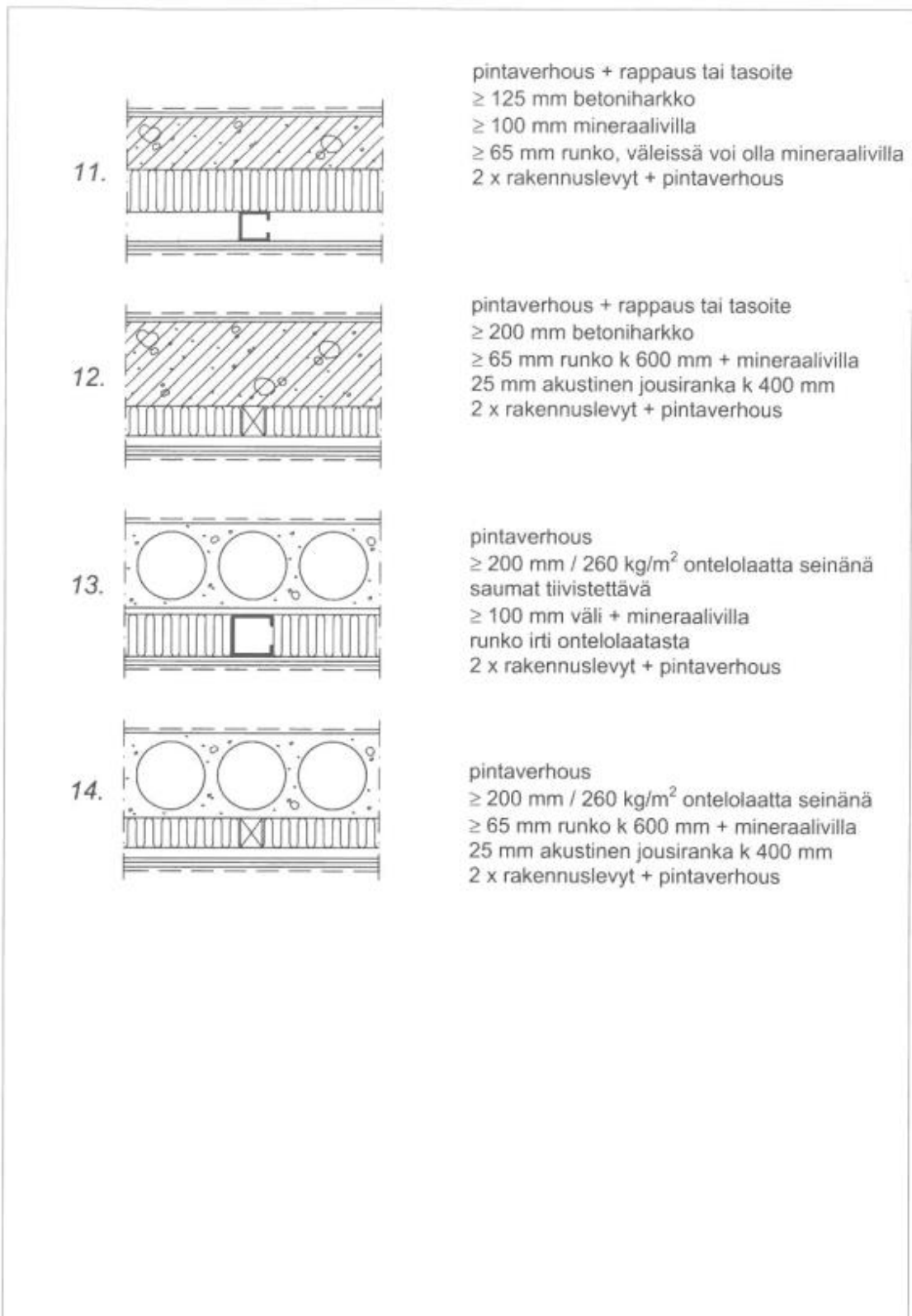
Kuva 1.12. Piirroksarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmääneneristävyys $R'_w \geq 55$ dB.



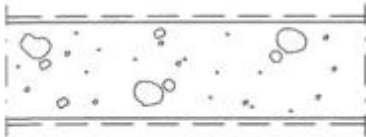
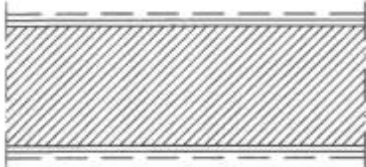
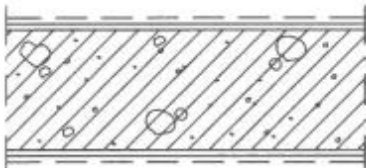
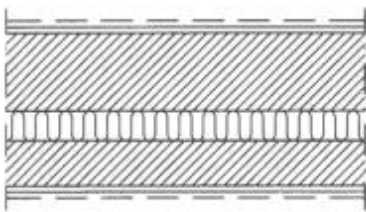
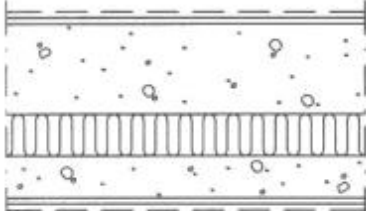
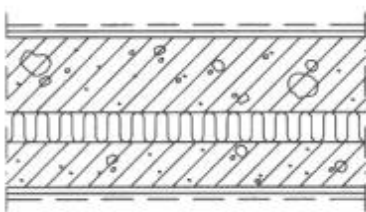
Kuva 1.14. Piirrossarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmaääneneristävyys $R'_w \geq 60$ dB.

6.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 130 mm tiili ≥ 100 mm mineraalivilla ≥ 65 mm runko, väleissä voi olla mineraalivilla 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>
7.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 200 mm tiili ≥ 100 mm väli + mineraalivilla runko irti tiiliseinästä 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>
8.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 200 mm betoniharkko ≥ 100 mm väli + mineraalivilla runko irti harkkoseinästä 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>
9.		<p>pintaverhous ≥ 160 mm betoni ≥ 65 mm runko k 600 mm + mineraalivilla 25 mm akustinen jousiranka k 400 mm 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>
10.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 200 mm tiili ≥ 65 mm runko k 600 mm + mineraalivilla 25 mm akustinen jousiranka k 400 mm 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>

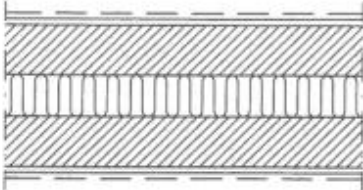
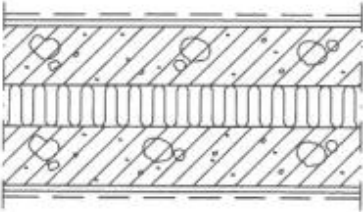
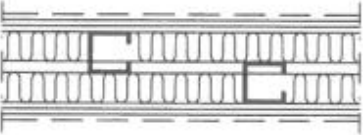
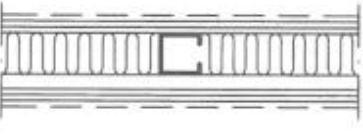
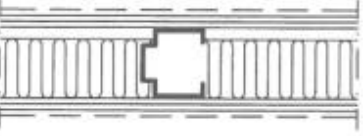
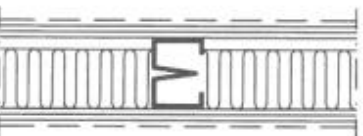
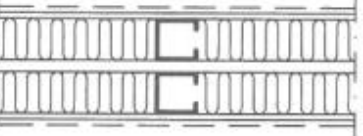
Kuva 1.14. Piirrosarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmäeneristävyyttä $R'_w \geq 60$ dB.



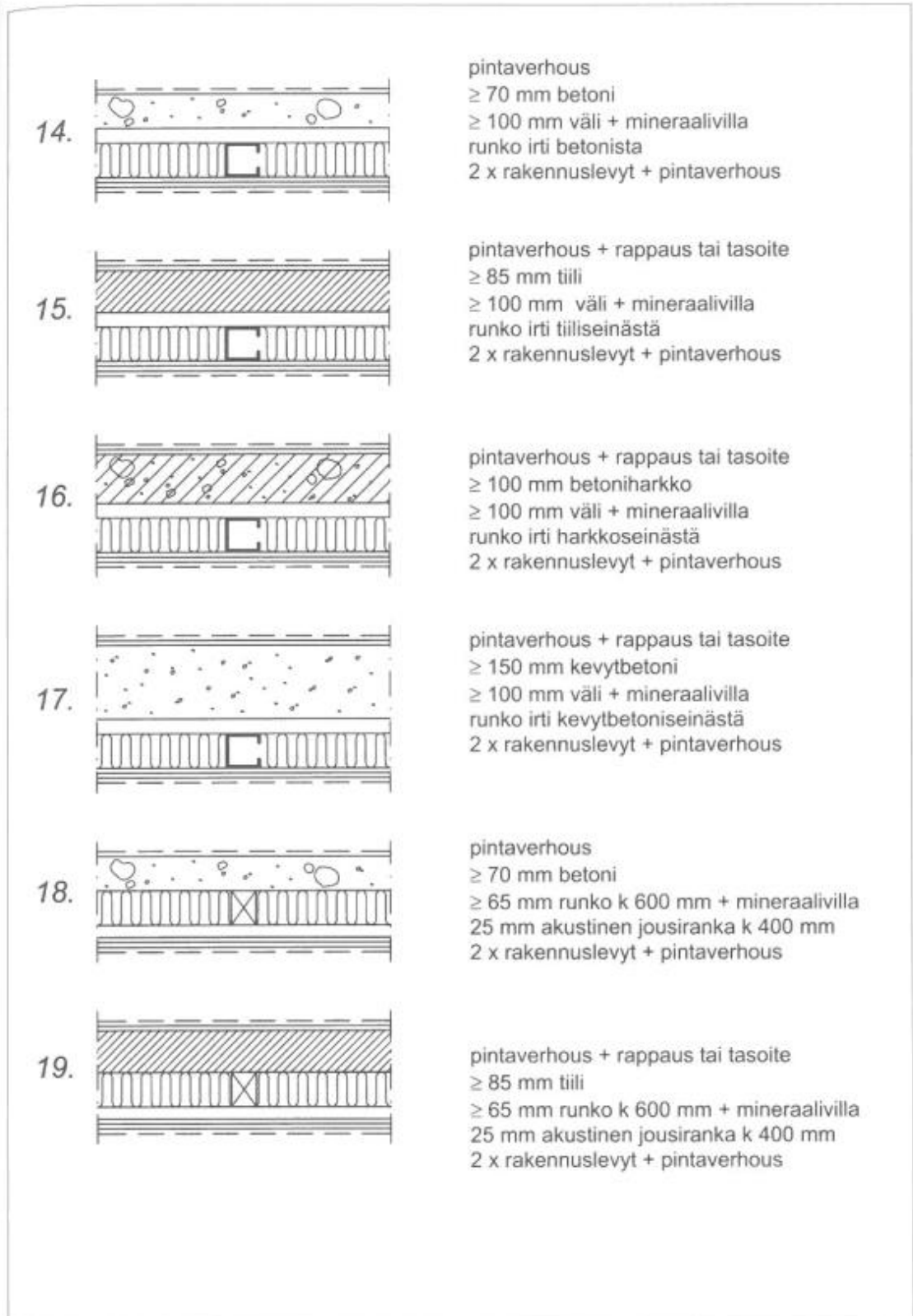
Kuva 1.14. Piirroksarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmäeneristävyyttä $R'_w \geq 60$ dB.

VÄLISEINÄRAKENTEITA $R'_w \geq 52$ dB	
1.	 <p>pintaverhous ≥ 160 mm betoni pintaverhous</p>
2.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 200 mm tiili rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
3.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 200 mm betoniharkko rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
4.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 130 mm tiili ≥ 50 mm väli + mineraalivilla ≥ 75 mm tiili rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
5.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 150 mm kevytbetoni ≥ 70 mm väli + mineraalivilla ≥ 70 mm kevytbetoni rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
6.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 125 mm betoniharkko ≥ 50 mm väli + mineraalivilla ≥ 75 mm betoniharkko rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>


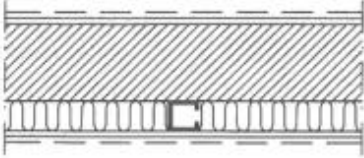
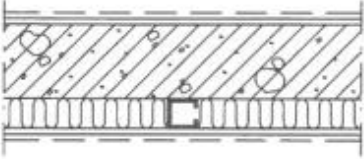
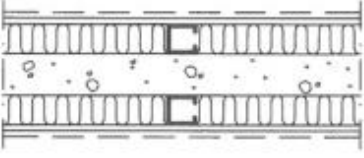
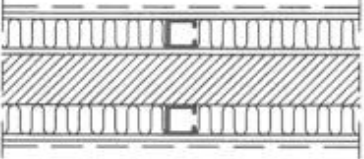
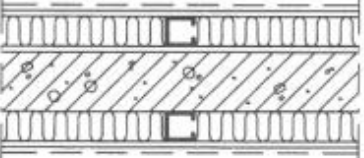
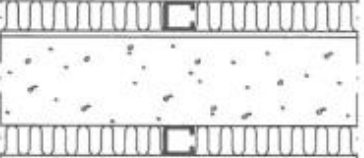
Kuva 1.16. Piirroksarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmääneneristävyys $R'_w \geq 52$ dB.

7.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 85 mm tiili ≥ 70 mm väli + mineraalivilla ≥ 85 mm tiili rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
8.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 100 mm betoniharkko ≥ 70 mm väli + mineraalivilla ≥ 100 mm betoniharkko rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
9.		<p>pintaverhous + 2 x rakennuslevyt erilliset rungot ≥ 65 mm levyjen väli ≥ 120 mm + mineraalivilla $\geq 2 \times 50$ mm 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>
10.		<p>pintaverhous + 2 x rakennuslevyt ≥ 65 mm runko k 600 mm + mineraalivilla 25 mm akustinen jousiranka k 400 mm 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>
11.		<p>pintaverhous + 2 x rakennuslevyt ≥ 120 mm joustava peltiranka k 600 mm väleissä mineraalivilla ≥ 100 mm 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>
12.		<p>pintaverhous + 2 x rakennuslevyt ≥ 120 mm joustava peltiranka k 600 mm väleissä mineraalivilla ≥ 100 mm 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>
13.		<p>pintaverhous + rakennuslevy ≥ 10 kg/m² ≥ 65 mm runko + mineraalivilla rungot irti toisistaan ≥ 65 mm runko + mineraalivilla rakennuslevy ≥ 10 kg/m² + pintaverhous</p>

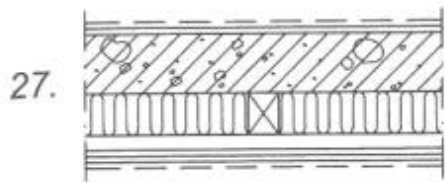
Kuva 1.16. Piirrossarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmaääneneristävyys $R'_w \geq 52$ dB.



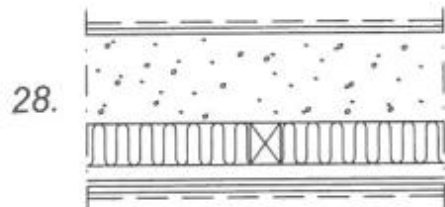
Kuva 1.16. Piirroksarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmaaneneristävyyttä $R'_w \geq 52$ dB.

20.		<p>pintaverhous ≥ 100 mm betoni ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
21.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 130 mm tiili ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
22.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 125 mm betoniharkko ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
23.		<p>pintaverhous + rakennuslevy ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla ≥ 70 mm betoni ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
24.		<p>pintaverhous + rakennuslevy ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rappaus tai tasoite ≥ 85 mm tiili ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
25.		<p>pintaverhous + rakennuslevy ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rappaus tai tasoite ≥ 100 mm betoniharkko ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
26.		<p>pintaverhous + rakennuslevy ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rappaus tai tasoite ≥ 150 mm kevytbetoni ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>

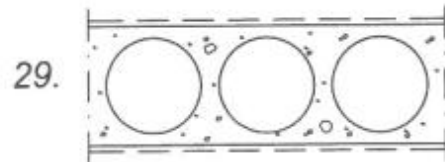
Kuva 1.16. Piirrosarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmaääneneristävyys $R'_w \geq 52$ dB.



pintaverhous + rappaus tai tasoite
 ≥ 100 mm betoniharkko
 ≥ 65 mm runko k 600 mm + mineraalivilla
 25 mm akustinen jousiranka k 400 mm
 2 x rakennuslevyt + pintaverhous

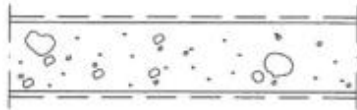
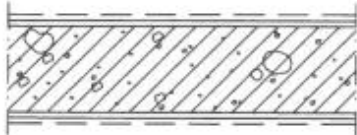
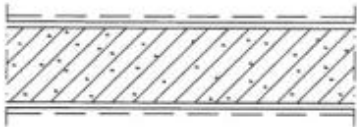
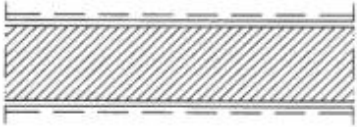
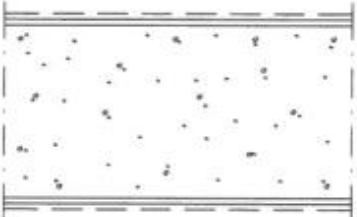
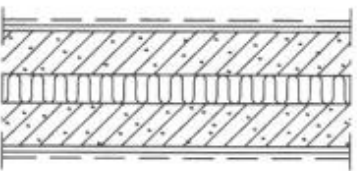
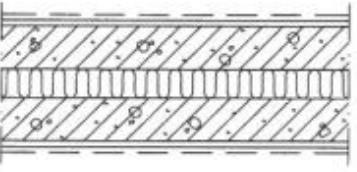


pintaverhous + rappaus tai tasoite
 ≥ 150 mm kevytbetoni
 ≥ 65 mm runko k 600 + mineraalivilla
 25 mm akustinen jousiranka k 400 mm
 2 x rakennuslevyt + pintaverhous

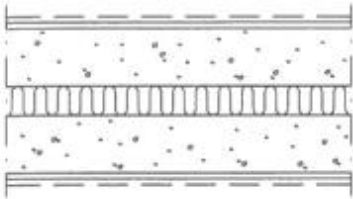

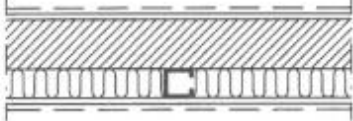
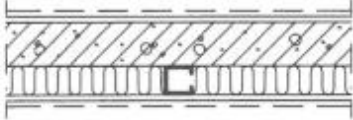
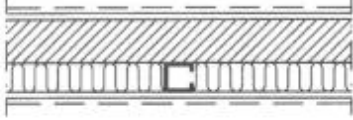

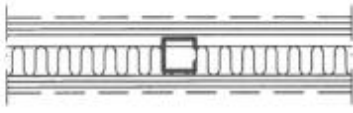


pintaverhous
 ≥ 200 mm / 260 kg/m^2 ontelolaatta seinänä
 saumat tiivistettävä
 pintaverhous

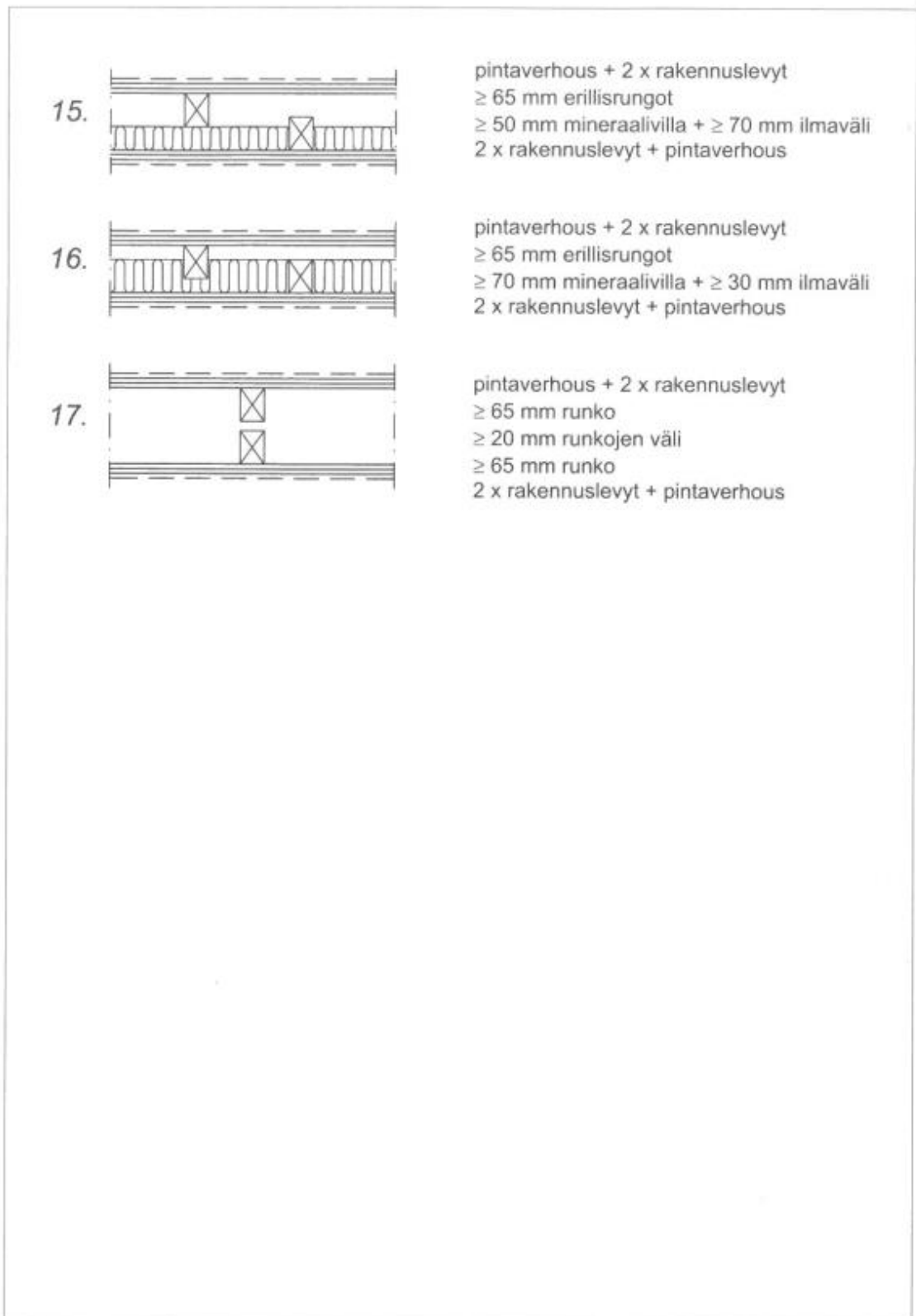
Kuva 1.16. Piirrossarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmaääneneristävyys $R'_w \geq 52$ dB.

VÄLISEINÄRAKENTEITA $R'_w \geq 48$ dB	
1.	 <p>pintaverhous ≥ 120 mm betoni pintaverhous</p>
2.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 150 mm betoniharkko rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
3.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 130 mm kalkkihiekkatiili rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
4.	 <p>pintaverhous + rappaus ≥ 130 mm tiili rappaus + pintaverhous</p>
5.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 300 mm kevytbetoni rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
6.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 75 mm kalkkihiekkatiili ≥ 50 mm väli + mineraalivilla ≥ 75 mm kalkkihiekkatiili rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
7.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 75 mm betoniharkko ≥ 50 mm väli + mineraalivilla ≥ 75 mm betoniharkko rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>

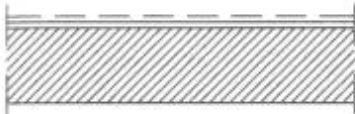
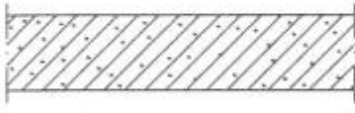
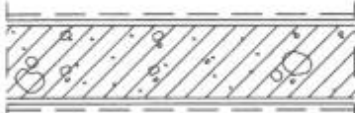

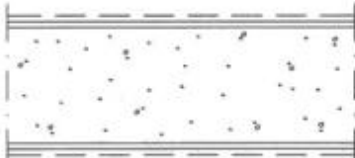
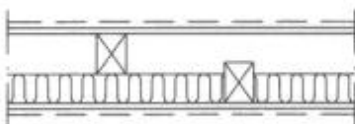
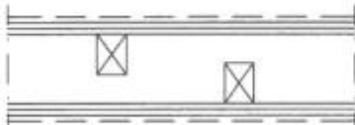
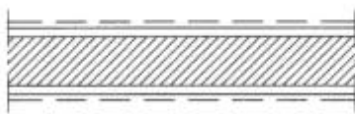
Kuva 1.18. Piirrosarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmaaneneristävyys $R'_w \geq 48$ dB.

8.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 100 mm kevytbetoni ≥ 50 mm väli + mineraalivilla ≥ 100 mm kevytbetoni rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
9.		<p>pintaverhous ≥ 70 mm betoni ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
10.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 85 mm tiili ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
11.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 75 mm betoniharkko ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
12.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 75 mm kalkkahiiekkatiili ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
13.		<p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 100 mm kevytbetoni ≥ 40 mm peltirangat + mineraalivilla rakennuslevy + pintaverhous</p>
14.		<p>pintaverhous + 2 x rakennuslevyt ≥ 65 mm peltirangat k 600 mm väleissä mineraalivilla ≥ 50 mm 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>

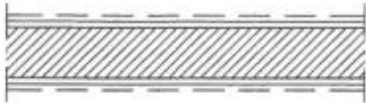
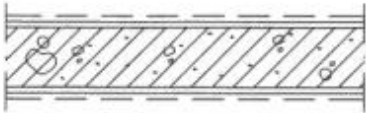

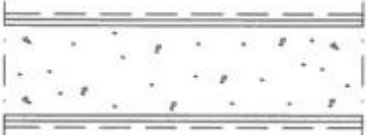
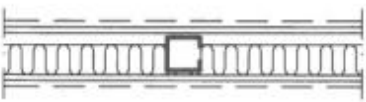

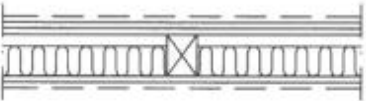
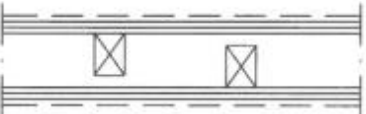
Kuva 1.18. Piirrosarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmäeneristävyyttä $R'_w \geq 48$ dB.



Kuva 1.18. Piirrossarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmäeneristävyyttä $R'_w \geq 48$ dB.

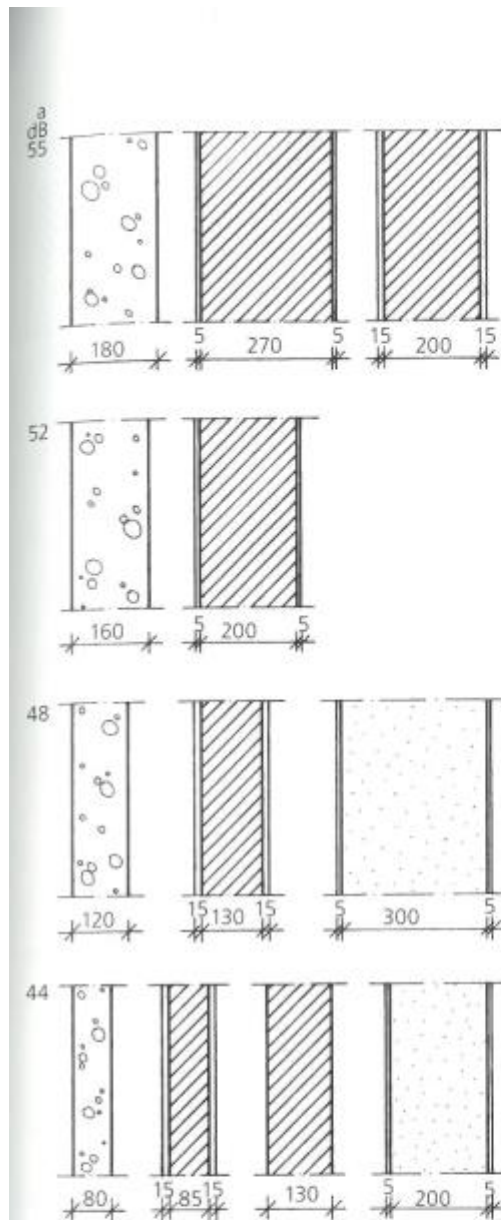
VÄLISEINÄRAKENTEITA $R'_w \geq 44$ dB	
1.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 130 mm puhtaaksi muuraus</p>
2.	 <p>tiivistävä pintakäsittely, maalaus ≥ 130 mm kalkkihiekkatiili puhtaaksi muurattu tiivistävä pintakäsittely, maalaus</p>
3.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 125 mm betoniharkko rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
4.	 <p>pintaverhous ≥ 80 mm betoni pintaverhous</p>
5.	 <p>pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 200 mm kevytbetoni rappaus tai tasoite + pintaverhous</p>
6.	 <p>pintaverhous + rakennuslevy ≥ 65 mm erillisrungot ≥ 50 mm mineraalivilla + ≥ 70 mm ilmaväli rakennuslevy + pintaverhous</p>
7.	 <p>pintaverhous + 2 x rakennuslevyt erillisrungot ≥ 120 mm ilmaväli 2 x rakennuslevyt + pintaverhous</p>
8.	 <p>pintaverhous ≥ 15 mm rappaus ≥ 85 mm tiili ≥ 15 mm rappaus pintaverhous</p>

Kuva 1.19. Piirrosarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmaääneneristävyys $R'_w \geq 44$ dB.

VÄLISEINÄRAKENTEITA $R'_w \geq 40$ dB	
1. 	pintaverhous + tasoite ≥ 85 mm tiili tasoite + pintaverhous
2. 	pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 100 mm betoniharkko rappaus tai tasoite + pintaverhous
3. 	pintaverhous + rappaus ≥ 85 mm tiili puhtaaksimuuraus
4. 	pintaverhous + rappaus tai tasoite ≥ 150 mm kevytbetoni rappaus tai tasoite + pintaverhous
5. 	pintaverhous + rakennuslevy ≥ 10 kg/m ² ≥ 65 mm peltirangat k 600 mm väleissä mineraalivilla ≥ 50 mm rakennuslevy ≥ 10 kg/m ² + pintaverhous
6. 	pintaverhous + 2 x rakennuslevyt ≥ 65 mm peltirangat k 600 mm 2 x rakennuslevyt + pintaverhous
7. 	pintaverhous + 2 x rakennuslevyt ≥ 70 mm puurunko k 600 mm väleissä mineraalivilla ≥ 50 mm 2 x rakennuslevyt + pintaverhous
8. 	pintaverhous + 2 x rakennuslevyt erillisrungot, ilmaväli ≥ 90 mm 2 x rakennuslevyt + pintaverhous

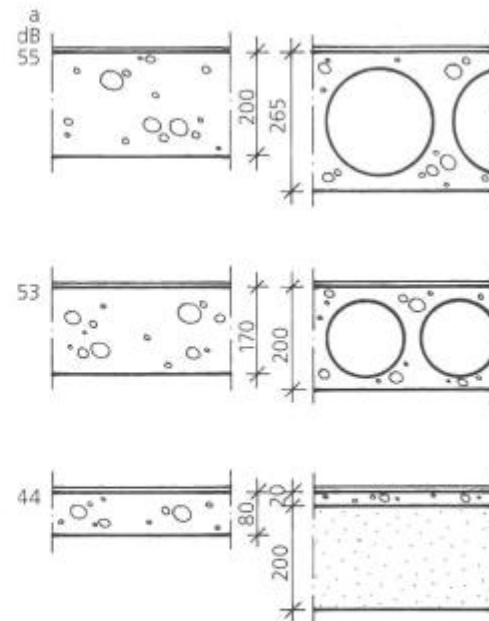
Kuva 1.20. Piirrosarja väliseinärakenteista, joita käyttäen rakennuksessa on saavutettavissa ilmääneneristävyys $R'_w \geq 40$ dB.

Liite 3. Testattuja seinärakenteita ja niiden ilmaääneneristävyyksiä (Siikanen, 2015)



Kuva 6.26. Massiivisten seinärakenteiden ilmaääneneristävyyksiä.⁹

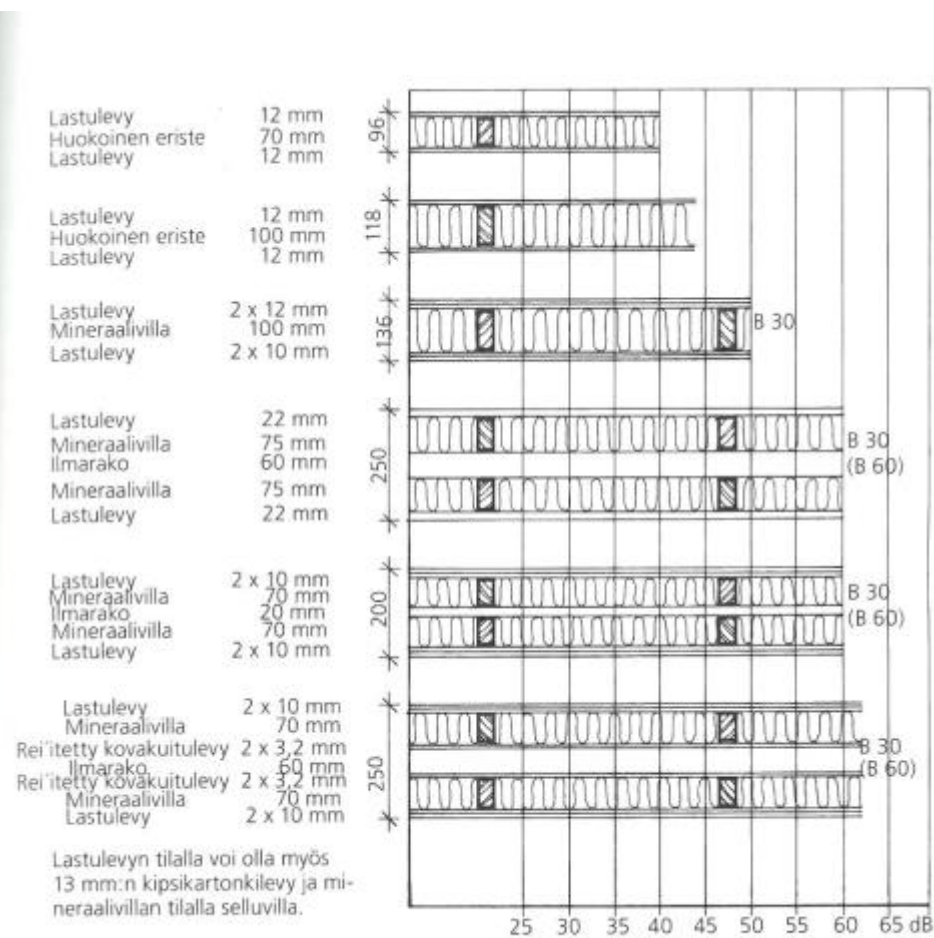
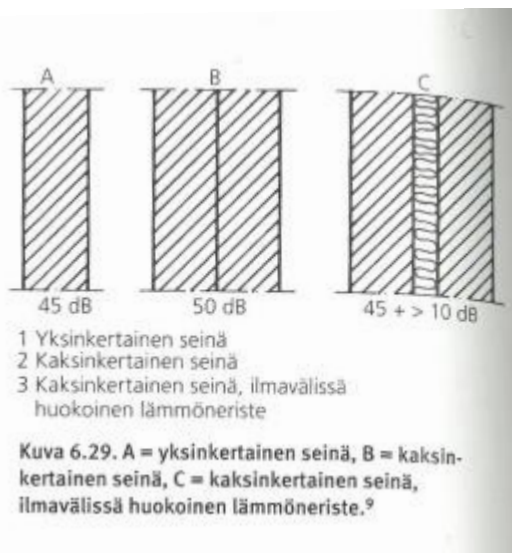
- kaikki likimain tasa-aineiset rakenteet, kuten betoni, kipsi, kevytbetoni, puu, lastulevy, umpisoluinen solumuovi
- kaikki likimain tasa-aineiset rakenteet, vaikka niissä olisi onteloita ja saumoja, kuten tiili, reikätiili, luonnonkivi.
- kaikki useammasta kerroksesta tehdyt rakenteet, joissa eri kerrokset ovat likimäärin yhtä kovia, kuten rapattu tiiliseinä, rapattu



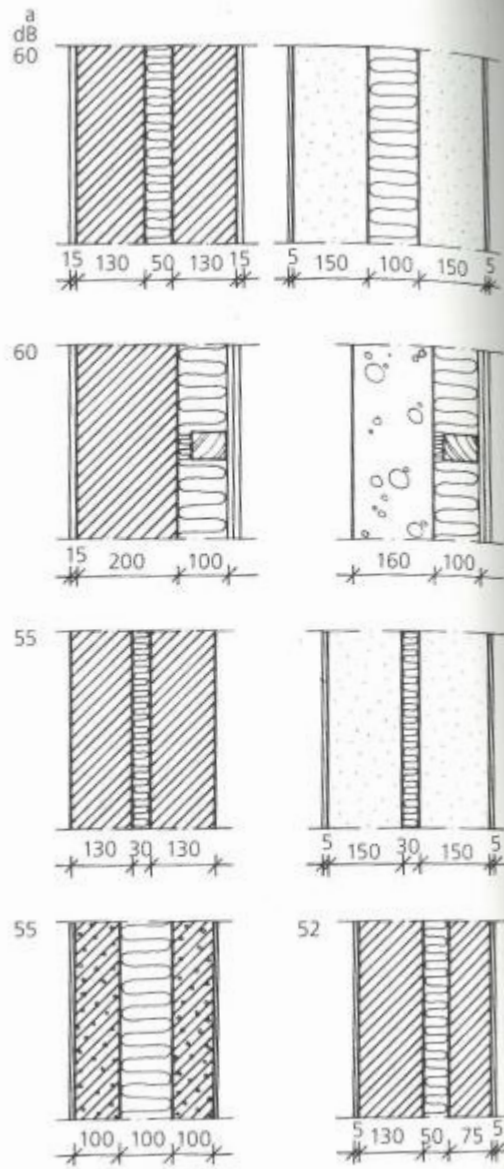
Kuva 6.27. Massiivisten välipohjien ilmaääneneristävyyksiä.⁹

kevytsoraseinä, vaneri, rimalevy, laakaovirakenne, jossa on jäykkä sisuskennosto tai muu kova täyte, kovalla solumuovilla täytetty levyseinä

- onteloilla varustetut rakenteet, jos onteloitten väliin jäävät osat ovat jäykkiä, kuten välipohjina käytetyt ontelolaatat, onteloilla kevennetyt laatat tai aikaisemmin tuotannossa olleet suulakepuristettu ontelolastulevy. Koska ontelolaatta on paksumpi kuin samanpainoinen massiivinen betonilaatta, sen eristävyys on matalilla äänillä parempi kuin samanpainoisen massiivilaatan.
- tiheällä palkistolla varustetut rakenteet, jos palkkien väliin jäävän laatan osa on riittävän jäykkä, esim. kupulaatta, jossa palkkijako on noin 1200 mm ja laatta noin 100 mm. Rakenteen massa voidaan laskea sekä palkkien että levyn yhteinen massa. Jos laatta on ohut (esim. TT-laatta), määräytyy eristävyys lähinnä laatan massan mukaan.⁵



Kuva 6.31. Kerroksellisten puuseinien ääneneristävyyksiä.¹⁶



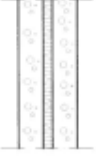
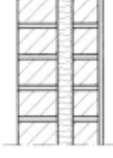
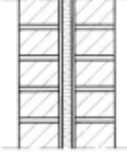
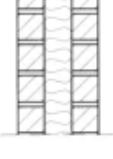
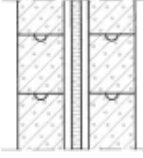
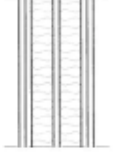
Kuva 6.32. kaksinkertaisten massiivisten rakenteiden ilmaääneneristävyyksiä.⁹

Liite 4. Testattuja seinärakenteita ja niiden ilmaääneneristävyyksiä (Ympäristöministeriö, 2003)

Taulukko 2.3.1. Rakennuksessa saavutettavia ilmaääneneristävyyksiä.

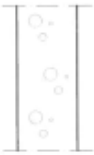
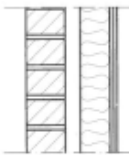

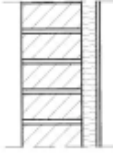

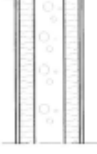
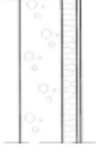
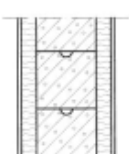
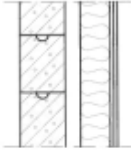
Seinät, ilmaääneneristysluku $R'_w \geq 55$ dB

Erottava seinärakenne

	<p>≥ 80 mm betoni ≥ 30 mm mineraalivilla ≥ 80 mm betoni</p>		<p>tasoite 130 mm tiili 50 mm mineraalivilla 85 mm tiili 15 mm rappaus – tiilien tiheysluokka ≥ 1,5 – ei sidelankoja seinärunkojen välissä</p>
	<p>≥ 130 mm tiili ≥ 50 mm ilmaväli, jossa ≥ 30 mm mineraalivillaa ≥ 130 mm tiili – tiilien tiheysluokka ≥ 1,3 – puhtaaksi muurattu tai tasoitettu tiivis seinä – ei sidelankoja seinärunkojen välissä</p>		<p>85 mm tiili 90 mm ilmaväli, jossa 75 mm mineraalivillaa 85 mm tiili – tiilien tiheysluokka ≥ 1,9 – tasoitettu tiivis seinä – ei sidelankoja seinärunkojen välissä</p>
	<p>tasoite 150 mm kevytbetoni, kevytbetoniharkko tai kevytsoraharkko 50 mm mineraalivillaa käytettäessä kevytsoraharkkoja ja 80 mm ilmaväli, jossa on 30 mm mineraalivillaa käytettäessä kevytbetonia tai kevytbetoniharkkoja 150 mm kevytbetoni, kevytbetoniharkko tai kevytsoraharkko tasoitte – ei sidelankoja seinärunkojen välissä</p>		<p>2 rakennuslevyä 70 mm erillisrunko, jossa 70 mm mineraalivillaa 20 mm ilmaväli runkojen välissä 70 mm erillisrunko, jossa 70 mm mineraalivillaa 2 rakennuslevyä</p>

Taulukko jatkuu...


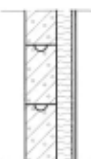

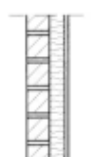



Taulukko jatkuu...

	<p>≥ 180...200 mm betoni</p>		<p>tasoite 130 mm tiili, tiilien tiheysluokka ≥ 1,3 50 mm ilmaväli 100 mm runko, jossa 100 mm mineraalivillaa 2 rakennuslevyä</p>
	<p>tasoite ≥ 235 mm kalkkiahkka tasoite – kalkkiahkkan tiheysluokka ≥ 1,7 – muuraus täysin saumoin</p>		<p>tasoite 200 mm tiili, tiilien tiheysluokka ≥ 1,3 50 mm runko k 600, jossa 50 mm mineraalivillaa rakennuslevy</p>
	<p>tasoite 270 mm tiili, tiilien tiheysluokka ≥ 1,9 tasoite</p>		<p>rakennuslevy 50 mm runko k 600, jossa 50 mm mineraalivillaa 100 mm betoni 50 mm runko k 600, jossa 50 mm mineraalivillaa rakennuslevy</p>
	<p>≥ 140 mm betoni 50 mm runko k 600, jossa 50 mm mineraalivillaa rakennuslevy</p>		<p>rakennuslevy 50 mm runko k 600, jossa 50 mm mineraalivillaa 200 mm kevytbetoni, kevytbetoniharkko tai kevytsoraharkko 50 mm runko k 600, jossa 50 mm mineraalivillaa rakennuslevy</p>
	<p>tasoite 150 mm kevytbetoni, kevytbetoniharkko tai kevytsoraharkko 50 mm ilmaväli 100 mm runko, jossa 100 mm mineraalivillaa 2 rakennuslevyä</p>		

Taulukko 2.3.2. Rakennuksessa saavutettavia ilmastäneristävyyksiä.

Seinät, ilmastäneristysluku $R'_w \geq 48$ dB

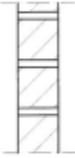

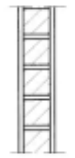

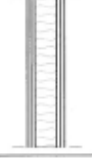
Erottava seinärakenne

	tasoite ≥ 130 mm tiili, tiilien tiheysluokka $\geq 1,9$ tasoite		tasoite 100 mm kevytbetoni, kevytbetoniharkko tai kevytsoraharkko 50 mm runko, jossa 50 mm mineraalivilla rakennuslevy
	≥ 120 mm betoni		tasoite 75 mm tiili, tiilien tiheysluokka $\geq 1,5$ 50 mm runko, jossa 50 mm mineraalivillaa rakennuslevy
	tasoite 70 mm kevytbetoni tai kevytbetoniharkko 50 mm mineraalivilla 70 mm kevytbetoni tai kevytbetoniharkko tasoite		2 rakennuslevyä 100 mm ilmaväli, jossa 'siksak'-runko ja 100 mm mineraalivillaa 2 rakennuslevyä
	tasoite 300 mm kevytbetoni, kevytbetoniharkko tai kevytsoraharkko tasoite		

Taulukko 2.3.3. Rakennuksessa saavutettavia ilmastäneristävyyksiä.

Seinät, ilmastäneristysluku $R'_w \geq 44$ dB

Erottava seinärakenne

	130 mm tiili, tiilien tiheysluokka $\geq 1,9$ – tiivis muuraus		≥ 80 mm betoni
	15 mm rappaus 85 mm tiili, tiilien tiheysluokka $\geq 1,9$ 15 mm rappaus		tasoite ≥ 200 mm kevytbetoni, kevytbetoniharkko tai kevytsoraharkko tasoite
			2 rakennuslevyä 70 mm runko, jossa 70 mm mineraalivillaa 2 rakennuslevyä