

Lauri Orajarvi

KEVYTRAKENTEISET LEVYVÄLISEINÄT

KEVYTRAKENTEISET LEVYVÄLISEINÄT

Lauri Orajärvi
Opinnäytetyö
Kevät 2025
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Lauri Orajärvi

Opinnäytetyön nimi: Kevytrakenteiset levyväliseinät

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Lightweight Partition Walls

Työn ohjaaja: Raimo Parkkila

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Kevät 2025

Sivumäärä: 65

Kevyet väliseinät ovat rakennuksen sisäisiä seiniä, joiden tarkoitus on jakaa rakennus pienempiin tiloihin. Kevyiden väliseinien tarkoitus on myös tehdä tiloista viihtyisiä, turvallisia ja erottaa tilat toisistaan niiden käyttötarkoituksen mukaisesti. Rakennuksen ja tilojen käyttötarkoituksen määrittäminen on tehtävä jo suunnitteluvaiheen alussa. Väliseinien teknisten vaatimusten on oltava määräysten mukaiset ja sovelluttava siihen, mihin tiloja tullaan käyttämään. Tekniset vaatimukset koskevat rakennuksen lujuutta, vakautta, paloturvallisuutta, terveellisyttä, käyttöturvallisuutta, esteettömyyttä, meluntorjuntaa, ääniolosuhteita ja energiatehokkuutta.

Työn tavoitteena oli kuvata, miten kevytlevyseinärakenne toteutetaan laadukkaasti määräyksissä asetettujen vaatimusten mukaan sekä havainnollistaa miten levyseinätyövaihe toteutettiin työnjohtoharjoitteluni aikana. Työn tarkoituksena oli tuoda esille tietoa kevytrakenteisistä levyväliseinistä, niihin liittyvistä ominaisuuksista ja vaativista ääni- ja paloteknisistä vaatimuksista sekä seinän erikoisvaatimuksista, joita ovat seinän murto- ja säteilynsuojaus.

Aluksi työssä perehdyttiin lyhyesti väliseinien historiaan eri vuosikymmeninä. Seuravaksi työssä perehdyttiin miten rakennuksen ja tilojen käyttötarkoituksen määrittäminen vaikuttaa levyväliseiniin. Tämän jälkeen aiheeseen syvennyttiin perehtymällä levyväliseinien tekniikan ominaisuuksiin äänen, palon-, murtosuojauksen ja säteilyn eston kautta. Lopuksi tuoda esille miten kaksinkertainen levyväliseinärakenne toteutettiin työnjohtoharjoitteluni aikana kohteessa, jonka käyttötarkoituksen monimuotoisuuden takia seinille asetettiin tiukkoja vaatimuksia. Työssä käsiteltävä aihe koskee ainoastaan kevyt levyväliseiniä sen rakenneliitoksia ja LVISA-läpivientejä ja niiden tiivistyksiä.

Työn tuloksena selvisi, että onnistumiseen kevyidenväliseinien toteutuksen osalta vaikuttaa suuresti laadunvarmistusmatriisin kuuluvien mestan vastaanoton, mallityön ja osatarkastusten dokumentointi. Laadunvarmistustoimien lisäksi hyvä työvaiheiden yhteensovittaminen, työvaiheiden päivittäinen seuranta, omat tarkastukset ja niiden dokumentointi.

Avainsanat: Väliseinät, ääneneristys, paloluokka, murtosuojaus, säteilynsuojaus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering

Author: Lauri Orajärvi
Title of thesis: Lightweight Partition Walls
Supervisor(s): Raimo Parkkila
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2025
Number of pages: 65

Lightweight partition walls are internal walls within a building, designed to divide the building into smaller spaces. Lightweight partition walls are also used to make spaces comfortable, safe and separate according to their intended use. Determining the purpose of the building and the spaces should be carried out at the beginning of the design phase. The technical requirements for partition walls must comply with the regulations and be suitable for the intended use. The technical requirements in this work concern the strength, stability, fire safety, noise protection and acoustic conditions of the building.

The aim of the thesis was to explain how to build a quality lightweight partition wall structure according to the requirements of the regulations and illustrate how the partition wall was carried out during the supervisor training of the thesis author. The purpose of the work was to present information on the sound and fire performance of the walls, the requirements and the special requirements for the walls, such as wall burglary protection and radiation protection.

The study examined how designation of the building and use of the premises affects the use of partition walls. It then delved into the technical characteristics of partition walls in terms of sound, fire, burglary and radiation protection. Last, the thesis shows how double wall construction was implemented during the supervisor's training on the site where, due to the complexity of the intended use, the walls had to meet stringent requirements. The subject covered in the thesis is limited to the lightweight partition wall, its structural joints and their sealings.

As a result of this work, it became clear that the success of the implementation of lightweight partition walls with challenging applications is greatly influenced by the documentation of the acceptance of the work area, the design work and the part inspections included in the quality assurance matrix. In addition to quality assurance activities, good coordination of work phases, daily monitoring of work phases, in-house inspections and their documentation.

Keywords: Partition wall, sound insulation, fire classification, burglary protection, radiation protection

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	VÄLISEINIEN HISTORIAA	8
2.1	1950-luvun väliseinät.....	8
2.2	1960-luvun väliseinät.....	9
2.3	1970-, 1980- ja 1990-luvun väliseinät.....	9
2.4	2000-, 2010- ja 2020-luvun väliseinät.....	10
3	TEKNISET VAATIMUKSET JA OMINAISUUDET	11
3.1	Ääntä eristävä kevytväliseinä	12
3.1.1	MRL (958/2012) 117 f §, meluntorjunta ja ääniolosuhteet.....	12
3.1.2	Ääni.....	13
3.1.3	Äänen kulkeutuminen rakennuksessa	14
3.1.4	Äänentaajuus	14
3.1.5	Äänenvoimakkuus.....	15
3.1.6	Vaatimukset ääneneristävyydelle.....	15
3.1.7	Ääneneristävyys.....	17
3.1.8	Väliseinän runko ja materiaalit ääneneristyksessä.....	21
3.1.9	Seinän liittymien ja läpivientien tiiveyden vaikutus eristävyyteen	23
3.2	Kevytväliseinä palo-osastointina	24
3.2.1	MRL (958/2012), kohta 117 b, paloturvallisuus.....	25
3.2.2	Rakennuksen paloluokitus	25
3.2.3	Palo-osastointi ja rakennusosien paloluokitus.....	28
3.2.4	Rakennustarvikkeiden paloluokitukset	29
3.2.5	Läpiviennit, ovet, ikkunat ja luukut osastoivassa seinärakenteessa	30
3.3	Murtosuojaseinä	30
3.4	Säteilysuojaseinä	32
4	KAKSINKERTAISEN KIPSILEVYVÄLISEINÄN TOTEUTTAMINEN VAATIMUSTEN MUKAAN	34
4.1	Hankkeessa toteutettu kaksinkertainen kipsilevyväliseinä.....	34

4.2	Tehtävät ennen levyseinätyön toteutuksen aloitusta	35
4.2.1	Työturvallisuus ja perehdytys työmaalle.....	36
4.2.2	Suunnitelmat ja laatuvaatimukset	37
4.2.3	Laadunvalvonta ja varmistus.....	41
4.3	Seinän toteutus työvaiheittain.....	43
4.3.1	Maanvaraisenlaatan liikuntasauvojen ja ontelonlaatan saumojen tiivistykset.....	43
4.3.2	Mittaustyö, lattia- ja kattorankojen kiinnitys	46
4.3.3	Pystyrankojen asennustyövaihe.....	48
4.3.4	Ensimmäisen puolen kipsilevyn asennus.....	51
4.3.5	Toisen puolen kipsilevyn ja ääneneristyksen asennus.....	56
4.3.6	Seinän läpivientireijät ja tiivistykset	57
5	POHDINTA.....	61
	LÄHTEET.....	63

1 JOHDANTO

Rakentamista koskevat yleiset edellytykset, olennaiset tekniset vaatimukset sekä rakentamisen lupamenettely ja viranomaisvalvonta ovat kasvaneet viime vuosikymmenten aikana. Olennaiset tekniset vaatimukset koskevat rakenteiden lujutta, vakautta, paloturvallisuutta, terveellisyyttä, käyttöturvallisuutta, esteettömyyttä, meluntorjuntaa ja ääniolosuhteita sekä energiatehokkuutta. Vaatimukset on määritelty maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999). (1.)

Maankäyttö- ja rakennuslaissa asetetut vaatimukset ovat nykyään tarkkoja, ne vaikuttavat väliseinien suunnitteluun merkittävästi. Nykypäivänä rakennuksen ja tilojen viihtyisyys, käyttäjien turvallisuus ja sopivuus niiden käyttötarkoituksiin on erittäin tärkeää. Tästä syystä väliseinät täytyy suunnitella siten, että ne soveltuvat siihen, mihin tiloja tai rakennusta tullaan käyttämään.

Työn tavoitteena oli kuvata, miten kevytlevyseinärakenne toteutetaan laadukkaasti määräyksissä asetettujen vaatimusten mukaan sekä havainnollistaa miten levyseinätyövaihe toteutettiin työnjohtoharjoitteluni aikana.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä levyrakenteisiin kevytväliseiniin, niiden ominaisuuksiin, vaatimuksiin ja toteutukseen. Levyväliseinärakenteen ominaisuuksia tullaan tarkastelemaan paloturvallisuus-, ääneneristävyys-, murtosuojaus- ja säteilyvaatimusten kautta. Tarkoituksena on myös kertoa, miten vaatimukset muuttuvat rakennuksen tai tilan käyttötarkoituksen muuttuessa ja havainnollistaa, miten seinärakenne ja seiniin liittyvien ympäröivien rakenteiden yläpohja-, alapohja- ja seinäliitokset sekä LVISA-läpiviennit muuttuvat vaatimusten mukana. Opinnäytetyön aihe rajataan vain käsittelemään kevytrakenteisiä levyväliseiniä ja niihin liittyviä LVISA-läpivientejä sekä alapohja-, yläpohja- ja seinäliitoksia.

2 VÄLISEINIEN HISTORIAA

Tässä luvussa kerrotaan väliseinärakenteista 1950-luvulta lähtien aina nykypäivään. Väliseinärakenteet ovat muuttuneet merkittävästi vuosikymmenten aikana erilaisten ääni- ja paloteknisten vaatimusten takia. Näiden muutosten myötä asuntojen välisten ja kevyiden väliseinien tekeminen on nykyään huomattavasti kustannustehokkaampaa ja työergonomialtaan parempaa. Lisäksi nykyajan materiaaleilla ja rakenneratkaisuilla saadaan luotua rakennuksiin viihtyisiä, turvallinen ja terveellinen ympäristö.

2.1 1950-luvun väliseinät

1950-luvulla pula-aika vaikutti merkittävästi rakennusmateriaalien saatavuuteen. 1950-luvulla runkotyyppistä ja osittain tuurista riippuen osa huoneistojen välisistä seinistä voivat olla kantavia ja vähintään tyydyttävästi ääntä eristäviä. Kevyet ei-kantavat väliseinät ovat huonosti ääntä eristäviä, ohuita ja erilaisista kipsipohjaisista materiaaleista, tiilistä tai kevytbetonista tehtyjä. (2.)

Betoni syrjäytti tiilen kantavien pystyrakenteiden materiaalina 50-luvun puolivälissä, kun paikallavaletut betoniset väliseinät alkoivat yleistyä. 50-luvun puolivälissä annettiin myös ensimmäistä kertaa suositusarvot väliseinien ääneneristävyydelle (tydyttävä taso, $R'W > 51$ dB). Suositusarvo hyödynnettiin suunnittelussa aina vuoteen 1960 asti. Uusi suositusarvo päivitettiin hiukan korkeammaksi 1960-luvulta alkaen ja se sai arvoksi $R'W > 52$ dB. 50-luvun puolivälin jälkeen käytetyillä arvoilla päästiin ääneneristävyden osalta tyydyttävään tasoon: tämä tarkoittaa sitä, että voimakas puhe saattoi kuulua seinän läpi, mutta sanoista ei saanut selvää. (3.)

Ennen lastulevyjen yleistymistä seinät jäykistettiin vinolaudoituksen avulla. Puurunkoiset lautaseinät olivat vielä yleisiä erityisesti 1950-luvun pientaloissa. Puurunkoiset lastulevyseinät alkoivat yleistyä 50-luvun lopussa pien- ja kerrostaloissa, kun palomääräykset sallivat niiden käytön huoneistojen sisäisinä seininä. (3.)

2.2 1960-luvun väliseinät

1960-luku Suomessa oli taloudellisen kasvun aikaa. Sodasta ja sotakorvauksista oli selvitty ja energian sekä raaka-aineiden hinnat olivat matalalla. Aikaisempiin vuosikymmeniin verrattuna paksujen hyvin ääntä eristävien huoneistojen välisten ja osan huoneistojen sisäisten seinien betonista valmistaminen alkoi. Huoneistojen sisäisinä kevyinä väliseinäinä yleistyivät myös puurunkoiset lastulevyseinät, joiden sisällä ei käytetty ääneneristevillaa. Jonkin verran kevyinä väliseinäinä käytettiin myös ohuita betoni- ja kevytbetonelementtejä. (4.)

1960-luvun pientaloissa puurankoseinien rinnalle tulivat tiilistä ja harkoista muuratut kantavat väliseinät. Pientaloissa yleistyi myös nykyisin riskiranteeksi luokiteltu rakenne, jossa kantavien väliseinien alaosat sijaitsivat yleensä lattiapinnan alapuolella, jolloin väliseinän alaosa saattaa altistua kosteudelle. 60-luvulla alkoi myös asbestia sisältävien lujalevyjen valmistus. (3.)

2.3 1970-, 1980- ja 1990-luvun väliseinät

Kantavat väliseinät tehtiin 70-luvulla betonielementeistä (paksuus 150 mm). Huoneistojen sisäiset kevyet seinät tehtiin puu- tai teräsrunkoisina levyseininä. Nykyaikaisten kipsikartonkilevyjen valmistus alkoi Suomessa 1972 ja asbestia sisältävien lujalevyjen valmistus lopetettiin vuonna 1979. Vuonna 1975 aikaisemmat väliseinien ääneneristystä koskevat suositukset muuttuivat määräyksiksi ja olivat sellaisenaan voimassa vuoteen 2000 asti. (3.)

Riskiranteena pidetty kosteusvaurioille altis lattian alapuolelle menevä seinä oli yleinen 1980-luvulle asti. 1980-luvulla lastulevyt menettivät maineensa niiden aiheuttamien sisäilmaongelmien takia. Tämän seurauksena kipsilevyt syrjäyttivät kyseisen materiaalin käytöstä lähes kokonaan. (3.)

1990-luvun alussa alettiin kiinnittämään huomiota huoneistojen sisäisten seinien ääneneristävyyteen ja tämän takia väliseinätolppien väliin saatettiin lisätä villaeriste. Vuonna 1998 huoneistojen väliseinien ääneneristysvaatimuksia tiukennettiin (kerrostalot sekä pari-/rivitalot R'W > 55 dB). Nämä arvot ovat voimassa vielä tänäkin päivänä. (3.)

2.4 2000-, 2010- ja 2020-luvun väliseinät

2000-luvun alusta lähtien aina nykypäivään asti huoneistojen väliset ja kantavat väliseinät tehdään yleensä paikalla valaen tai betonielementeistä. Tämä valmistustapa täyttää nykypäivän äänen- ja paloneristysvaatimukset. Puurakenteisissa taloissa huoneistojen väliset palo- ja ääneneristysvaatimukset täyttyvät, kun käytetään keskinkertaista tuplalevytettyä rankaseinää, jossa runkotolppien välit eristetään mineraalivillalla. (3.)

Kevyet väliseinät tehdään lähes aina levytettyinä puu- tai teräsrakenteisina. Kovemman kulutuksen tai lujuuden vaativissa kevyissä väliseinissä voidaan käyttää myös tiili- tai harkkorakenteisia ratkaisuja, esim. kalkkihiekkakivituotteita. Massiivipuurakentamisen suosion lisääntyä on voitu hirren lisäksi rakentaa muun muassa CLT-tai MHM-levyistä. (3.)

3 TEKNISET VAATIMUKSET JA OMINAISUUDET

Tässä osiossa kerrotaan teoriaa väliseiniin liittyvistä teknisistä ominaisuuksista ja vaatimuksista. Vaatimuksiin ja ominaisuuksiin tutustutaan niin äänen kuin paloturvallisuuden sekä erikoisvaatimusten kautta. Erikoisominaisuuksilla ja vaatimuksilla tarkoitetaan murtosuoja- ja säteilynsuojaseiniä.

Rakennuksen ja sen tilojen käyttötarkoitukset määräytyvät sen mukaan, mihin suurinta osaa rakennuksen kerrosalasta käytetään. Rakennuksen tilojen vaatimusten tulee olla sen käyttötarkoituluokalle ominaisia. Rakennuksen sisältämät tilat ja tilavaatimukset määräytyvät niissä tapahtuvan toiminnan vaatimusten mukaan. Rakennuksen ja tilojen käyttötarkoituksen määrittäminen on tärkeää, koska väliseinän rakennetyypit ja rakennevahvuudet määräytyvät rakennusten ja tilojen käyttötarkoituksista syntyvien vaatimusten mukaan. (5; 6.)

Kevyet kipsilevyrakenteiset väliseinät ovat rakennuksen sisäisiä tai huoneistoja erottavia seiniä. Väliseinällä voidaan jakaa tilat niiden käyttötarkoitusten tai eri käyttötarkoituksista syntyvien vaatimusten mukaan, kuten äänen ja paloluokituksen. Seinillä voidaan jakaa tilat myös erikoisvaatimusten mukaan, kuten säteilyn ja murtosuojauksen. (7.)

Väliseinän materiaalivalinnoilla voidaan vaikuttaa suuresti seinän ominaisuuksiin. Väliseinän runkomateriaalina voidaan käyttää puu- tai teräsrankaa sekä rungon voi toteuttaa yksinkertaisena, kaksinkertaisena tai erillisrunkoisena. Väliseinän ominaisuuksiin voi myös vaikuttaa valitsemalla käyttötarkoitukseen sopivimman kipsilevyn ja lisäämällä seinän sisään eristeen. (7.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki 958/2012, kumoaa aiemman lain 132/1999 rakentamiselle asetettavat vaatimukset. Maankäyttö- ja rakennuslaissa kerrotaan, että rakennus on rakennettava, suunniteltava ja rakennuksen korjaus- ja muutostyöt tehtävä sekä rakennuksen käyttötarkoitusta toteutettava siten, että rakennus täyttää sille yleisesti tarkoitettujen olennaiset tekniset vaatimukset. Rakentamiselle asetetut vaatimukset on jaettu kohtiin 117 a - 117 g. Kohdat koskevat rakenteiden lujuutta ja vakautta, paloturvallisuutta, terveellisyttä, käyttöturvallisuutta, esteettömyyttä, meluntorjuntaa ja ääniolosuhteita sekä energiatehokkuutta. (8.)

3.1 Ääntä eristävä kevytväliseinä

Tässä osiossa kerrotaan äänestä, äänen ominaisuuksista, äänen kulkeutimesta rakennuksessa, äänen sivutiesiirtymistä, ääneneristyksestä, materiaalien ääniteknisistä ominaisuuksista sekä seinärakennetyypeistä. Osio ei käsittele kantavia seinärakenteita.

Ääntä eristävän seinän tarkoitus on nimensä mukaan eristää tilassa syntyvän äänen kantautuminen muihin tiloihin tai vaimentaa ääni sille tasolle, että siitä ei synny haittaa muissa tiloissa tapahtuville toiminnoille. Ääneneristävyyden lisäämiseen seinässä voidaan vaikuttaa materiaalivalinnoilla sekä rungon rakenteella. Ääni voi kulkeutua myös muita rakenteita pitkin seinän toiselle puolelle. Tätä kutsutaan rakenteelliseksi sivutiesiirtymäksi tai suoraan seinän läpi menevien läpivientien kautta eli rakennusosien välityksellä. Seinän eristävyttä suunniteltaessa on siis otettava huomioon myös muut seinään liittyvät ympäröivät rakenteet sekä läpiviennit. Näitä ovat seinän alapohjaliitokset, yläpohjaliitokset, liitokset muihin seiiniin sekä LVISA-läpiviennit. (9.)

3.1.1 MRL (958/2012) 117 f §, meluntorjunta ja ääniolosuhteet

Maankäyttö- ja rakennuslain kohdassa (958/2012) 117 f § säädetään, siitä mitä rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava. Rakennus suunnitellaan ja rakennetaan sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla siten, että rakennuksen meluallistutus ja ääniolosuhteet eivät vaaranna terveyttä, lepoa tai työntekoa. (8.)

Rakennuksessa olevien ihmisten uni ja lepo eivät saa häiriintyä ja rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisen toiminnan ääniolosuhteiden puolesta pitää olla mahdollista. Rakenteiden ääneneristävyys ja taloteknisten laitteiden ja asennusten pitää olla sellaiset, että edellä mainitut asiat ovat mahdollisia saavuttaa. Rakennuksen ääniolosuhteet on määritettävä äänitason ja kaiuntaisuuden avulla. (8.)

Ympäristöministeriön asetuksella voidaan antaa tarvittavia tarkempia säännöksiä koskien uuden rakennuksen rakentamista, rakennuksen korjaus- ja muutostyötä sekä rakennuksen käyttötarkoituksen muutosta. Tarkemmat säännökset ovat rakenteita ja rakennusosia edellyttävä

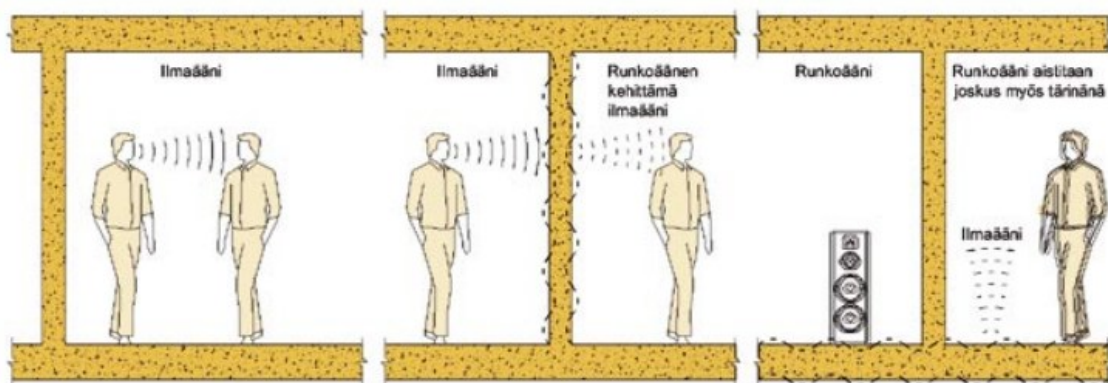
ääneneristävyys, taloteknisten laitteiden sallittu äänitaso ja rakennuksen ääniolosuhteille asetettava vaatimus. (8.)

3.1.2 Ääni

Ääni on mekaanisesti värähtelevää aaltoliikettä väliaineessa, jonka ihminen havaitsee kuulollaan. Ääniaallot tarvitsevat aina väliaineen edetäkseen, eli ääni ei voi edetä tyhjiössä. Äänen väliaine voi esiintyä missä tahansa olomuodossa, kuten kiinteänä, nesteenä, kaasuna tai plasmana. (10.)

Äänen etenemisen nopeuteen vaikuttaa väliaineen kiinteys ja lämpötila. Mitä kiinteämpi väliaine ja mitä korkeampi lämpötila sitä nopeammin ääni kulkee. Äänennopeus ilmassa on noin 330 m/s, ilman lämpötilan ollessa 20 astetta äänennopeus on 344 m/s. Teräksessä äänennopeus on 5050 m/s, alumiinissa 5200 m/s ja vedessä 1440 m/s. (11.)

Ääni saa nimityksen sen perusteella, missä aineessa ääniaalto kulkee. Ilmaääneksi kutsutaan ääntä, joka etenee ilman välityksellä. Ihminen aistii tämän kuulonsa avulla. Runkoääneksi kutsutaan taas ääntä, joka etenee kiinteässä aineessa, ihminen aistii tämän tärinänä. Ilma- ja runkoäänellä on kuitenkin yhteys niiden eroavaisuuksista huolimatta. Ilmaääni siirtyessään kiinteään aineeseen voi synnyttää runkoääntä ja runkoääni siirtyessään ilmaan synnyttää ilmaääntä (kuva 1). (12, s. 10.)

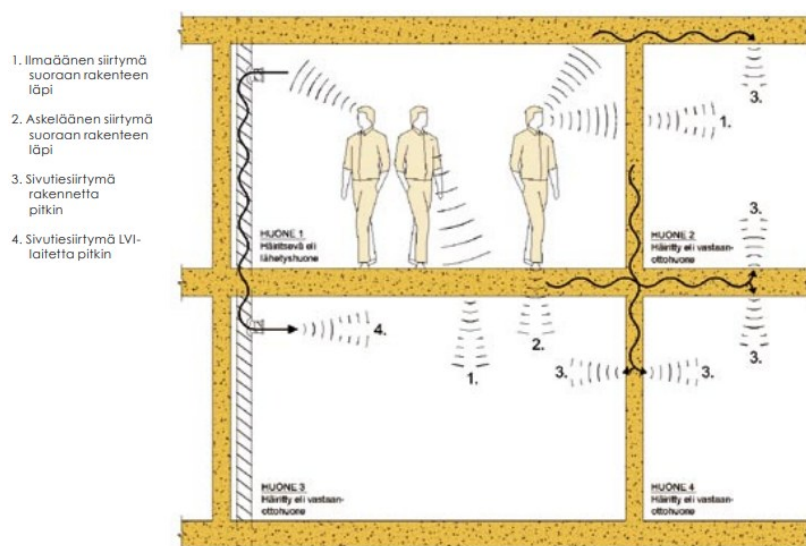


KUVA 1. Ilma- ja runkoäänien yhteys (12, s. 10)

3.1.3 Äänen kulkeutuminen rakennuksessa

Rakennuksen äänimaailma ei ole yksinkertainen asia, siinä onkin otettava huomioon useita tekijöitä, jotta äänen siirtyminen huoneista toisiin saadaan estettyä. Äänenlähteinä voivat olla yleiset ilmaääniä aiheuttavat tekijät, kuten ihmisen toiminta tai LVIS-laitteet. Askelääniä syntyy taas alapohjaan tai välipohjaan kohdistuvista iskuista, jotka aiheuttavat värähtelystä johtuvaa ilmaääntä viereiseen huoneeseen. Huoneisiin voi kantautua myös ääniä rakennuksen ulkopuolella tapahtuvasta toiminnasta, kuten liikenteen ääniä. (12, s. 10.)

Tyypillisin äänen kulkeutumisen reitti rakennuksessa on suoraan huoneiden välisten seinien läpi. Muita yleisiä äänen kulkeutumisen reittejä ovat askeläänen siirtyminen suoraan rakenteiden läpi, sivutiesiirtymä rakenteita pitkin tai LVIS-laitteita pitkin. (Kuva 2; 12, s. 10.)



KUVA 2. Yleisimmät äänen etenemisreitit rakennuksessa (12, s. 11)

3.1.4 Äänentaajuus

Äänentaajuus on ääniaallon värähtelyä ja sitä mitataan värähtelyjen määrällä sekunneissa. Äänentaajuuden yksikkö on hertsi [Hz]. Ihminen kuulee äänet taajuusalueelta 16 Hz-16000 Hz, eli äänentaajuuden ollessa riittävän korkea tai matala ei ihminen pysty kuulemaan ääntä ollenkaan. Ihmisen kuulo on kuitenkin herkimmillään taajuusalueella 100 Hz-3150 Hz. (12, s. 11.)

Äänentaajuudella on oleellinen merkitys ääntä eristäviä kevyitä väliseiniä suunniteltaessa, koska seinärakenteen käyttäytyminen ja ääneneristyskyky muuttuvat taajuuden muuttuessa. Seinärakenteen ääneneristys pitää saada toimimaan niin korkeilla kuin matalillakin äänentaajuuksilla. Seinän äänen eristystä suunniteltaessa pyritään nykyään ottamaan huomioon myös alle 100 Hz:n taajuudet, koska kevyet väliseinät rakenteet läpäisevät juuri näitä matalia taajuuksia helpoiten. (12, s. 11.)

3.1.5 Äänenvoimakkuus

Äänenvoimakkuus on käsite, jolla kuvataan äänilähteen tai äänilähteiden tuottamaa ääntä. Kun äänenvoimakkuutta mitataan, puhutaan äänenpainetasosta. Tätä voidaan mitata siihen tarkoitetuilla mittareilla. Painetaso ilmoitetaan yksikössä desibeli [dB]. Alla olevasta taulukosta nähdään erilaisten äänilähteiden aiheuttamia tyypillisiä äänenpainetasoja. (taulukko 1; 12, s. 12.)

TAULUKKO 1. Tyypillisiä äänenpainetasoja (12, s. 12)

Äänilähde	Äänenpainetaso
Kuulokynnys	0
Pensaiden lehtien havina	5 – 25
Tietokone	25 – 50
Äänekäs puhuminen	50 – 70
Liikenne	70 – 85
Moottoripyörä	85 – 90
Disco	90 – 110
Kipukynnys	110 – 130
Suihkumoottori	150

Vaikka eri äänenlähteille voidaan antaa tyypillisiä äänenpainetasoja, ei niitä voida lähteä yhdistelemään perinteisellä summalaskennalla. Desibeli on logaritminen suure, joten sille on annettu omat laskentakaavat. (12, s. 12.)

3.1.6 Vaatimukset ääneneristävyydelle

Ympäristöministeriön rakennuksen ääniympäristö -ohjeessa annetaan vaatimukset uuden rakennuksen ääneneristävyydelle. Kuten taulukossa 2 todetaan, uusissa rakennuksissa, jotka ovat

ympäri vuorokautisessa toiminnassa ja sisältävät asuntoja sekä majoitus- tai potilashuoneita, on ilma- ja askelääneneristyksen suunnittelussa ja toteutuksessa noudatettava vaatimuksessa asetettuja lukuarvoja. Vaatimuksessa asetetut lukuarvot eivät saa alittaa huonetilassa äänitasoeroluvun kohdalla eivätkä ylittyä askeläänitasoeroluvun kohdalla. (taulukko 2; 13, s. 20.)

TAULUKKO 2. Uuden rakennuksen ääneneristykselle asetetut lukuarvot (13, s.20)

Huonetila	Pienin sallittu äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ (dB)	Suurin sallittu askelääni-tasoluku $L'_{nT,w} + C_{i,50-2500}$ (dB)
Asuntojen, majoitus- tai potilashuoneiden välillä	55	53
Uloskäytävästä asuin-, majoitus- tai potilashuoneeseen	39	63

Tilanteessa, jossa rakennuksen tai tilan käyttötarkoitus on jokin muu kuin yllä mainituissa lukuarvoissa, voidaan käyttää niin sanottuja muiden tilojen ohjearvoja ilma- ja askelääneneristävyydelle (taulukko 3 ja taulukko 4). Muissa tiloissa, jotka toimivat pääsääntöisesti päiväsaikaan, muun muassa opetus-, kokous-, ruokailu-, hoito-, harrastus-, liikunta- ja toimistotiloissa, voidaan noudattaa muita ohjearvoja, koska tilojen äänitekniset vaatimukset ovat erilaiset kuin asuinkäyttöön tarkoitetuissa tiloissa. (13, s. 22.)

TAULUKKO 3. Muiden tilojen äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ ohjearvot (13, s. 22)

Tilatyyppi	Ohjearvo Äänitasoeroluku $D_{nT,W}$ (dB)		
	Ympäröiviin tiloihin yleensä	Toiseen käyttötarkoitukseen saman tyyppiseen tilaan ^{b)} , kun välissä on ovi	Käytävään tai aulaan, kun välissä on ovi
Opetustila ^{a)}	44	42	34
Musiikinopetustila	60	52	44
Varhaiskasvatuksen opetustila	44	42	34
Neuvottelutila	48	42	34
Sairaalan, terveysaseman tms. hoitotila, kuten tutkimus- ja toimenpidehuone, vastaanottohuone, hoito- ja terapiahuone, lepo- huone, päivähuone ^{c) d)}	48	42	39
Sairaalan, terveysaseman tms. potilaspaikka ^{d)}	48	42	34
Liikuntatila	57	48	42
Toimistihuone ^{d)}	40	40	30
Toimistorakennuksessa kahden eri toimijan välillä	52	–	–

TAULUKKO 4. Muiden tilojen askeläänitasoluvun ohjearvot (13, s. 23)

Tilatyyppi	Ohjearvo Askeläänitasoluku $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ (dB)
Oppilaitosrakennuksessa kerrosten välillä yleensä	63
Teknisen työn opetustilasta ympäröiviin tiloihin	49
Musiikinopetustilasta ympäröiviin tiloihin	46
Sairaalassa, terveysasemalla yms. kerrosten välillä yleensä	63
Liikuntatilasta ympäröiviin tiloihin	46
Toimistorakennuksessa kerrosten välillä yleensä	63

3.1.7 Ääneneristävyys

Tilojen väliseen ääneneristykseen vaikuttaa tiloja erottavan seinärakenteen ääneneristävyys ja siihen liittyvien rakenteiden kautta kulkevien äänien eli sivutiesiirtymien yhteisvaikutus. Ääneneristykseen vaikuttaa myös rakennusosien välisten saumojen ja liitosten sekä rakennusosien läpi menevien LVIS-järjestelmien tiiviys ja eristävyys. Seinärakenteen ääneneristävyys vaikuttaa myös suuresti rakenteen massa. Rakenteen massa vaikuttaa seinän rungon ja runkorakenteen valinta sekä materiaalit ja materiaalien määrä. Esimerkiksi

yksinkertainen kevyempi runko värähtelee äänen vaikutuksesta enemmän kuin kaksinkertainen massaltaan suurempi runko. (13, s. 19.)

Ilma- ja askelääneneristys

Ääneneristys jaetaan kahteen eri osa-alueeseen: ilmaääneneristykseen ja askelääneneristykseen. Ilmaääneneristävyydellä kuvataan rakenteen kykyä eristää ilmaääntä huoneiden tai tilojen välillä. Ilmaääneneristyslukuja on kahdenlaista, ensimmäinen on määritelty laboratorio-olosuhteissa rakenteille ja siitä käytetään merkintää R_w [dB]. Tätä käytetään, kun halutaan ilmaista yksittäisen rakennusosan, tässä tapauksessa väliseinän kykyä eristää ilmaääntä. Toinen ilmaääneneristysluku on määritelty valmiissa rakennuksessa tilojen välille, tästä käytetään merkintää $R'w$ [dB], tätä käytetään, kun halutaan kuvata äänitehon siirtymistä tilasta toiseen. (12, s. 12.)

Ilmaääneneristysluku $R'w$ on helppo havainnollistaa puheen ja rakenteen eristävyden yhteydellä. Alla olevassa taulukossa on havainnollistettu kuinka normaalit keskustelu äänet ja voimakas puhe kuuluu eri ilmaääneneristävyyden omaavilla seinärakenteilla (taulukko 4; 14, s. 6.)

TAULUKKO 4. Rakenteen eristävyden ja puheen yhteys (14, s. 6)

Kuvaus	$R'w$ (dB)
Normaali keskusteluääni kuuluu seinän läpi	>35
Normaali keskusteluääni kuuluu seinän läpi, mutta sanoista ei saa selvää	>40
Normaali keskusteluääni ei kuulu seinän läpi	>45
Voimakas puhe kuuluu seinän läpi, mutta sanoista ei saa selvää	>50
Voimakas puhe ei kuulu seinän läpi	>55
Voimakas huuto kuuluu seinän läpi, mutta sanoista ei saa selvää	>60

Seinärakenteen ilmaääneneristävyyteen vaikuttaa suuresti rakenteen tiiviys, se onkin hyvän eristävyden perusedellytys. Raon tai aukon merkitys seinän ilmaääneneristävyyteen on erittäin suuri. Pienetkin tiivistämättömät raot vaikuttavat rakenteen eristävyteen, tämän takia työn suorituksessa ja suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota huolelliseen rakennustapaan. Pahimmassa tapauksessa raon tai aukon merkitys voi olla niin suuri, että se heikentää eristävyttä jopa kolmasosan (taulukko 5; 15, s. 2.)

TAULUKKO 5. Raon vaikutus seinän ilmaääneneristävyyteen (15, s. 2)

Tiivis seinä R_w	Raon leveys	Seinässä rako R_w
60 dB	5 mm	40 dB
60 dB	0,5 mm	49,5 dB
60 dB	0,05 mm	57 dB
60 dB	0,005 mm	59,5 dB
60 dB	0,0005 mm	60 dB
60 dB	0,00005 mm	60 dB

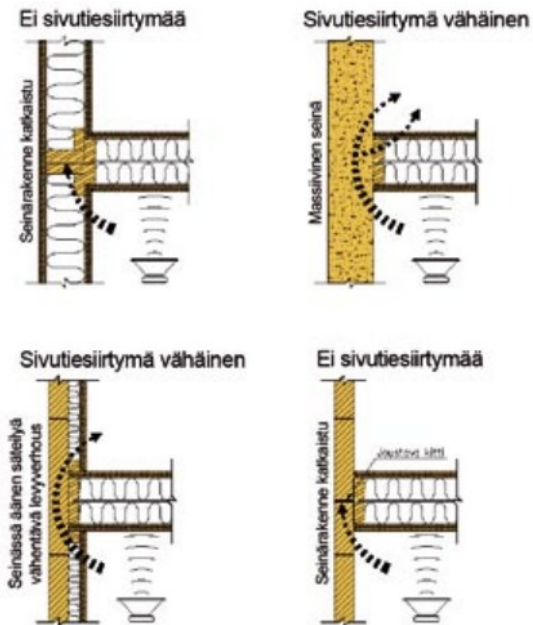
Vaatus tilojen tai huoneiden väliselle ilmaääneneristykselle määritellään äänitehon siirtymisenä tilasta toiseen äänenpainetasojen erona. Äänenpainetasojen ero mitataan vastaanottotilan jälkikaiunta-aikana. Tilojen välinen ääneneristävyys on sitä parempi, mitä suurempi on äänitasoeroluku DnT,w tai äänitasoero DnT . Rakennusosien välisten liitosten liitoseristävyyksistä ja ilmaääneneristysluvusta R_w voidaan laskea tilojen välinen äänitasoeroluku DnT,w . (13, s. 19.)

Rakenteen askelääneneristävyydellä kuvataan välipohjan tai alapohjan kykyä tuottaa ilmaääntä vastaanottohuoneeseen, sitä mitataan askeläänikojeella ja kuvataan askeläänitasoluvulla. Askeläänitasoluvusta käytetään merkintää $L_{n,w}$ [dB], mikäli askeläänitasoluku on määritelty laboratoriossa. Valmiiseen rakennukseen tilojen välille askeläänitaso luku ilmoitetaan merkintänä $L'_{n,w}$ [dB]. (13, s. 19.)

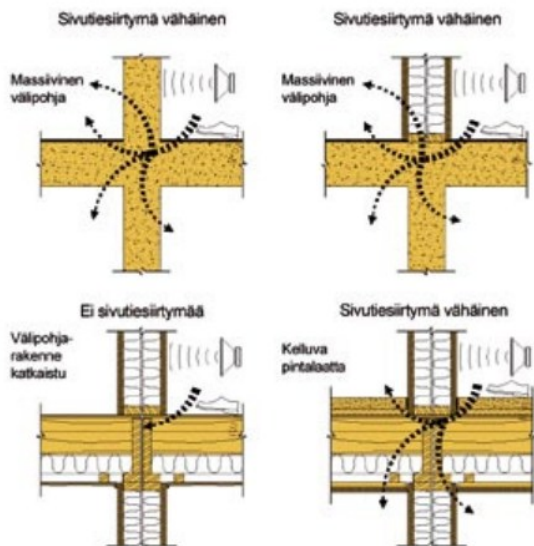
Äänen sivutiesiirtymä

Äänen siirtyminen tilasta toiseen voi tapahtua myös äänen sivutiesiirtymänä. Tämä tarkoittaa sitä, että ääni kulkeutuu niin sanotusti tilasta toiseen, tilaa erottavan seinän ohi rakenteiden liittymäkohdista. Äänen kulkeutuminen tapahtuu tällöin sivuavien rakenteiden kuten ala-, yläpohjan tai ulkoseinänliitoksen kautta. Sivutiesiirtymän huomioimisen merkitys kasvaa, mitä parempi varsinaisen eristävän väliseinän eristys on. Sivutiesiirtymiä voidaan vähentää tekemällä sivuava rakenne riittävän massiivisena tai kaksinkertaisena rakenteena. Tällöin eristävyys on vähintään yhtä hyvä kuin seinällä. Sivutiesiirtymää voidaan myös vähentää suunnittelemalla rakenneliitokset oikein tai katkaisemalla sivuava rakenne elastisella saumalla. (14, s. 7.)

Alla olevissa kuvissa on havainnollistettu esimerkein äänen sivutiesiirtymäreitit sivuavien rakenteiden kautta sekä sivutiesiirtymän vähentämisen ja poistamisen mahdolliset ratkaisut. (Kuvat 3 ja 4; 12, s. 39.)



KUVA 3. Esimerkki seinien liittymäkohdissa olevista äänen sivutiesiirtymäreiteistä (12, s. 39)



KUVA 4. Esimerkki välipohjan ja seinän liittymäkohdissa olevista äänen sivutiesiirtymäreiteistä (12, s. 39)


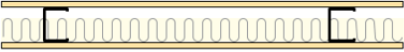
3.1.8 Väliseinän runko ja materiaalit ääneneristyksessä

Väliseinän materiaaleilla on merkittävä vaikutus seinän ääneneristävyyteen. Seinä voidaan toteuttaa puu- tai teräsrunkoisena tai se voidaan päällystää yhdellä tai useammalla kipsilevykerroksella sekä seinän sisällä voidaan käyttää eristeenä mineraalivillaa. Seinän runkotyypillä on myös suuri vaikutus ääneneristykseen, runko voidaan toteuttaa joko yksinkertaisena, kaksinkertaisena tai erillisrunkoisena. (7.)

Väliseinä on ääniteknistesti yksinkertainen, kun sen materiaalikerrokset ovat niin kiinteästi kiinni toisissaan, että ne värähtelevät yhtenä kokonaisuutena. Yksinkertaisen seinän ääneneristävyys perustuu sen ilmatiiveyteen ja massaansa. Yksinkertaisen rakenteen ääneneristävyttä voidaan parantaa lisäämällä rakenteen ilmatiiveyttä lisäämällä seinän sisään mineraalivillaa tai useampia levykerroksia seinän pintaan. Tätä kutsutaan myös ääneneristävyyden massalaksi. Kevyt rakenne värähtelee samasta äänenpaineesta enemmän kuin raskasrakenne. Yksinkertaista seinää käytetään tiloissa, joissa ääneneristysvaatimukset eivät ole niin suuret tai niitä ei ole ollenkaan, kuten asuinrakennuksen sisäisissä huoneiden seinissä. (12.)

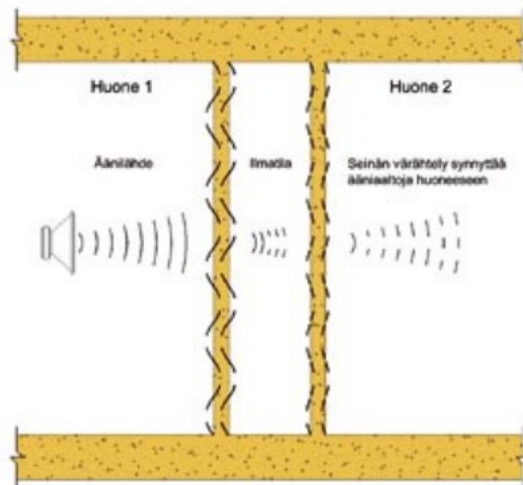
Rankajaolla ja rankatyypillä on yksinkertaisessa rakenteessa suuri merkitys. Puurankaa käytettäessä rankajakoa ei suositella pienentämään alle 600 mm:iin, tämä huonontaa seinärakenteen ääneneristystä. Ääneneristyksen parantamiseksi yksinkertaisessa seinässä voidaan käyttää teräsrankoja, jotka antavat pari desibeliä paremmat arvot ja mahdollistavat myös tiheimmän rankajaon tekemisen 450 mm:iin, jos seinältä vaaditaan parempaa jäykkyyttä. (16, s. 433.)

Alla olevassa kuvassa on havainnollistettu, kuinka yksinkertaisessa seinässä ilmaääneneristysluku $R'w$ kasvaa 5 desibeliä, kun puuranka vaihdetaan teräsrankaan. (Kuva 5; 14, s. 9, s. 10.)

PUURUNKO	Rakennekuvaus 1)	R' w dB
	ET600 66/66 A/A M50	35
TERÄSRUNKO	Rakennekuvaus 1)	R' w dB
	ER600 66/66 A/A M50	40

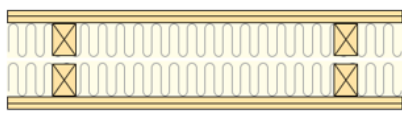
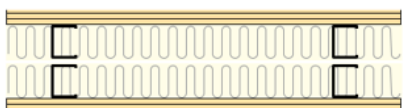
KUVA 5. Puu- ja teräsranka yksinkertaisessa seinässä (14, s. 9, s. 10)

Kaksoisrunkoisessa ja erillisrunkoisessa seinässä ääneneristävyys perustuu toisistaan erillä olevien levymäisten massojen ja niiden välissä olevan ilmatilan yhteistoimintaan. Tätä kutsutaan jousimassayhdistelmäksi. Levyjen välissä oleva ilmatila vaimentaa ääniaallon aiheuttaman värähtelyn sen siirtyessä toiselle seinäpuoliskolle (Kuva 6; 12, s. 24). Ääneneristävyys paranee, mitä paksumpi ja joustavampi levyjen välissä oleva ilmatila on. Kaksois- ja erillisrunkoisia väliseiniäseiniä käytetään yleisesti huoneistojen välisissä seinissä tai tiloissa, joissa ääneneristysvaatimukset ovat korkeat, kuten musiikinluokassa, kärjäsalissa (12, s. 25).



KUVA 6. Kaksoisrunkoisen ja erillisrunkoisen seinän äänitekkinen toiminta (12, s. 24)

Massalaki pätee myös kaksois- ja erillisrunkoisessa seinässä, koska levyjen ja eristeen lisäämisellä saadaan parannettua seinän ääneneristystä merkittävästi (12, s. 24). Kaksois- ja erillisrunkoisissa seinissä rungon materiaalilla ei ole merkitystä ääneneristävyyteen (Kuva 7.). Rungot eivät ole kiinni toisissaan ilmatilan takia, jolloin äänen aiheuttama värähtely ei pääse kulkeutumaan jatkuvana rungosta toiseen (14, s. 5). Kaksois- ja erillisrunkoisen ilmatilaan ei tule asentaa mitään, mikä yhdistäisi seinät toisiinsa. Ilmatilan tulee säilyä vapaana, jotta jousimassa yhdistelmä toimisi oikealla tavalla. Muutoin seinästä tulee niin sanotusti kolminkertainen ja seinään syntyy ylimääräisiä värähtelyalueita (12, s. 25).

PUURUNKO	Rakennekuvaus 1)	R' w dB
	D T600 66/66 AA/AA M140	55
TERÄSRUNKO	Rakennekuvaus 1)	R' w dB
	D R600 66/66 AA/AA M140	55

KUVA 7. Puu- ja teräsranka kaksoisrunkoisessa seinässä (14, s. 9- 10)

3.1.9 Seinän liittymien ja läpivientien tiiveyden vaikutus eristävytyteen






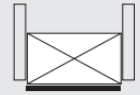
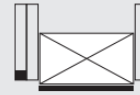

Seinän liittymät voivat vaikuttaa väärin tehtyinä negatiivisesti seinän ääneneristykseen, vaikka seinä olisikin tehty muuten oikein. Ääneneristystason saavuttamiseksi onkin hyvin tärkeää tehdä äänitekniset tiivistykset oikein kaikissa liittymissä. Näitä liittymäkohtia ovat seinän liittyminen ala- ja yläpohjaan sekä seinän liittyminen toiseen seinään. Tiivistyksillä varmistetaan, ettei saumoissa esiinny rakojen kautta tapahtuvia ilmaäänivuoja sivutiesiirtymänä. (16, s. 419.)

Äänitekkinen tiivistys voidaan toteuttaa käyttämällä akustista tiivistysmassaa päällimmäisten levyjen saumakohdissa tai polyteeninauhaa puu- tai teräsrankojen välissä, silloin kun rangat kiinnitetään vaaka- tai pystysuoriin rakenteisiin. Paremman ääneneristystason saavuttamiseksi voidaan seinän liittymissä käyttää akustisen tiivistysmassan ja polyteeninauhan yhdistelmää tai teräsrankaa, johon on valmiiksi kiinnitettyä kumitiivistenauhat. (16, s. 419.)

Ääneneristysluokat voidaan jakaa neljään luokkaan äänitasoeronluvun $D_{nT,w}$ perusteella. Luokat ovat $D_{nT,w} = 0-30$ dB, 35 dB, 40-52 dB ja 55-65 dB. Ääneneristysluokkaan 0–30 dB kuuluu yksinkertaiset seinät, joille ei aseteta ääneneristysvaatimuksia. Tällöin liittymien tiivistyksiä ei tarvitse tehdä. Ääneneristysluokka 35 dB saavutetaan yksinkertaisella seinällä, kun käytetään puu- tai teräsrankaa polyteeninauhalla. Ääneneristysluokan 40–52 dB arvot saavutetaan, kun käytetään polyteeninauhan ja akustisen massan yhdistelmää yksinkertaisessa puu- tai teräsrankaseinässä. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös teräsrankajärjestelmää, jossa akustinen tiivistys on jo valmiina. Ääneneristysluokka 55–65 dB saavutetaan puu- tai teräsrankaseinällä vain kaksinkertaisella rungolla käyttämällä kummankin rungon alla polyteeninauhaa ja tiivistämällä saumat akustisella massalla tai vaihtoehtoisesti käyttämällä akustista teräsrankajärjestelmää. (Taulukko 6; 16, s. 419.)

Seinä on tärkeä saada täysin ilmatiiviiksi myös kaikkien läpivientien osalta, jotta seinän ääneneristävyys ei heikkene. Läpivientien tiivistykset tulee hoitaa siihen soveltuvalla akustisella tiivistemassalla. (17, s. 2.)

TAULUKKO 6. Liittymien äänitekniset tiivistykset ääneneristysluokittain (16, s. 419)

Teräsranka				
	SK	SKP	AC	AC-X2
Puuranka				
		GPD	GPD + KS	GPD + KS
$D_{nT,w} = 0-30$ dB	•*			
$D_{nT,w} = 35$ dB		•		
$D_{nT,w} = 40-52$ dB			•	
$D_{nT,w} = 55-65$ dB				•

3.2 Kevyväliseinä palo-osastointina

Tässä osiossa tarkastellaan kevytväliseinien osuutta rakennuksen paloturvallisuudessa. Paloturvallisuutta ei tarkastella kantavien seinärakenteiden osalta.

3.2.1 MRL (958/2012), kohta 117 b, paloturvallisuus

Maankäyttö- ja rakennuslaissa kohdassa 177 b on asetettu rakentamiselle vaatimukset koskien rakennuksen paloturvallisuutta. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava paloturvalliseksi sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla. Palon ja savun syttymistä, kehittymistä ja leviämistä on pystyttävä rajoittamaan. Rakennuksessa on käytettävä materiaaleja, jotka soveltuvat paloturvalliseen rakentamiseen. Rakennuksen on oltava sellainen, että sisällä olevat henkilöt voivat pelastautua tai heidät voidaan pelastaa. (8.)

Ympäristöministeriön asetuksella rakennuksen paloturvallisuudesta annetaan tarkempia säännöksiä koskien uuden rakennuksen rakentamista. Asetus nojautuu lakiin 177 b, sellaisenaan kun se on esitetty laissa 958/2012. (8.)

3.2.2 Rakennuksen paloluokitus

Rakennukset on luokiteltava paloluokkiin niiden koon, henkilömäärien ja käyttötarkoituksen mukaan. Ympäristöministeriön asettamat paloluokitukset ovat P0, P1, P2 ja P3. Luokituksia P1, P2 ja P3 on käytettävä, kun rakennus suunnitellaan noudattaen palomääräysten paloluokkia ja lukuarvoja. Luokituksia on myös käytettävä, jotta rakennus saadaan suunniteltua ympäristöministeriön asetusten mukaan (17, s. 2). Rakennuksen paloluokka on tärkeä määrittellä, koska se vaikuttaa rakennusosien ja tarvikkeiden paloluokan määrittelyyn (16, s. 442).

Paloluokka P0

Paloluokka P0 eroaa muista paloluokista, sitä ei suunnitella taulukkomitoituksen perustella, kuten P1, P2 ja P3. Paloluokka P0 suunnitellaan toiminnalliseen palomitoitukseen perustuen. Toiminnallisella mitoituksella tarkoitetaan sitä, kun rakennus suunnitellaan osin tai kokonaan perustuen oletettuun palonkehitykseen, joka kattaa rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät palotilanteet. (18, s. 1.)

Paloluokassa P0 olevien rakennusten henkilömääriä tai palokuormia ei ole rajoitettu, mutta niitä koskevat tiedot on ilmoitettava. Tyypillisiä P0-luokkaan kuuluvia rakennuksia on yli 28 metriä korkeat asuin- tai työpaikkarakennukset. (18, s. 2.)

Paloluokka P1

Paloluokkaan P1 kuuluvat rakennukset, joiden kantavien rakenteiden oletetaan kestävän sortumatta palossa. P1-luokan rakennusten kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu. Tyypillinen P1-luokan rakennus on yli 3-kerroksinen kerrostalo. (18, s. 2.)

Paloluokat P2 ja P3

Paloluokissa P2 ja P3 rakennuksen henkilömäärää ja kokoa on rajoitettava henkilöturvallisuuden sekä pelastus- ja sammutustyön helpottamiseksi rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan (taulukot 7, 8 ja 9; 17, s. 3).

P2-luokan rakennuksen kantavat rakenteet voivat olla P1-tasoa matalammat. Turvallisuustaso saavutetaan kiinnittämällä huomiota pintarakenteiden ominaisuuksiin. Tyypillisiä rakennuksia ovat muun muassa teollisuus-, varasto- ja myymälähallit. (14, s. 12.)

P3-luokan rakennuksessa kantaville rakenteille ei aseteta vaatimuksia. Turvallisuustaso saavutetaan henkilömääriä ja rakennuksen kokoa rajoittamalla. Tyypillisiä rakennuksia ovat pientalot. (14, s. 12.)

TAULUKKO 7. P2-luokan rakennuksen kokoa ja käyttötarkoitusta koskevat rajoitukset (17, s. 3)

Rakennus	Kerros-luku enintään	Korkeus ¹⁾ enintään	Kerrosala enintään
Yleensä	2	9 m	ei rajoitusta
1-kerroksinen tuotanto- tai varistorakennus	1 ²⁾	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Palovaarallisuusluokan 2 tuotanto- tai varistorakennus	1 ²⁾	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Yli 2-kerroksinen asuinrakennus, hoitolaitos (pois lukien suljettu rangaistuslaitos), majoitusrakennus ja työpaikkarakennus ³⁾	8 *	28 m *	12 000 m ² *
Yli 2-kerroksinen kokoontumis- ja liiketilat rakennus ³⁾	4 *	14 m *	12 000 m ² *
Yli 2-kerroksinen asuinrakennus, jonka kaikki kerrokset kuuluvat asunnoittain samaan asuinhuoneistoon ³⁾	4	14 m	12 000 m ²

TAULUKKO 8. P3-luokan rakennuksen kokoa ja käyttötarkoitusta koskevat rajoitukset (17, s. 3)

Rakennus	Kerros-luku enintään	Korkeus ¹⁾ enintään	Kerrosala enintään
1-kerroksinen, yleensä	1	9 m	2 400 m ² (4 800 m ²)
2-kerroksinen, yleensä		9 m	1 600 m ² (2 400 m ²)
Hoitolaitos	1	9 m	2 400 m ²
Tuotanto- tai varistorakennus	1 ²⁾	14 m	ei rajoitusta
Erillisenä rakennuksena oleva maataloustuotteiden kuivaamo	1	18 m	ei rajoitusta
Autosuoja	1	9 m	ei rajoitusta
Asuinrakennus, jonka päällekkäiset kerrokset kuuluvat eri asuinhuoneistoon	ei sallittu	ei sallittu	ei sallittu

TAULUKKO 9. Henkilömäärää ja paikkalukua koskevat rajoitukset luokissa P2 ja P3 (17, s. 3)

Rakennuksen paloluokka	P2			P3	
	1	2	yli 2 kerrosta *	1	2
Käyttötarkoitus					
Asunnot, henkilöitä	ei rajoitusta	ei rajoitusta	1 000	250 (500 *)	150 (250 *)
Majoitustilat, majoituspaikkoja	150 (300 *)	50 (100 *)	500	50 (100 *)	10
Hoitolaitokset, hoitopaikkoja	100 (200 *)	25 (50 *)	150	10 (25 *)	ei sallittu
Kokoontumis- ja liiketilat, henkilöitä	ei rajoitusta	250 (500 *)	1 000	500 (1 000 *)	50
Työpaikkatilat, henkilöitä	ei rajoitusta	ei rajoitusta	1 000	250 (500 *)	150
Tuotanto- ja varastotilat, henkilöitä	ei rajoitusta	50 (100 *)	ei sallittu	ei rajoitusta	ei sallittu

3.2.3 Palo-osastointi ja rakennusosien paloluokitus

Rakennusosien paloluokat jaetaan kahteen ominaisuusluokkaan. Näitä ovat kantavat ja osastoivat rakennusosat (16, s. 443). Tässä osiossa rajataan pois kantavat rakennusosat ja perehdytään vain osastoihin seinärakenteisiin.

Kevyet levyrakenteiset seinät voivat toimia rakennuksessa paloa osastoivina seininä. Kevyet väliseinät rajaavat rakennukset eri palo-osastoihin, joiden tehtävänä on rajoittaa palon ja savun leviäminen niin, että poistuminen, pelastus- ja sammutustehtävät voidaan suorittaa turvallisesti. Palo-osastointi voidaan toteuttaa kahdella tapaa. Toteuttaminen pinta-alaosastointina, jolloin rakennuksen osastoinnit rajataan pienempiin pinta-aloihin. Tällöin palo aiheuta liian suuria vahinkoja. Toisena tapana toteuttaa on käyttötarkoitusosastointi. Tällä tavalla tehtynä rakennus voidaan rajata palo-osastoihin sen sisällä olevien tilojen eri käyttötarkoitusten mukaan. Tällöin jokainen tila muodostaa oman palo-osaston ja tilojen osastointivaatimukset voivat poiketa suuresti toisistaan. (17, s. 6.)

Kevytväliseinä rakenteena kuuluu osastoihin rakennusosiin. Osastoivat rakennusosat voidaan jakaa tiiveyden E ja eristävyys I perusteella. Tiiveydellä E tarkoitetaan rakennusosan kykyä säilyttää tiiviys palon aikana siten, etteivät liekit ja palokaasut pääse tunkeutumaan seinän läpi rakojen, halkeamien tai muiden aukkojen kautta. Eristävyydellä I tarkoitetaan sitä, kuinka hyvin

rakennusosa eristää seinän toisella puolella tapahtuvan palon lämmön siirtymistä rakenteen läpi. Lämpötilat eivät saa nousta tiettyä vaatimustasoa korkeammalle. (16, s. 443.)

Yhdistelemällä osastoivan seinän E ja I ominaisuuksia yleisimpiin palonkestävyyssaikeihin, joita ovat 15, 30, 60, 90 ja 120 minuuttia, saadaan rakennusosien luokkavaatimukset. Rakennusosan luokkavaatimus voi esimerkiksi olla EI 30 tai EI 60. Yhdistelmä EI tarkoitetaan seinärakenteen osastoivuutta, kun taas numeroilla 30 ja 60 tarkoitetaan sitä, kuinka pitkään rakenne osastoi paloa, kaasuja ja lämmönsiirtymistä. (16, s. 443.)

3.2.4 Rakennustarvikkeiden paloluokitukset

Rakennustarvikkeet jaetaan seitsemään pääluokkaan, joita ovat A1, A2, B, C, D, E ja F. Luokkiin jako tapahtuu sen perusteella, miten rakennustarvikkeet osallistuvat paloon. Paloon osallistumisessa tarkastellaan materiaalin syttymisherkkyyttä, palon leviämiseen liittyviä ominaisuuksia sekä savun ja palavien pisaroiden tuottoa. Pääluokista paras on A1-luokka ja huonoin F -luokka. Pääluokkien lisäksi on myös lisämääreitä, jotka kuvaavat pisarointia ja savun tuottoa. Pisaroinnin tuoton luokitukset ovat d0, d1 ja d2 sekä savun tuoton s1, s2 ja s3. Luokassa d0 palavia pisaroita tai osia ei esiinny ja s1-luokassa savuntuotto on erittäin vähäistä. (16, s. 444.)

Kipsilevyrakenteista kevytväliseinistä palonosastoinnin kannalta tekee erityisen hyvän itse kipsikartonkilevy, joka toimii suojaverhouksena seinän pinnassa. Kipsikartonki levyt luokitellaan A2-s1, d0-materiaaleiksi, jonka paloon osallistuminen on erittäin vähäistä, palavia pisaroita ei esiinny ja savun tuotto erittäin vähäistä. Lisäämällä levykerroksia tai vaihtamalla paloa hyvin kestäväään palonsuojakipsilevyyn voidaan suojaverhousta parantaa entisestään. Suojaverhouksen tarkoitus seinässä on suojata levyn takana oleva rakenne syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta määrätyn ajan. (16, s. 444.)

Kipsilevyjen loistavat palonsuojausominaisuudet perustuvat kipsilevyn ytimeen, joka koostuu kalsiumsulfaateista, jonka kiteisiin on sitoutunut vettä. Ytimessä oleva kidevesi alkaa höyrystyä, kun se alkaa kuumenemaan, tämä hidastaa palon vaikutusta merkittävästi. (16, s. 444.)

3.2.5 Läpiviennit, ovet, ikkunat ja luukut osastoivassa seinärakenteessa

Osastoivan seinärakenteen läpiviennit, ovet, ikkunat ja luukut vaikuttavat rakennusosan palonkestävyyteen heikentävästi. Ne on toteuttava ja suunniteltava erittäin huolellisesti, jotta palonkesto aika ei heikkene. Läpivienteihin on valittava tiivistysmenetelmä, joka täyttää osastoivan seinärakenteen ominaisuudet. Tiivistämisessä on käytettävä siihen soveltuvia CE-merkittyjä massoja. Läpivientien palotiivistyssuunnitelmat eli palokatkosuunnitelmat toteutetaan yleensä yhtä aikaa seinän akustistensuunnitelmien yhteydessä, koska niiden on myös täytettävä ääneneristysvaatimukset. (16, s. 445.)

Osastoivan seinärakenteen ovien, ikkunoiden ja luukkujen on täytettävä vähintään puolet osastoivan seinärakenteen paloteknisistä vaatimuksista. Esimerkiksi EI-60 seinän oven on täytettävä osastoinnin kannalta vähintään EI 30-vaatimus.

3.3 Murtosuojaseinä

Tässä luvussa kerrotaan, mitä murtosuojauksella tarkoitetaan kevyen levyväliseinän rakenteissa sekä miten murtosuojausvaatimukset määräytyvät ja miten ne saavutetaan.

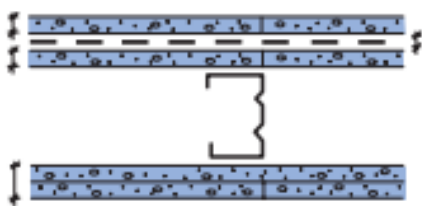
Rakenteellisen murtosuojauksen tehtävänä on nimensä mukaisesti estää tai hidastaa tunkeutujan pääsyä rakennukseen, huoneistoon tai johonkin tiettyyn tilaan. Kevyiden väliseinien murtosuojauksista suunniteltaessa oleellista on huomioida rakennuksen tai tilan käyttötarkoitus. Käyttökohteet on jaettu kahteen eri pääryhmään; yritystoimintaan, julkiseen käyttöön liittyviin rakennuksiin ja tiloihin sekä yksityisiin asuinrakennuksiin. Yksityisille asuinrakennuksille ei ole asetettu erillisiä murtosuojausvaatimuksia. Yritystoimintaan ja julkiseen käyttöön käyttötarkoitukseltaan suunnitellut toimitilat ja rakennukset jaetaan kolmeen suojelutasoon. Suojelutason määrittäminen vaikuttaa rakennuksen väliseinien rakenteiden murtosuojauksen toteutukseen. (16, s. 229.)

Rakenteellisen murtosuojauksen vaatimukset määritellään suojaustasoissa 1, 2 ja 3. Vaativin näistä on suojaustaso 3, johon kuuluvat tilat kuten; ammus- tai asevarasto tai vankila. Vaatimuksiltaan seuraavaksi suurin on suojaustaso 2. Tähän tasoon kuuluu yleensä erilaiset

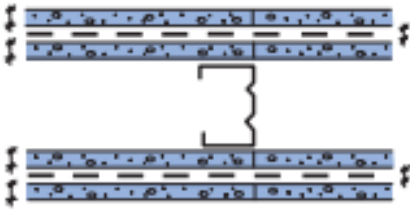
päivittäistavarakaupat ja muut liikkeet. Suojaustaso 1 on vaatimuksiltaan pienin suojaustaso. Tyypillisiä suojaustasoon 1 kuuluvia rakennuksia ja tiloja ovat muun muassa yritysten toimistot. Vaatimustason määrittäminen riippuu vakuutettavan kohteen tai omaisuuden arvosta. (19, 16, s. 229).

Jokaisen murtosuojaustason väliseinärakenteiden perusvaatimus on, että seinien on oltava lujuudeltaan ja rakennustavaltaan sellaisia, ettei tunkeutuminen tilaan ole mahdollista ilman työkaluilla tapahtuvaa rakenteiden rikkomista. Seinärakenteet ja niiden osat eivät saa myöskään olla ulkopuolelta rikkomatta irrotettavissa (16, s. 229). Jokaisessa suojausluokassa seinien on oltava rakennettuina kaksinkertaisella levytyksellä kummaltakin puolelta. Seinää, jossa on yksinkertainen levytys ei voida luokitella murtosuojausseinäksi. Väliseinärakenteen levytyksen ja rungon tulee myös ylettyä lattiasta kattoon katkeamattomana. Runko tulee tehdä käyttämällä normaalia vahvempia teräsrankoja, jotta seinälle saadaan paremmat jäykkyysominaisuudet (16, s. 230).

Vaativissa murtosuojauskohteissa, joissa on käytettävä suojausluokkia 2 ja 3, vaatimukset nousevat myös sen osalta, kuinka hyvin tilaan on mahdollista murtautua. Suojausluokassa 2 seinä on vahvistettava säilytystilan puolelta 12 mm vahvalla vanerikerroksella tai kaksinkertaisen levytyksen väliin on lisättävä 1 mm vahva teräslevy aina 4 metrin korkeuteen (kuva 8). Suojausluokassa 3 sama vahvistus on tehtävä seinän molemmille puolille aina 4 metriin asti (Kuva 9; 16, s. 229.)



KUVA 8. Suojausluokan 2 mukainen kipsilevyseinä, 1 mm:n paksuinen teräslevy vain säilytystilan puolella (16, s. 230)



KUVA 9. Suojausluokka 3 mukainen kipsilevyseinä, 1 mm:n paksuinen teräslevy tilojen molemmilla puolilla (16, s. 230)

3.4 Säteilysuojaseinä

Osiassa annetaan tietoa siitä, kuinka röntgensäteily tulee huomioida kevyiden väliseinien rakentamisessa, jotta asetetut vaatimukset voidaan täyttää.

Röntgensäteily on sähkömagneettista säteilyä, jota syntyy röntgenlaitteissa. Röntgensäteilylle altistuminen suurissa määrissä on haitallista ja se lisää syöpään sairastumisen riskiä. Röntgenlaitteiden käytön hyödyt ovat kuitenkin aina suurempia, kuin siitä aiheutuvat haitat. Röntgensäteilylähteiden tilat onkin suunniteltava ja toteutettava siten, että asiakkaiden ja työntekijöiden altistus on niin pientä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista saavuttaa. (20.)

Arvioitaessa säteilysuojauksen tarvetta on huomioitava useampi eri seikka, kuten suojattavan tilan käyttötarkoitus, laitteen sijainti huoneessa, kuvaussuunnat, säteilylähteen käyttömäärä ja säteilylähteen tyyppi sekä käytettävän säteilyn ominaisuudet. (20.)

Säteilysuojaus kevytväliseinissä tulee toteuttaa käyttämällä materiaaleja, jotka pienentävät säteilyn annosnopeutta. Annosnopeudelle asetetut altistusrajat ovat väestön edustajille tyypillisesti 0,1 millisievertiä vuodessa ja työperäiselle altistukselle 0,3 millisievertiä vuodessa. Yleisimpiä kipsilevyseinissä käytettäviä säteilynestoon tarkoitettuja materiaaleja ovat lyijyvuoratut kipsilevyt ja bariumsulfaattia sisältävät kipsilevyt. Näillä materiaaleilla pystytään saavuttamaan henkilöryhmille asetetut annosrajoitukset. (20.)

Rakenteellinen säteilysuojaus toteutetaan usein lyijystä, tämän vuoksi suojaustarve esitetään aina millimetrinä lyijyä (mmPb) (20). Säteilysuojauksessa perinteisesti käytetty lyijy on kuitenkin

myrkyllistä ja hankalasti työstettävää, tästä syystä bariumsulfaattia sisältävät kipsilevyt ovat yleistyneet (16, s. 232). Bariumsulfaatti-kipsilevyille onkin määritelty lyijyvastaavuustaulukko, josta on nähtävissä, kuinka monta kerrosta bariumsulfaatti-levyä vastaa tiettyä lyijymillimetriä (16, s. 232).

Alla olevasta taulukosta on nähtävissä, kuinka monta Gybroc X-Ray Protection -järjestelmän bariumsulfaattilevyä tarvitaan, jotta saavutetaan samat ominaisuudet kuin käyttämällä lyijyllä (taulukko 9).

TAULUKKO 9. Bariumsulfaatti-levyn vastaavuus lyijy millimetreihin laitteen kuvausjännitteiden mukaan (16, s. 232)

Lyijy- vastaavuus (mm)	Röntgenlaitteen kuvausjännite (kV)										
	30kV	40kV	60kV	70kV	80kV	90kV	100kV	125kV	130kV	140kV	150kV
0,25	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0,5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
1,5	2	3	3	3	2	3	3	4	4	4	5
2	2	3	4	3	3	3	3	5	5	6	6
2,5	2	3	5	4	3	3	4	6	6		
3	2	3	6	4	4	4	4				
3,5	2	3	6	5	4	4	5				
4				5	5	5	6				
	X-Ray Protection -levykerrosten määrä										

Säteilysuojaseinää suunniteltaessa on myös otettava huomioon seinään tulevat ovet, ikkunat ja läpiviennit. Aukkojen ja läpivientien säteilysuojausominaisuuksien on vastattava seinältä vaadittua säteilynsuojausta.

4 KAKSINKERTAISEN KIPSILEVYVÄLISEINÄN TOTEUTTAMINEN VAATIMUSTEN MUKAAN

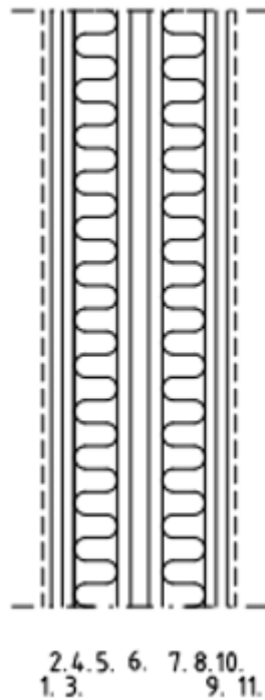
Työn aiheena on ollut tarjota tietoa rakennuksen huoneistojen ja tilojen levyrakenteisten väliseinien vaatimuksista sekä siitä miten tilojen eri käyttötarkoituksista syntyvien vaatimusten vaikutus näkyy seinän ominaisuuksissa ja sen rakenteissa. Jotta eri vaatimukset saadaan täytettyä, on seinärakenne suunniteltava ja toteutettava huolellisesti alusta loppuun asti.

Olin mukana viime kesänä hankkeessa, jossa pääsin johtamaan väliseinätyövaihetta. Hankkeen monimuotoisuuden takia rakennuksen tilojen käyttötarkoitukset saattoivat poiketa suurestikin toisistaan. Tämän takia useille tiloille asetettiin tiukat ääneneristys-, paloturvallisuus- ja murtosuoja-vaatimukset. Jotta tilat pystyttiin toteuttamaan niin, että nämä vaatimukset täyttyvät ja rakennuksen tuleva käyttäjä voi toimia siellä turvallisesti, oli suurin osa kevyistä tiloista jakavista seinistä toteutettava suunnitelmien mukaisesti kaksinkertaisina.

Hankkeen aikana tutustuin laajasti seinien ominaisuuksiin ja vaatimuksiin ja siihen, miten ne otetaan huomioon seinän rakenteita, liitoksia ja läpivientejä tehtäessä. Tässä osiossa tullaan kertomaan siitä, miten kaksinkertainen kipsilevyseinärakenne toteutetaan vaiheittain, aina pohjarangan asentamisesta läpientien tiivistykseen. Työssä ei mainita hanketta nimellä, eikä siitä kerrota yksityiskohtia tarkemmin salassapitosyiden takia.

4.1 Hankkeessa toteutettu kaksinkertainen kipsilevyväliseinä

Hanke oli kerrosalaltaan erittäin laaja ja se sijoittui kolmeen eri kerrokseen. Rakennus sisälsi useita käyttötarkoitukseltaan erilaisia tiloja, joten kevytväliseinä rakennetyyppejä oli paljon erilaisia. Rakennuksen sisäisiä tiloja erottavia seiniä oli rungoltaan yksinkertaisia, kaksinkertaisia. Niissä käytetyt materiaalit ja rakennekerrosten määrät vaihtelivat suuresti. Hankkeen vaativimmat seinät olivat rungoltaan kaksinkertaisia. Vaativimpien kaksinkertaisten seinien rakennekerrosten ja materiaalien ominaisuuksien avulla seinällä saatiin täytettyä haastavimmatkin tekniset vaatimukset.



KUVA 10. Hankkeessa toteutetun kaksinkertaisen levyseinän rakennetyyppi (21)

Seinärakenne selitettynä rakennekerroksittain: 2x13 mm EK-kipsilevy, 1,5 mm sähkösinkitty teräsohutlevy, 66 mm teräsranka K400 + 50 mm mineraalivilla, ilmaväli 20 millimetriä, 66 mm teräsranka K400 + 50 mm mineraalivilla, 1,5 mm sähkösinkitty teräsohutlevy, 2x13 mm EK-kipsilevy. Ääneneristävyys $R'w > 55\text{dB}$, palonkestoluokka EI60 ja murtosuojausluokka RC3 (Kuva 10).

4.2 Tehtävät ennen levyseinätyön toteutuksen aloitusta

Tehtäviin ennen levyseinän toteutuksen aloitusta kuului tärkeitä asioita, jotka täytyi suorittaa työvaiheen onnistumisen kannalta. Työtehtävät liittyivät turvallisuuteen, suunnitelmiin, vaatimuksiin, laadun seurantaan ja valvontaan. Osiossa käsitellään seuraavia asioita:

- Työturvallisuus ja perehdytys työmaalle
- Suunnitelmat ja laatuvaatimukset

- Laadunvarmistus ja seuranta

4.2.1 Työturvallisuus ja perehdytys työmaalle

Työnjotaja oli vastuussa siitä, että jokainen työntekijä oli perehdytetty työmaan sääntöihin ja toimintapoihin. Työnjohtajan täytyi myös olla varma siitä, että jokainen työntekijä oli ymmärtänyt työvaiheen työturvallisuusohjeet, säännöt ja riskit oikein. Ennen työnaloitusta työmaalle tultaessa työntekijät suorittivat yleisen- ja työmaaperehdytyksen, joissa käytiin läpi työmaan riskit, toimintatavat ja säännöt.

Yleinen perehdytys

Yleisen perehdytyksen tarkoituksena oli tehdä rakennusalan yleiset pelisäännöt selviksi. Yleisessä perehdytyksessä käytiin läpi rakennustyömaan yleisetsäännöt, toimintatavat ja riskit. Yleisiin sääntöihin kuului muunmuassa henkilökohtainen suojavarustus ja luvanvaraiset työt. Henkilökohtaiseen suojavarustukseen kuului heijastavat työhousut ja takki, turvakengät, viiltosuojatut hanskat, leukaremmillinen kypärä joissa kuulusuojaus ja suojalasit. Luvanvaraisia töitä oli nostimella työskentely, tulityöt ja taakankiinnitys nostokoneeseen. Toimintatapoihin kuului muunmuassa miten hätätilanteessa tulee työmaalla toimia. Riskeissä käytiin muunmuassa läpi miten putoamissuojaus säännöt menevät ja miten oikeaoppinen putoamissuojaus toteutetaan.

Työmaan perehdytys

Työmaaperehdytyksen tarkoituksena oli tehdä kyseisen työmaan säännöt, toimintatavat ja riskit selviksi. Jokainen työmaa on erinlainen, joten yleisenperehdytyksen lisäksi on käytävä työmaan oma perehdytys. Perehdytysosiossa tehtiin työmaa-alue tutuksi jokaiselle. Läpi käytäviä asioita oli muunmuassa ensiapupisteiden, hätäpoistumisteiden, sammutuskaluston, kokoontumisalueen, nostoalueen, varastointialueen ja pukutilojen sijainnit.

Työnturvallisuussuunnitelma eli TTS

Tämän jälkeen työntekijät lukivat työnturvallisuussuunnitelman. Turvallisuussuunnitelman tarkoituksena oli käydä läpi levyseinätyövaihe alusta loppuun vaihe vaiheelta. Työvaiheiden

kohdilla lueteltiin mitä riskejä siihen kuului ja miten riskejä voitiin välttää. Alla lueteltu turvallisuusriskejä joita työvaiheeseen sisälty ja miten niitä ehkäistään:

- Kuuluovaurio työkoneita käyttäessä, vältetään käyttämällä kuulusuojaimia
- Viiltohaava työkaluja käyttäessä, vältetään käyttämällä viiltosuojahanskoja ja pitkähihaistapaitaa
- Kompastumisvaara, vätetään pitämällä työalue, työtaso ja nostimentaso puhtaana
- Putoamisvaara, kahteen metriin asti käytettävä vain sallittua työtasoa sen ylitettyä käytettävä telinettä tai nostinta joissa oltava valjaat
- Kuormitusvaara taakan nostamisessa, raskaan taakan nostamisessa pyrittävä käyttämään nostoapuvälineitä

Työntekijöiden täytyi lukea nämä läpi huolellisesti ja kun he olivat ymmärtäneet nämä laittoivat he nimen kuittaukseksi suunnitelman alle. Työntekijöiden kanssa tuli myös keskustella avoimesti, miten he itse kokevat työvaiheen turvallisuuden. Työmaalla heiltä otettiin avoimesti vastaan ideoita, joilla työturvallisuutta voitaisiin parantaa. Perehdytyksen jälkeen työnjohtaja otti vastuun siitä, että jokainen noudattaa sääntöjä.

4.2.2 Suunnitelmat ja laatuvaatimukset

Levyseinätyövaihe aloitettiin selvittämällä mitä suunnitelmia tulisi käyttää ja katsoa työsuunnittelun ja toteutuksen aikana. Koska työjohtajan tehtävään kuului saattaa levyseinä rakenteena alusta loppuun, niin täytyi tutustua useampiin eri suunnitelmiin, teknisiin vaatimuksiin, laatuvaatimuksiin ja työselostuksiin. Näihin perehtyminen oli tärkeää, koska työnjohtajan täytyi myös tietää, mitä tulla vaatimaan laadullisesti työntekijöiltä ja urakoitsijoilta.

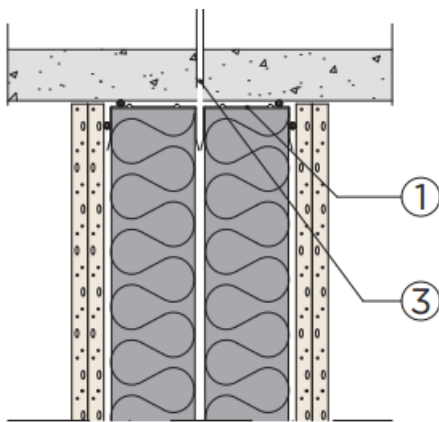
Pohjapiirrustukset

Työtehtävät alkoivat tutustumalla itse pohjakuvapiirrustuksiin, josta oli nähtävissä levyseinien sijainnit. Tämä oli tärkeää, koska piirrustusten avulla seinät mitoitettiin paikalleen työmaalla. Pohjakuvista oli nähtävillä myös seiniin tulevat mahdolliset ovi- tai ikkuna-aukot sekä myös seinien nurkkapisteeet, joita tarvittiin seinien mitoitukseen. Pohjakuvista oli nähtävissä myös levyseinän rakenneleikkaukset ja detaljit.

Rakenneleikkaukset ja detaljit

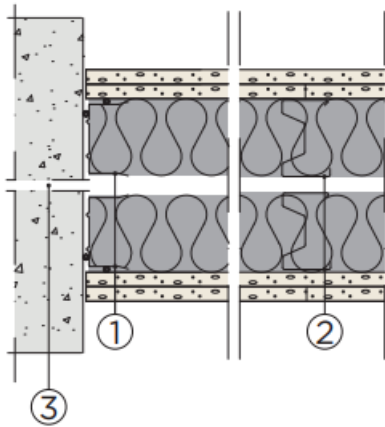
Seuraavana tärkeänä asiana suunnittelussa oli seinien rakenneleikkaukset ja detaljit. Rakenneleikkauksella tarkoitetaan kuvaa josta on nähtävissä mitä rakenne pitää sisällään. Leikkaukset on merkittynä pohjakuviin, josta ne voi löytää. Rakenneleikkauksista oli nähtävissä seinien rakennekerrokset. Rakennekerrosten tietäminen oli tärkeää, koska levyseinien rakenne poikkesi hyvin suuresti normaaleista kipsilevyväliseinistä. Oli siis tiedettävä, mitä seinät pitää sisällään.

Detaljeita, joihin oli syytä kiinnittää huomiota seinien eri rakennus vaiheissa oli muunmuassa seinien rakenneliitos,- LVISA- ja läpivientidetallit (Kuvat 11, 12 ja 13). Detalleilla tarkoitetaan jotain rakenteen tärkeää yksityiskohtaa, joka halutaan tuoda esille. Detallit merkitään rakenneleikkaus tai pohjakuviin. Rakenneliitosdetalleista oli nähtävissä, miten seinärakenteet liittyvät muihin ympärillä oleviin rakenteisiin. LVISA- ja läpivientidetalleista pystyttiin todentamaan miten seinien läpi menevät tekniikan liitokset kuuluu tehdä. Nämä oli tärkeää tietää, koska liitokset piti tehdä juuri oikein, jotta palo- ja akustiset laatuvaatimukset täytyisivät.



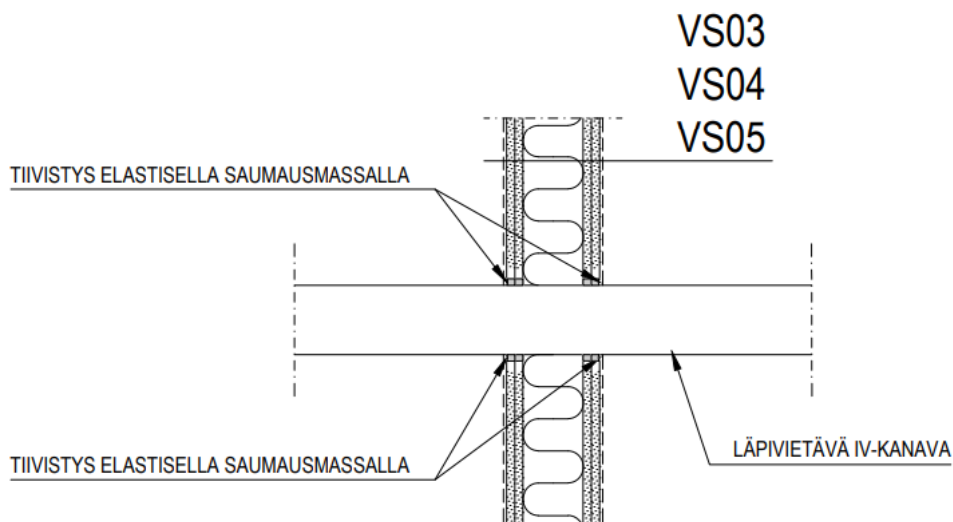
KUVA 11. Seinän pystysuuntainen liitos raskaaseen rakenteeseen (22, s. 17)

Kuvassa nähtävissä kuinka levyseinärakenteen yläpää liittyy raskaaseen yläpohjarakenteeseen. Kuvan detalli ei ole kohteesta rakennetusta seinästä, mutta vastaa rakenteeltaan hyvin paljon sitä.



KUVA 12. Seinän vaakasuuntainen liitos raskaaseen seinärakenteeseen (22, s. 17)

Kuvassa nähtävissä kuinka levyseinärakenteen liitty raskaan seinärakenteen kanssa. Kuvan detalji ei ole kohteesta rakennetusta seinästä, mutta vastaa rakenteeltaan hyvin paljon sitä.



KUVA 13. IV-läpiviennin toteutus väliseinärakenteessa (23, s. 6)

Kuvassa IV-läpiviennindetalji. Kuvan detalji ei ole toteutetusta hankkeesta. Kuvan seinärakenne on yksinkertainen, mutta läpiviennit ja niiden tiivistykset toteutetaan samalla periaatteella kaksinkertaisessa seinärakenteessa.

Muiden suunnitelmien ohessa, työnjohtajan täytyi myös tutustua LVISA-suunnitelmiin. LVISA toteutus ja suunnittelu tuli muilta urakoitsijoilta, työnjohtajan täytyi silti tietää mistä kohtaa seinää ja millä korkeudella LVISA-urakoitsijoiden tekniikka tulee lävistämään seinät, jotta ne pystyttiin huomioimaan seinärakenteen rungon toteutuksessa.

Laatu- ja teknisetvaatimukset

Levyseinätyövaiheen yleiset laatuvaatimukset kerrotaan SisäRYL 2013 rakkenustöiden yleiset laatuvaatimukset kortissa. Hankkeessa levyväliseinien osalta yleiset laatuvaatimukset koskivat rakennustapaa, osia ja tarvikkeita. Levyseinärakentamiselle asetettuja yleisiä laatuvaatimuksia:

- Materiaalit sovelluttava käyttötarkoituksiin
- Levykerrosten ruuvien kiinitysväli
- Ruuvien kiinnitys syvyys
- Seinän pinnan ja saumojen tasaisuus
- Seinän suoruus

Yleisiälaatuvaatimuksia tukemaan oli kohteeseen laadittu myös työselostuksia. Työselostukset, joita työvaiheessa tuli noudattaa oli muunmuassa palokatko ja akustiset työselostukset. Työselostuksissa oltiin määritelty tarkemmin laadullisetvaatimukset, eri seinärakenne tapausten kohdalla. Työselostuksissa määriteltiin myös tarkemmin materiaalit, aineet ja väineet joilla työ tulee toteuttaa. Sen tarkoituksena oli myös kertoa itse työnsuorituksesta, miten työ tulee toteuttaa oikeaoppisesti. Palo- ja akustisissa työselosteissa on asetettu laatuvaatimukset muunmuassa:

- Seinärakenteen tiiveyksille
- Läpivientien tiiveyksille
- Saumojen tiiveyksille
- Aukkojen (Ovien- ja ikknoiden) tiiveyksille
- Liikuntasaumojen tiiveyksille

Seinän eristävyydelle asetettu tekninen vaatimus oli $R'w > 55\text{dB}$. Tämä tarkoitti sitä, että seinän tulisi eristää kaikki 55dB:n suruiset äänet. Hyvänä esimerkkinä voidaan pitää voimakasta puhetta, joka ei saanut kuulua seinän toiselle puolelle. Hankkeen monimuotoisuudesta johtuen rakennuksessa

oli paljon tiloja, jotka erosivat toiminnaaltaan hyvin suuresti toisistaan. Tämä kyseinen seinä jakoi suuremman tilan käytävä osioon ja huoneiksi, joissa käsiteltiin arkaluontoisia asioita, joten puheen kuuluminen tilasta toiseen täytyi estää.

Toisena huomioitavana teknisenävaatimuksena oli seinän palo-osastointivaatimus EI60. Tilat, joihin työn esimerkkiseinän mukaiset seinät rakennettiin sijaitsivat rakennuksessa alueella, jotka olivat käyttötarkoitukseltaan rakennuksen tärkeimpiä. Tämän takia rakennuksen palo-osastointi suunniteltiin tilojen käyttötarkoitusten mukaisesti ja kyseissä rakennuksen osassa seinät saivat vaatimuksen EI60. Seinät tuli siis rakentaa siten, että ne tulipalon sattuessa osastoisi 60 minuutin ajan paloa, savuja ja lämmön siirtymistä.

Kolmantena tärkeänä asiana tuli huomioida murtosuojausvaatimus RC3. Seinät tuli rakentaa siten, että tilasta toiseen murtautuminen seinien läpi ei olisi mahdollista ilman työkaluja tai muita apuvälineitä. Kuten aiemmissakin vaatimuksissa RC3 luokan vaatimus tuli, juuri tilojen käyttötarkoituksen arkaluontoisuuden perusteella.

4.2.3 Laadunvalvonta ja varmistus

Työmaalla työnjohtajan tehtäviin kuului joka päiväinen laadunvalvonta. Jokapäiväisellä laadunvalvonnan tarkoitetaan työn laadun jatkuvaa seuranta ja tarkastuksia. Jatkuvalle seurannalle ja tarkastuksille mahdolliset virheet ja puutteet voitiin havainnoida ja korjata ajoissa, jotta lopputulos vastasi laatuvaatimuksia. Käytössä oli sähköinen laadunvarmistusmatriisi, joka toimi työnjohtajan apuvälineenä laadun seuraamisessa. Laadunvarmistusmatriisiin oli merkattuna jokainen rakennusvaiheesta eteen tuleva työvaihe ja työvaiheiden kohdalle mitä tarkastuksia ja toimenpiteitä työvaiheen laadunvarmistus pitää sisällään.

Laadunvarmistusmatriisissa tärkeitä toimenpiteitä väliseinärakentamisessa oli mestan eli alueen vastaanotto, osatarkastukset sekä mallityö. Sähköisenä laadunvarmistus työkaluna työnjohtajilla oli käytössä Congrid. Tätä käytettiin päivittäiseen laadunvarmistukseen tekemällä työvaiheesta havaintoja, esimerkiksi jonkin laatupoikkeaman työvaiheesta. Laatupoikkeamalla voitiin tarkoittaa esimerkiksi sitä, jos runkotyövaiheesta huomattiin seinän kierous. Tästä dokumentoitiin Congrid sovellukseen havainto, jonka jälkeen työntekijöille meni asiasta ilmoitus. Laatupoikkeaman korjauksen jälkeen havainto kuitattiin suoritetuksi.

Mestan vastaanotto

Mestan vastaanotto suoritettiin ennen väliseinätyövaiheen aloitusta. Tarkoituksena oli käydä läpi uuden aloittavan urakoitsijan ja mestan luovuttaneen urakoitsijan kanssa, onko aloitusedellytykset siinä kunnossa, että työt voidaan aloittaa. Aloitusedellytykset väliseinätyövaiheelle oltiin merkattu vastaanotto raporttipohjaan. Tärkeimpinä aloitusedellytyksinä voitiin pitää:

- Betonin liimapinnan pois hionta
- Työalueen puhtaus
- Alapohjasta tulevien putkien tai johtojen sijainti sattuu seinän väliin
- Alapohjalaatan liikuntasäilytys tehty suunnitelmien mukaan
- Alapohjalaatan liikuntasäilytys on kunnossa

Jos tarkastuksessa ilmeni puutteita aloitusedellytyksissä ne kirjattiin ylös ja mestan luovuttanut lattiaurakoitsija korjasi puutteet mahdollisimman nopeasti, jotta väliseinätyö voitiin aloittaa. Lopuksi kummatkin osapuolet allekirjoittivat mestanluovutus- ja vastaanottomuistion ja näin uusi urakoitsija otti hyväksytysti vastaan oman työalueensa.

Mallityö

Laadunvarmistusmatriisissa yksi tärkeimmistä asioista oli mallityö. Mallityön tarkoituksena nimensä mukaisesti oli tehdä malli eli tässä tapauksessa malliseinä. Malliseinäksi määriteltiin, jokin tietty pätkä seinää, joka tehtiin täysin valmiiksi. Malliseinän valmistuttua pidettiin mallikatselmus, jossa todettiin, onko seinä tehty suunnitelmien mukaisesti ja vastaako se laadullisesti lopputulosta. Malliseinän tärkeys ilmeni siten, että kaikki osapuolet tiesivät mitä seinä vaatii laadullisesti, näin pystyttiin vertailemaan tulevia seiniä hyväksytyyn malliseinään. Mallityöstä laadittiin mallityöraportti. Raporttipohjaan merkattiin muunmuassa mallityötarkastuksessa tarkasteltavat työn teknisetlaatuvaatimukset, suunnitelmat ja ulkonäölliset vaatimukset. Raporttiin merkittiin myös mallityössä havaitut virheet ja puutteet. Puutteet korjattiin ja se merkittiin myös raporttipohjaan.

Osakohteentarkastus

Tärkeänä osana laadunvarmistusta ja valvontaa oli osatarkastukset. Osatarkastuksen ideana oli, että seinälle suoritettiin välitarkastuksia aina jonkin määritetyn osa-alueen valmistuttua. Tarkastuksessa käytettiin osakohteelle tehtyä raporttipohjaan, johon oltiin merkitty tarkastettavat asiat. Tarkastettavia asioita oli muunmuassa seinän suoruus, sijainti, liitokset muihin rakenteisiin, kalustetuennat ja sähköasiat. Tarkastuksessa ilmi tulleet virheet ja puutteet merkittiin selvästi raporttiin ja ne korjattiin välittömästi ennen työn jatkamista. Tarkastus oli tärkeä, jotta mahdollisiin virheisiin ja puutteisiin pystyttiin reagoimaan, ennen kuin seiniä oltiin tehty liikaa valmiiksi. Tällöin virheiden ja puuteiden havainnoiminen olisi ollut huomattavasti haastavampaa ja korjaaminen huomattavasti työläämpää.

4.3 Seinän toteutus työvaiheittain

Kaksinkertaisen kipsilevyväliseinä työvaiheen saattaminen täysin valmiiksi pois suljettuna tasoite- ja maalaustyövaiheet sisälsivät useita tarkkaavaisuutta vaativia pienempiä työvaiheita. Näin ollen itse levyseinien eri työvaiheiden ajoitukset ja yhteensovittamiset olivat erittäin tärkeitä, jotta ne saatiin tehtyä turvallisesti, suunnitelmien mukaisesti ja laatuvaatimukset täyttäen. Alla työvaiheet luetteltuina:

- Maanvaraisenlaatan liikuntasauaman ja ontelolaatan saumojen tiivistykset
- Mittaustyö, lattia- ja kattorankojen kiinnitys
- Pystyrankojen asennus
- Ensimmäisen puolen kipsilevyn ja ääneneristyksen asennus
- Toisen puolen kipsilevyn asennus
- Seinän läpivientien reikien ja niiden tiivistyksien teko

4.3.1 Maanvaraisenlaatan liikuntasaumien ja ontelonlaatan saumojen tiivistykset

Ennen itse levyseinän rakentamisen aloittamista oli huomioitava muutamia tärkeitä työvaiheita, jotka johtuivat ääneneristävyys $R'w > 55\text{dB}$ vaatimustasosta ja äänen sivutiesiirtymästä sekä runkoäänestä. Ensimmäinen näistä työvaiheista oli maanvaraisen laatan liikuntasauman tiivistys ja puhdistus, jonka tarkoituksena oli toimia seinärakenteen ja alapohjan liittymäkohdan mahdollisten äänen sivutiesiirtymien ja runkoäänien katkaisijana tilojen välillä. Katkaistua liikuntasaumaa

kutsuttiin irrotuskaistaleeksi, jonka tarkoituksena oli irrottaa massiiviset alapohjarakenteet toisistaan. Irrotuskaista katkaisee äänen siirtymisen betonisessa alapohjalaatassa ja johtaa sen kevyempään materiaalia pitkin muualle, tässä tapauksessa alapohjalaatan alle eristetilaan (Kuva 14).

Irroituskasteleiden tekeminen aloitettiin maanvaraisen laatan valun ja hionnan jälkeen liikuntasauvan puhdistuksella. Puhdistus täytyi hoitaa huolellisesti, koska saumaan ei saanut jäädä betonia tai muuta kiinteää ainetta, joka yhdistäisi laatat toisiinsa. Tällöin irrotuskasteleiden toimivuus olisi kärsinyt, koska ääni olisi päässyt kulkeutumaan alapohjalaatasta toiseen. Puhdistuksen jälkeen sauma täytettiin huolellisesti elastisella saumamassalla. Saumamassana voitiin käyttää esimerkiksi Sikaflex-merkkistä elastista saumamassaa. Saumauksen jälkeen irrotuskaistale maanvaraisten laattojen väliin oli valmis. Yksinkertaisesta työvaiheesta tärkeän tekee se, jos valmiissa tilassa huomataan jälkikäteen äänen kulkeutumista tilasta toiseen voi kustannukset tilanteen korjaamiselle olla hyvinkin suuret. Seinät jouduttasiin avaamaan joka paikasta ja tutkimaan mistä äänen vuotaminen johtuu. Äänen vuotokohtaa on mahdotonta löytää ilman rakenteellisen vaurion tai virheen toteamista silmämääräisesti.

Toisena huomioitavana työvaiheena tuli ontelolaattojen saumojen täytöt tasoitteella seinälinjojen kohdalta. Työvaihe täytyi suorittaa, jotta seinälijat onteloiden pinnasta olisivat suorat ja kattoon asennettavan rangan ja ontelon pinnan väliin ei jäisi koloja, josta mahdollisesti ääni tai tuli palo tilanteessa pääsisi kulkeutumaan (Kuva 15).

- Puhdistuksen jälkeen sauma täytetään akustikon hyväksymällä elastisella saumamassalla
- Ontelolaatat tehtävä puhtaaksi ja tasaiseksi välseinälijojen kohdalta
- Ontelolaattojen saumat täytetään tasoitteella, jotta ontelon pinta on tasainen

Näiden työvaiheiden tärkeys korostuu suuresti valmiin seinärakenteen osalta. Oikein toteutettuina työvaiheet, saadaan seinän rakentamiselle hyvät lähtökohdat saavuttaa seinälle asetut teknisetvaatimukset.

4.3.2 Mittaustyö, lattia- ja kattorankojen kiinnitys

Seinien tekeminen aloitettiin mittaustyövaiheella. Työvaiheen tarkoituksena oli merkitä seinälinjat lattioihin ja kattoihin sekä oviaukkojen paikat lattialinjalle. Työ aloitettiin tutustumalla pohjakuviin, joista oli nähtävillä seinien ja oviaukkojen paikat. Kun seinälinjat oli merkitty lattiapintaan siirrettiin nämä samat linjat myös kattopintaan laaseria apuna käyttäen. Laaseria avuksi käyttämällä voitiin olla varmoja, että katto- ja seinämerkinnät kulkevat samassa linjassa.

Merkintävaiheessa oli erittäin tärkeää, että kaksinkertaisen rungon lattiapinnassa oleva irroituskaisla jää seinän runkojen väliin. Tästä syystä lattiamerkintä linjojen väliin täytyi jättää 20 mm tyhjää tilaa. Tyhjän tilan eli ilmavälin merkitys kaksinkertaisessa seinässä on hyvin suuri. Ilmaväli katkaisee äänen kulkeutumisen seinän sisässä ja näin ollen parantaa seinän ääneneeristävyyttä huomattavasti. Ovi aukkojen merkinnöissä oli myös huomioitava, että ovelle jää tiivistys ja asennus vara. Tämä tarkoitti sitä, että esimerkiksi 900mm leveälle ovelle täytyi merkitä 920mm leveä aukko.

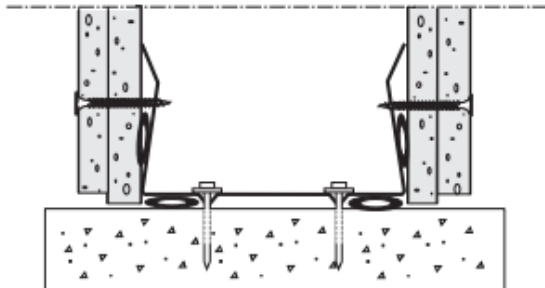
Lattia- ja kattorankojen kiinnitys

Mittaustyön jälkeen aloitettiin katto- ja lattirankojen asennus merkattujen seinälinjojen mukaan. Väliseinän lattia- ja kattorangoiksi tuli rakennetyypin mukaan laittaa rankajärjestelmä, jossa tiivistenauhat on valmiina rangan pohjassa ja sivuilla, esimerkiksi Gybroc ACOUnomic AC 66/60 (Kuva 16). Tätä rankaa käyttämällä voitiin olla varmoja, että ranka tiivistyy lattia- ja kattopintaa sekä levyn pintaa vasten tiiviisti ja toimii hyvänä äänen katkaisijana seinän liitoskohdissa lattiassa ja katossa (Kuva 17). Lattia sekä kattokiskojen kiinnitys tapahtui lyöntiankkureilla. Kiinnitys tapahtui niin sanotulla siksak kiinnityksenä. Tällä tarkoitettiin sitä, että lyöntiankkurit eivät kulkeneet

samassa linjassa, jotta rangan alalaipassa olevat tiivisteet tiivistyisivät kunnolla lattiaa ja kattoa vasten. Kiinnitysväli ei saanut ylittää 400mm tukevan kiinnityksen takaamiseksi.



KUVA 16. Gyproc ACOUNOMIC AC 66/60 lattia- ja kattoranka (22)



KUVA 17. Rangan tiivistenauhojen avulla lattian, katon sekä rangan ja levyn väli saadaan hyvin tiiviiksi (14, s. 55)

Yhteenveto

Tässä käytynä tärkeimmät asiat mittauksien, lattia- ja kattorankojen kiinnitysvaiheiden osalta:

- Gyproc ACOUNOMIC 66/60 ranka, jossa ala- ja ylälaipassa tiivistenauhat valmiina
- Merkatut seinälinjat, nurkkapisteeet ja oviaukot oikeille paikoille pohjakuvien mukaisesti
- Kaksinkertaisen rungon lattiarankojen paikat merkattiin niin, että maanvaraisenlaatan tiivistettävä irrotuskaistale jää rankojen väliin tasaisesti
- Lattia- ja kattorankojen väliin jää 20mm ilmväli
- Kattorangat kulkevat samassa linjassa lattiarankojen kanssa, eli seinän oli oltava suora

- Lattia- ja kattorankojen kiinnitys siksak kiinnityksenä
- Lattia- ja kattorankojen kiinnitysväli ei saanut ylittää 400mm
- Tarkistettava, että rangan alalaidassa oleva tiivistenauha tiivistyy kunnolla lattiaa ja kattoa vasten

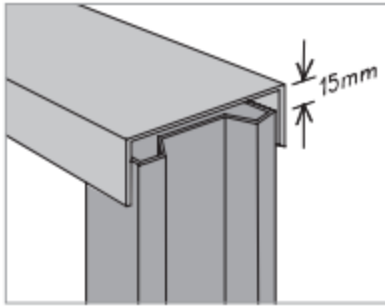
Suorittamalla edellä mainitut asiat, voitiin olla varmoja siitä, että lattia- ja seinärankojen mittaus- ja asennustyöt toteutuivat laatuvaatimusten mukaan. Rakennetyypille asetetut ääneneristävyys-, palo- ja murtosuojausvaatimukset täyttivät myös työvaiheen osalta.

4.3.3 Pystyrankojen asennustyövaihe

Lattia- ja kattorankojen kiinnitysten jälkeen aloitettiin pystyrankojen asennus ja kiinnitys. Pystyrangaksi rakennustyypin mukaan tuli teräsranka Gyproc GFR Duronomic, jonka seinämä vahvuus oli 1,2mm (Kuva 18). Seinään tuli asentaa teräsranka, koska seinällä vaadittiin RC3 murtosuojausluokkaa sekä EI60 paloluokkaa. Koska kohteen alapohjan ja yläpohjan välinen etäisyys oli neljä metriä, saatiin teräsrankaa käyttämällä seinän RC3 lujuusvaatimukset täytettyä ja materiaalina teräsranka täyttää EI60 paloluokituksen. Teräsrankat oltiin mitoitettu valmiiksi oikeaan mittaan tehtaalla, jotta niiden leikkaamiselta säästyttäisiin ja se nopeuttaisi työntekoa. Teräsrankojen mitoituksessa tärkeää oli, että ne jäisivät 10-15mm lyhyemmäksi kuin mitä huonekorkeus, jotta seinälle jäisi painumavaraa (Kuva 19).

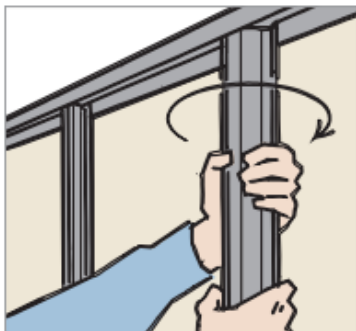


KUVA 18. Gyproc GFR Duronomic teräsranka (23)



KUVA 19. Kattorangan ja pystyrangan liitos kohtaan jätettävä 10-15mm painumavara (22, s. 6)

Ensin pystyrankoja aseteltiin useampi lattia ja kattorankojen väliin ja tämän jälkeen väännettiin rantojen sisään (Kuva 20). Tämän jälkeen teräsrangat jaettiin siten, että ne tulisivat oikealle levyjaolle, jotta myöhemmässä vaiheessa kipsilevyjen saumat ja kiinnityskohdat asettuisivat aina rangan keskiosaan. Oikeaoppinen levyjako suoritettiin siten, että levyjä asennettaessa levysaumat eivät sijoittuisi aukkojen pystyrantojen kohdalle, koska oviaukon pielen pystyrangan kohdalla oleva levysauma on herkkä liikkeille ja näin ollen se voisi rikkoutua ajansaatossa.



KUVA 20. Teräsrangat asennetaan vääntämällä ne lattia- ja kattorankojen väliin (22, s. 6)

Kohteen seinärungon runkojako tehtiin 400mm jaolla murtosuojaus RC3-luokan vaatimusten mukaan. Normaalisti levyjako suoritetaan 600mm jaolla, mutta seinän paremman lujuuden saavuttamiseksi jaoksi tuli 400mm. Kun seinärangat aseteltiin oikealle jaolle kiinnitettiin ne ylä- ja alapäästä itseporautuvillaruuveilla lattia- ja kattorankaan sekä samalla tarkistettiin niiden suoruus laaseria käyttämällä.

Läpivientien vahvistusrungon tekeminen seinärunkoon

Ennen levytyksen aloitusta oli tärkeä aloittaa seuraavien työvaiheiden suunnittelu. Seinän runkojako oli tiheä, tulisi tekniikan läpivientien tekeminen olemaan täysin mahdotonta ilman, että niitä huomioitiin tässä vaiheessa. LVISA-suunnitelmista katsomalla selvisi, että seinän läpi alakaton yläpuolisessa tilassa tulisi kulkemaan paljon erilaista tekniikka muunmuassa IV-kanavia. Koska runkojaon suunnittelu seinän läpi kulkevan tekniikka huomioon ottaen on hyvin haastavaa ellei jopa mahdotonta, oli tekniikka jätettävä huomioimatta runkojaossa. Tämä johti siihen, että osa metallirangoista tulisi törmäämään tekniikan kanssa, kun ne kulkevat seinän läpi. Näin ollen metallirangat, jouduttiin katkaisemaan aina tekniikan kohdalla ja rakentamaan tulevan seinälevytyksen sisään tukirakenne suunnitelmissa näkyvien läpivientidetallijien mukaan. Ilman tukirakennetta seinän jäykkyys olisi tullut kärsimään suuresti ja läpivientireijät eivät olisi niin luotettavia tiiveydetään.

Yhteenveto

Tässä käytynä tärkeimmät asiat mitä sisältyi pystyrunkojen asennustyövaiheeseen:

- Rungoksi teräsranka Gyproc GFR Duronomic
- Seinän RC3-murto- ja EI60-paloluokka vaati seinältä suurempaa lujuutta, joten oli käytettävä teräsrankoja
- Teräsrangat valmiiksi mitoitettu 10-15mm lyhyemmäksi mitä kerroskorkeus, jotta seinälle jäi painumara
- Asennus vaiheessa oli huomioitava levyjako, jotta levytys vaiheessa levyn saumat osuivat teräsranan keskelle
- Teräsrangat oli kiinnitettävä 400mm jaolla RC3 murtoluokan mukaan
- Teräsrangat kiinnitettiin ala- ja ylärankaan itseporautivilla ruuveilla ja tämän jälkeen tarkistettiin suoruus käyttämällä laseria
- LVISA-suunnitelmista oli katsottava tekniikan läpivientien sijannit
- Mahdollisten läpivientien tukirakenteiden rakentaminen teräsrangasta runkoon

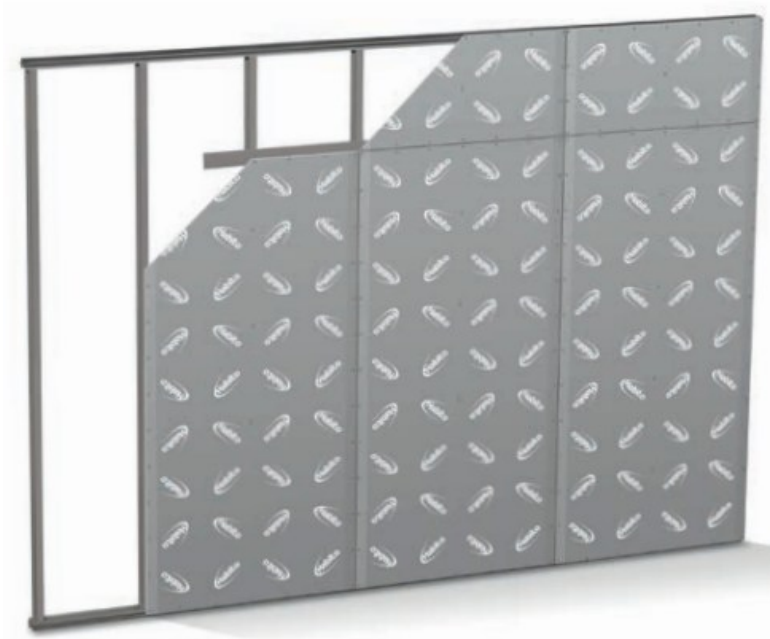
Suorittamalla edellä mainitut vaiheet, saatiin työmaalla aikaseksi laadukas suunnitelmien mukainen lopputulos rungolle. Hyvin tehty runko takasi sen, että levytystyö vaiheesta tuli huomattavasti helpompaa. Seinän rungosta oli huomattavissa se, että se oli hyvin jäykkä eikä rungon sivuttais

liikettä havainnut juuri lainkaan. Teräsranka käyttämällä voitiin olla varmoja siitä, että murtosuojaus- sekä palovaatimukset täyttyvät.

4.3.4 Ensimmäisen puolen kipsilevyn asennus

Vaakasuuntaisten levysaumajatkosten vahvistus

Ennen ensimmäisen puolen kipsilevyjen asennusta täytyi suorittaa tärkeä työvaihe, joka liittyi seinän lujuuteen. Koska kohteessa tilan alapohjan ja ontelon alapinnan välinen korkeus oli yhteensä neljä metriä, täytyi kipsilevyjen vaakasauman jatkos kohta vahvistaa peltilistalla. Kipsilevyjä ei ollut saatavilla niin pitkinä, mitä huonekorkeus oli ja asennus niin pitkillä levyillä ei ole mahdollista asennusteknisistä syistä. Levytys täytyikin suorittaa siten, että isomman levyn päälle tulisi aina pienempi palanen ja sen jatkos kohdan sauma täytyi vahvistaa taakse tulevilla peltilistalla, joka kiinnitettiin lättäkantisilla itseporautuvilla peltiruuveilla metalliseen seinärunkoon. (Kuva 21.)



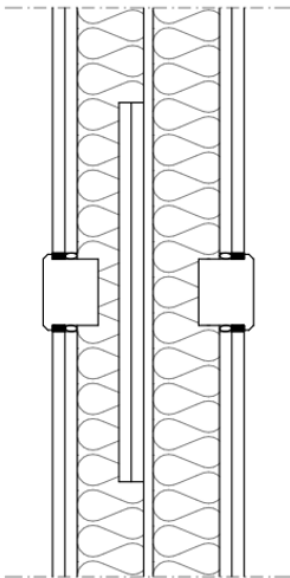
KUVA 21. Peltilista kiinnitettynä metallirankaan levyjen vaakasauman jatkoskohdassa (22, s. 10)

Kalustetuennat

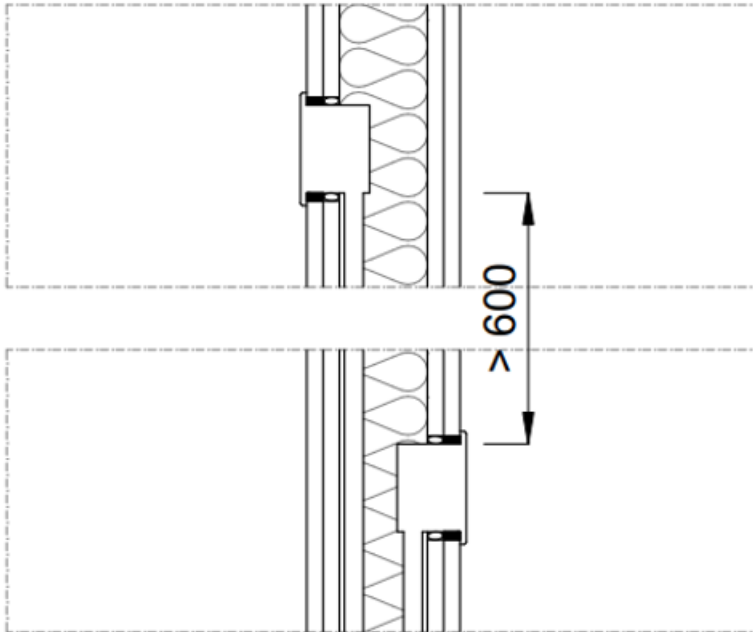
Kohteseen rakennettavalle seinälle tuli suunnitelmien mukaan ylä- ja alakaapistot. Kaapistoja varten ennen levytyksen aloitusta tuli asentaa kalustetuuet, jotta kalusteet eivät roikkuisi pelkän levytyksen varassa. Kalustetueksi asennettiin sama peltisuikale mitä käytettiin levyjen vaakasuuntaisten saumojen tukemisessa. Kalusteiden kiinnityspisteiden korot katsottiin kalustesuunnitelmista ja tuet asennettiin suunnitelmissa ilmoitettujen korkojen mukaisesti samalla periaatteella kuin levyjen vaakasaumojen tuennassa.

Sähköputkitusten ja rasioiden huomiointi

Tässä kohtaa työvaihetta paikalle kutsuttiin sähköurakoitsija, jonka tehtävänä oli asentaa seinään sähköjohtojen putkitukset ja rasiat. Rasioiden sijoittelussa ja kiinnityksessä tuli välttää sitä, että rasiat olisivat samassa kohtaa kummallakin seinäpuoliskolla. Jos rasioiden sijoittelussa ei ollut muuta mahdollisuutta kuin laittaa ne vastakkain tuli niiden väliin rakentaa kipsilevystä äänen kulkua katkaiseva rakenne (Kuva 22). Sähköputkitusten asennuksessa tuli huomioida se, että eri puolilla seinää olevat rasiat eivät kytkeytyisi toisiinsa. Näin ollen ääni pääsisi kulkeutumaan rasiasta toiseen putkituksen kautta. Sähköasiat eripuolilla seinää tulisi asentaa minimissään 600mm etäisyydellä toisistaan, jotta äänen mahdollinen kulkeutuminen tilasta toiseen katkaistaan (Kuva 23).



KUVA 22. Rasioiden välillä oleva 2x13mm kipsilevyistä tehty seinämä. Levytyksen oltava 300mm rasioiden joka puolella (21)



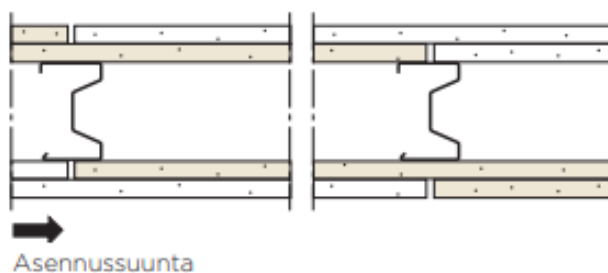
KUVA 23. Rasiat asennettuna 600mm etäisyydellä toisistaan ja niiden putkitukset ovat aina erillään toisistaan (21)

Sähkösinkityn peltilevyn ja levykerrosten asennus

Tuenta- ja sähkötöiden jälkeen aloitettiin ensimmäiselle seinän puoliskolle 1,5mm sähkösinkityn peltilevyn asennus. Peltilevyn asennettiin, koska seinällä oli RC3-luokan murtosuojausvaatimus eli murtautuminen seinän läpi toiselle puolelle ei saanut olla mahdollista. Peltilevyn asennus tapahtui ruuvaamalla se metallirankoihin itseporautuvilla lättäkantisillaruuveilla.

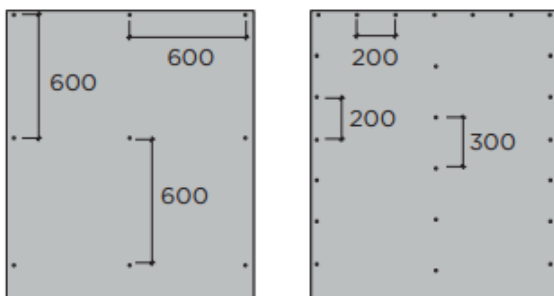
Peltilevyn asennuksen jälkeen aloitettiin kipsilevyjen asennus. Peltilevyn päälle tuli rakennetyypin mukaan asentaa 2-kertainen EK-kipsilevy. Kyseisessä seinässä käytettiin EK-levyjä, koska levyillä saatiin seinään paremmat äänen- sekä paloneristysominaisuudet. Levytys vaiheessa tuli huomioida se, että levyille jää lattiaan sekä kattoon painumavara kuten rungollekin. Painuma- ja tiivistysvaraa jätettiin 10mm kumpaankin saumaan. Ensimmäisen levytyskerroksen asennuksen aikana tuli huomoida se, että levytyksen pääty-, lattia- ja kattosaumoihin jää tiivistysvaraa noin 5-10mm.

Kun ensimmäinen kerros oli kiinnitetty aloitettiin toisen levykerroksen kiinnitys. Kiinnityksen kuului tapahtua siten, että ensimmäisen ja toisen kerroksen pystysaumot eivät ole kohdakkain eli saumat limittyisivät (Kuva 24). Tämä sen takia, että limitys vahvistaa seinää ja tekee äänen kulkeutumisesta seinän läpi haastavampaa, kun äänellä ei ole suoraa kulkureittiä saumojen läpi. Levykerroksien kiinnityksessä tuli asennuksen aikana huomioida myös ruuvien kiinnitysvälit sekä ruuvivalinta. Kiinnitys tapahtui ruuvaamalla ensimmäinen levykerros lyhyemmillä itseporautuvilla ruuveilla. Ruuvien pituuden valintasääntönä voidaan käyttää kaavaa $\text{levyn paksuus} + 10\text{mm}$. Kaava käyttämällä ensimmäisen kerroksen ruuvejen pituudeksi saatiin 23mm (Kuva 25). Ensimmäisen kerroksen ruuvien kiinnitysvälien ei tavinnut olla niin tiheä, koska levykerroksen päälle tuli vielä toinen levykerros, joka sitoi kummatkin levykerrokset runkoon kiinni. Ensimmäisen levykerroksen ruuvien kiinnitysväli oli reunoilta ja keskeltä 600mm välein. Toinen levykerros kiinnitettiin käyttämällä 36mm pitkiä ruuveja joiden kiinnitysväli oli keskeltä 300mm ja reunoilta 200mm välein (Kuva 25).



KUVA 24. Ensimmäisen ja toisen kipsilevykerroksen limitys (22, s. 10)

Kuvassa yksinkertaisen seinän levytyskerrokset, mutta sama levytyskerrosten limitys pätee myös kaksinkertaisella rungolla. Kuten kuvasta nähdään levytyskerrosten pystysuuntaiset saumat eivät ole samassa kohtaa vaan ne on kiinnitettyä aina seuraavaan metallirankaan.



Yhteenveto

Tässä tärkeimmät vaiheet liittyen ensimmäisen runkopuoliskon levykerrosten asennukseen sekä ääneneristysten asennukseen:

- Huone korkeus oli neljä metriä, joten levyt eivät yltäneet kokonaisina kattoon asti
- Levyjen vaakasuuntaiseen sauman jatkoskohtaan oli asennettava peltilista, jolla sauma vahvistettiin
- Sauma oli vahvistettava peltilistalla, jotta vaakasuuntainen sauma ei pääsisi elämään ja näin ollen sauma ratkeamaan
- Peltilista oli asennettava myös kalustetuennaksi, jotta kalusteiden kiinnitysten tuennat olisi riittävän vahvoja
- Peltilistat oli kiinnitettävä itseporautuvilla lättäkantisillaruuveilla
- Seinään asennettavissa sähkörasioissa oli vältettävä sitä, että ne olisivat samassa kohtaan eri seinä puoliskoilla
- Sähköasiat voitiin sijoittaa samalle kohtaan, jos niiden väliin rakennettiin äänen kulkeutumista estävä rakenne rungon sisään
- Rasioita ei saanut yhdistää putkituksella toisiinsa, jos ne sijatsivat eri seinäpuoliskoilla
- Sähkösinkityn peltilevyn kiinnitys itseporautuvilla ruuveilla teräsrankaan RC3-murtovaatimuksen mukaan
- Käytettävä EK-kipsilevyjä niiden paremman palon- ja ääneneristävyysominaisuuksien takia
- Levytyksen ja yläpohjan liitoskohtaan oli jätettävä 5-10mm painuma- ja tiivistysvaraa
- Ensimmäinen ja toinen levykerros limitettävä niin, että niiden saumat eivät ole kohdikkain
- Ruuvien kiinnitys välit tiheämmät toisessa levykerroksessa, jotta se sitoo levytyksen hyvin runkoon

Yllä mainituissa työvaiheissa, jotka liittyvät suuresti levykerrosten asentamiseen on huomattavia vaikutuksia seinän ominaisuuksiin. Oikein tehtynä seinälle saatiin ominaisuudet, jotka tulivat täyttämään rakennetyypin vaatimukset.

4.3.5 Toisen puolen kipsilevyn ja ääneneristyksen asennus

Ennen toisenpuolen levytyksen asennusta täytyi suorittaa 50mm mineraalivillan asennus. Villalevyjen koot ovat normaalisti suunniteltu siten, että ne menevät suoraan k600 rankajaolle. Tässä tapauksessa, kun rankajakona oli k400 täytyi jokaisen villalevy leikata runkotolppien väliin käyttämällä villaleikkauspöytää. Mineraalivilla täytyi asentaa niin, että se on jokaisen runkotolpan välistä tiivistä kuitenkin niin, että villa ei ole liikaa puristuksessa. Parhaan mahdollisen hyödyn villaeristyksestä saa, kun se on asennettu oikeaoppisesti. Mineraalivillan hyödyt olivat niin ääneneristävyudessa kuin paloeristyksessä. Palotilanteessa mineraalivilla parantaa rakenteen palonkestävyyttä. Kun ensimmäiselle runkopuoliskolle oltiin asennettu villoitus tehtiin sama myös toiselle rungolle. Toisella rungolla mineraalivillan asennus täytyi suorittaa ennen levytystä, koska levytettynä runkoon ei päässyt enää käsiksi. Villoituksen tarkoituksena seinässä on parantaa seinän ääniteknisiä ja paloteknisiä ominaisuuksia. Ennen seinän sulkemista eli toisen puolen levytystä oli vielä varmistettava että villoitus on asennettuna niin, että villojen väliin jäävä ilmatila on vapaa, koska ilmatilan merkitys ääneneristävyydelle seinässä on suuri.

Villoituksen jälkeen aloitettiin toisen rungon peltilevyn sekä kipsilevyjen asennukset. Toisen levykerroksen asennuksen aikana täytyi ensimmäinen kerros asentaa huolellisesti, koska aikasemmin asennettu villoitus pystyi nyt vaurioitumaan tai päästä liikkumaan, jos sitä kolhaistiin jollain asennuksen aikana. Toisenpuolen levytys eteni työjärjestyksineen täysin identtisesti kuin ensimmäisen puolen levykerrokset.

Yhteenveto

Tärkeimmät asiat toisen seinäpuoliskon levytys eli tuplaus vaiheesta ja ääneneristyksen asennuksesta:

- 50mm mineraalivillan asennus jo levytetylle seinäpuoliskolle
- 50mm mineraalivillan asennus levyttämättömälle seinärungolle
- Mineraalivilla asennettava tiiviisti seinärunkojen väliin, niin että se ei ole kuitenkaan liikaa puristuksissa
- Rakojen ja aukkojen muodostumista vältettävä rungon ja villa välissä
- Tarkistettava, että villakerrosten väliin jäävä ilmatila on vapaa

- Toisen seinäpuoliskon sähkösinkityn peltilevyn asennus samalla periaatteella kuin ensimmäisellä puolella
- EK-kipsilevyjen asennukset samalla periaatteella kuin ensimmäisellä puolella

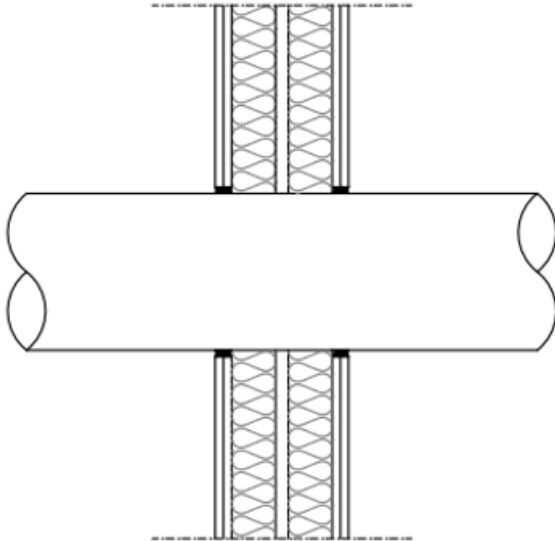
Yllä mainitut työvaiheet laadukkaasti suoritettuina saatiin rakennetyypissä olevat vaatimukset täytettyä villoituksen ja seinän levytyksen tuplauksen osalta.

4.3.6 Seinän läpivientireijät ja tiivistykset

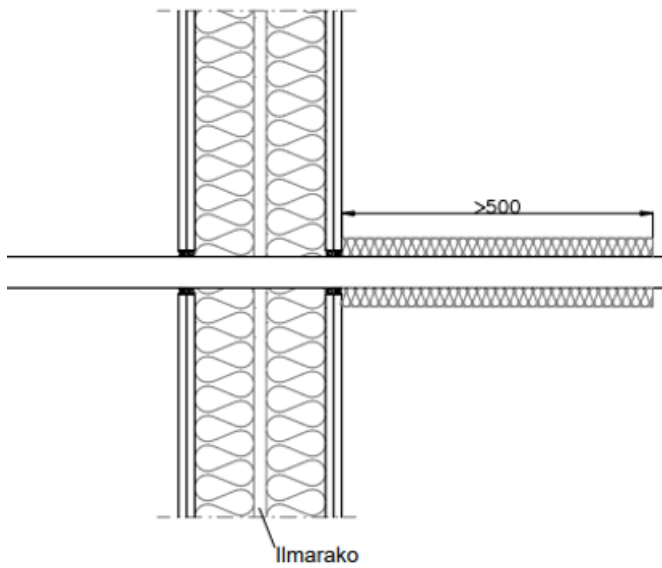
Yksi tärkeimmistä työvaiheista, joka oli helposti laiminlyötävissä oli läpivientien ja saumojen tiivistykset. Tällä työvaiheella ja sillä, että se suoritetaan huolellisesti akustiikka- ja palosuunnitelmien mukaan oli suuri merkitys seinien ääneneristävyyden ja paloluokituksen saavuttamiseen.

Saumoja, jotka kuuluivat tiivistää syntyi muunmuassa lattiaan, kattoon ja muiden seinien liittymäkohtiin. Nämä saumat täytyi tiivistää ympäriinsä huolellisesti, koska ääni pyrkiin kulkeutumaan juuri näistä kohdista helpoiten läpi, joissa kevyt materiaali yhdistyy massiiviseen materiaaliin. Muita huonetilassa olevia tiivisteittäviä kohtia oli sähkörasioiden ympärystä.

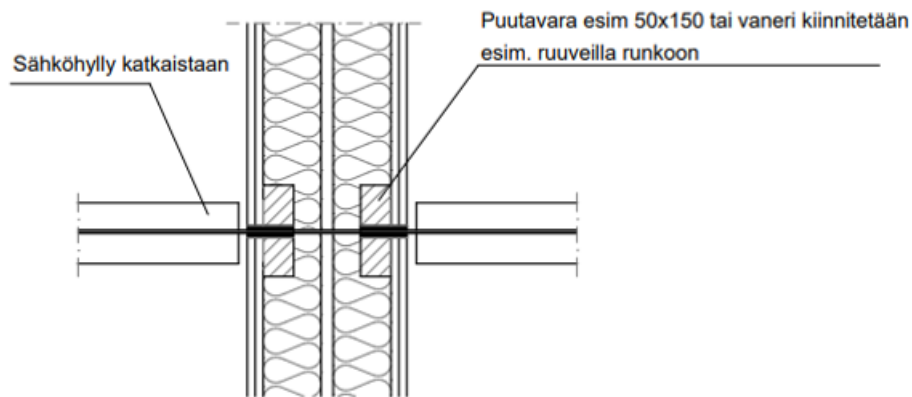
Tärkeimmät tiivistettävät läpiviennit ja saumat sijaitsivat alakaton yläpuolisissa tiloissa, jossa sijaitsee rakennuksessa kulkeva tekniikka. Kohteessa alakaton yläpuolisessa tilassa kulki paljon kriittistä tekniikkaa talon toimivuuden kannalta. Tästä syystä läpivientien reikien ja tiivistysten toteutus täytikkin toteuttaa juuri suunnitelmissa esitellyllä tavalla. Seinän tuli olla yläpohjaan asti tiivis, joten läpivientien tiivistykset täytyi toteuttaa huolellisesti, jotta ääni tai palo ei pääsisi kulkeutumaan tai leviämään haastavien läpivientien kautta. Tekniikka, jota kulki seinän läpi katonrajassa oli sähköhylyt, IV-kanavat, vesien runkolinjat sekä viemäreiden runkolinjat (Kuvat 27, 28 ja 29).



KUVA 26. IV-kanavan läpiviennin toteutus kaksinkertaisessa seinässä $R_w > 55\text{dB}$ ja $EI60$



KUVA 27. Vesiputken läpiviennin toteutus kaksinkertaisessa seinässä $R_w > 55\text{dB}$ ja $EI60$



KUVA 28. Sähköjohtojen läpiviennin toteutus kaksinkertasiessa seinässä $R'w > 55\text{dB}$ ja EI60.

Läpivientireikiä aloitettaessa tekemään katsottiin suunnitelmista niiden tyypit, sijainnit ja koot. Läpivientityyppeihin ja niiden kokojen selvittäminen oli tärkeää, koska jokaiselle läpivientityypille oli määritelty palo- ja akustiikon suunnitelmissa omanlainen reijitys- ja tiivistystapa. Riippumatta siitä millainen läpivienti ja mitä tekniikkaa siitä vietiin läpi, täytyi muistaa yksi asia. Läpivietävä materiaali ei saanut olla kosketuksissa seinärungon kanssa missään vaiheessa, kun se vietään läpi. Tämä aiheuttaa sen, että seinän ja läpivietävän materiaalin väliin syntyy runkoääniä, jotka ovat jälkikäteen hyvin haastavia korjata.

Läpivientireikien mitoitus tapahtui katsomalla suunnitelmista niiden korot ja sivuttaiset suuntaiset mitat ja tämän jälkeen ne merkittiin seinäpintaan. Mitoituksessa täytyi muistaa tehdä reiän halkaisijasta 10-20mm suurempi, kuin läpimenevän tekniikan halkaisijan mitoista, jotta läpivietävälle tekniikalle jää 5-10mm tiivistysvara. Merkkauksen jälkeen voitiin merkattuun kohtaan tehdä reikä. Reijitysten jälkeen urakoitsijat toivat oman tekniikkansa läpi, jonka jälkeen tekniikan ja levyn väliin jäävä sauma voitiin tiivistää akustikon hyväksymällä elastisella massalla.

Yhteenveto

Tässä tärkeimmät asiat koottuna seinän läpivientien reikien ja tiivistysten tekemisestä:

- Huonetilassa olevat saumat ja alakaton päällä seinän läpivientien tekniikan läpivientien tiivistykset ovat erittäin tärkeitä, jotta seinä saadaan toimimaan vaatimuksen mukaan oikealla tavalla

- Seinän oltava alapohjasta yläpohjaan asti täysin tiivis, jotta ääni, palo tai savu ei pääse leviämään tilasta toiseen
- Seinän liitokset muihin ympärillä oleviin rakenteisiin, joihin levytys vaiheessa on jätetty tiivistysvara on tiivistettävä huolellisesti akustiikon hyväksymällä elastisellamassalla
- Huonetilassa sähkörasioiden ympärystät on tiivistettävä akustiikon hyväksymällä elastisellamassalla
- Läpivienti detaljeissa määritelty jokaiselle tekniikalle oma reijitys ja tiivistystapa
- Läpivientien reijistä aina 10-20mm isompia kuin seinän lävitävän tekniikan halkaisija
- Seinän läpi vietävä materiaali ei saa olla kosketuksissa seinän rakenteisiin mennessään läpi tehdystä reijästä

Yllä mainitut läpivientien ja tiivistysten tekeminen ei saa olla laiminlyötävissä. Seinään tehtävät läpiviennit vaikuttavat aina heikentävästi seinän ominaisuuksiin. Seinässä olevat pienetkin reijät voivat aiheuttaa sen, että seinälle asetetut vaatimukset eivät täyty ja seinän ominaisuudet heikkenevät suuresti. Oikein tehtynä tiivistyskillä saavutetaan kuitenkin haluttu lopputulos ja seinä toimii suunnitellulla tavalla.

5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kertoa miten kevytlevyseinärakenne toteutetaan laadukkaasti määräyksissä asetettujen vaatimusten mukaan sekä miten levyseinätyövaihe toteutettiin alusta loppuun työnjohtoharjoitteluni aikana.

Työnjohtoharjoitteluni aikana sain vastuun johtaa levyväliseinätyövaihetta. Hankkeen rakennuksen käyttötarkoituksen monimuotisuuden takia kohteeseen oli suunniteltu hyvin paljon toisistaan eroavia kevytlevyseinärakenteita. Useille kaksinkertaisille levyseinille oltiinkin asetettu tiukkoja palon-, ääneneristävyys ja murtosuojausvaatimuksia, joten kiinnostuin perehtymään kuinka tällaiset levyseinätyövaiheet viedään alusta loppuun laadukkaasti asetettuja vaatimuksia noudattamalla.

Työvaiheen aikana minulle selvisikin, kuinka paljon tarkkaavaisuutta vaativia työvaiheita tällaiseen seinärakenteeseen liittyy, joiden epäonnistuessaan tilojen käyttötarkoituksista syntyvät seinän teknisetvaatimukset eivät enää täytykkään. Työmaalla työvaiheen onnistumisen kannalta laadunvarmistusmatriisin laadunvarmistustoimien lisäksi tärkeäksi osottautui eri työvaiheiden yhteensovittaminen, työvaiheiden päivittäinen seuranta, omat tarkastukset ja niiden dokumentointi.

Nykyisen työni ansiosta olen päässyt oppimaan ja tutustumaan talotekniikan IV-puolen asioihin. Talotekniikan laadunvarmistus käytännöissä nykyisellä työmaalla on mukana asennustarkastukset, joita suoritetaan kaikille asennuksille jokaisella alueella. Asennustarkastusten tarkoituksena on tarkastaa yhdessä valvojien kanssa onko asennukset tehty suunnitelmien ja vaatimusten mukaan ennen, kuin ne piiloutuvat rakenteiden sisään. Rakennuspuolella tehdyt laadunvarmistusmatriisin mukaiset laadunvarmistustoimet ovat hyviä, kuten mallityöt, osakohteen tarkastukset ja kohteen luovutustarkastukset. Mielestäni vaativien levyseinärakenteiden kohdalla olisi hyvä kokeilla samalaista toimintatapaa kuin talotekniikan laadunvarmistustoimien kohdalla. Jokaisen työvaiheen kohdalla mitä seinän rakentamiseen kuuluu tulisikin siis järjestää erillinen asennustarkastus ennen kuin seinä levytetään umpeen. Työnjohtoharjoitteluni aikana suurimmaksi haasteeksi osoittautuikin kovan työtahdin takia päivittäinen oma laatudokumentointi ja varmuus siitä onko seinärakenne nyt laatuvaatimusten mukainen. Samaa laadunvarmistus toimintatapaa käyttämällä voitaisiin välttyä siltä, ettei seinien laadunvarmistus jäisi vain mallityön, osakohdetarkastusten ja työnjohtajan

päivittäisen havainnoinin ja omien tarkastusten nojaan. Tällöin seinärakenteiden jokainen sisään jäävä rakenne, läpiviennit ja liitokset tulisi tarkastettua, yhdessä valvojien kanssa jolloin työnjohtaja voi olla varma siitä, että seinä on rakennettu vaatimusten mukaan ja näin ollen laatu voisi parantua huomattavasti.

LÄHTEET

1. Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Hakupäivä 24.1.2024. <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>.
2. Käyhkö, Kasper 2023. 1950-lvun kerrostalot. Hakupäivä 23.1.2024. <https://www.asuinrakennukset.fi/rakennukset/1950-luvun-kerrostalo/#1950luvun-kerrostalon-rakenteet>.
3. Käyhkö, Kasper 2023. Väliseinärakenteet eri vuosikymmeninä. Hakupäivä 23.1.2024. <https://www.asuinrakennukset.fi/rakenteet/valiseinarakenteet-eri-aikakausina/>.
4. Käyhkö, Kasper 2023. 1960-luvun kerrostalot. Hakupäivä 23.1.2024. <https://www.asuinrakennukset.fi/rakennukset/1960-luvun-kerrostalo/#1960luvun-kerrostalon-rakenteet>.
5. Rakennuksen käyttötarkoitus. Tilastokeskus. Hakupäivä 16.1.2024. https://www.stat.fi/meta/kas/raken_kayt_tark.html.
6. Rakennusluokitus 2018. Koodistot. Hakupäivä 16.1.2024. https://koodistot.suomi.fi/codescheme;registryCode=jhs;schemeCode=rakennus_1_20180712.
7. Tietoa väliseinistä. Knauf Oy. Hakupäivä 16.1.2024. <https://knauf.fi/ratkaisut/valiseina>.
8. Maankäyttö- ja rakennuslaki (958/2012). Hakupäivä 26.2.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120958#Pidm46651396808512>.
9. Rakenteet ja ääni. Knauf Oy. Hakupäivä 12.3.2024. <https://knauf.fi/suunnittelijoille/akustiikka/rakenteet-ja-aaeni/>.
10. Mitä ääni on? Akustiikkapalvelut. Hakupäivä 29.2.2024. <https://www.akustiikkapalvelut.fi/akustiikan-perusteet/aani>.

11. Pertti Korpinen. Äänipää 2005. Hakupäivä 29.2.2024.
https://webpages.tuni.fi/aanipaa/taajuus_1.htm.
12. Puurakenteisen asuinrakennuksen ääneneristävyyden suunnitteluohje. Puuinfo.fi. Hakupäivä 20.2.2024. <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/%C3%84%C3%A4neneristys-puu-talossa-web.pdf>.
13. Ympäristöministeriö 2018. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. Hakupäivä 22.2.2024. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ymparistoministerion-ohje-rakennuksen-aaniymparistosta-2852D34E_DA43_4DCA_9CEE_47DBB9EFCB08-138568.pdf.
14. Ääneneristys ja palonsuojaus. Knauf. Hakupäivä 15.3.2024. https://knauf.fi/fileadmin/user_upload/esitteet/tuotekasikirja/esite_manual_5_aanipalo.pdf.
15. Ääneneristävyys. Puuinfo, äänikirja. Hakupäivä 15.3.2024. https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2021/05/Aanikirja_013-019.pdf.
16. Gyproc käsikirja 2021. Hakupäivä 5.4.2024. https://www.gyproc.fi/sites/mac3.gyproc.fi/files/2022-09/Gyproc_Kasikirja-2021_092022-web.pdf.
17. RakMK, RT 103311. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Hakupäivä 8.4.2024.
18. Puuinfo. Rakennuksen paloturvallisuuden osoittaminen. Hakupäivä 8.4.2024. https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2021/05/Palokirja_009-011_LR.pdf.
19. Turvallisuusohje 2017. Toimialaluettelo. Hakupäivä 29.4.2024. <https://www.finanssiala.fi/julkaisut/toimialaluettelo-2/>.
20. Säteilyturvakeskus. Röntgentilojen säteily suojaus terveydenhuollossa ja eläinlääkinnässä. Hakupäivä 5.5.2024. <https://stuk.fi/rontgentilojen-sateilysuojaus>.
21. SRV Oy. Hakupäivä 21.5.2024. Tiedostot salattu.
22. Gyproc asennuskirja 2025. Ohjeet kevytrakentamiseen. Hakupäivä 24.5.2025. <https://www.gyproc.fi/documents/asennusohjeet/gyproc-asennuskirja-2025-03.pdf>.
23. LVIS-läpivientidetallit. Knauf Oy. Hakupäivä 26.5.2025. https://tools.knauf.fi/fileadmin/user_upload/rakennekirjasto/Valiseinat/LVIS_ ja_lapiviennit/AIN_S_1616886.9_Knauf_kipsilevyseinien_liitosdetallit_LVIS- ja_lapivientidetallit.pdf.
24. Ratu KI-6029. Raakennustöiden laatu RTL 2017. Hakupäivä 26.5.2025

25. Tuotteet/Gyproc ACOUnomic AC 66/60. Gyproc Saint-Gobain Finland Oy. Hakupäivä 24.5.2025. <https://www.gyproc.fi/Tuotteet/gyproc-ac-6660-acounomic#marketing-description>.
26. Tuotteet/Gyproc GFR Duronomic. Gyproc Saint-Gobain Finland Oy. Hakupäivä 24.5.2025. <https://www.gyproc.fi/Tuotteet/gyproc-gfr-70-duronomic#marketing-description>.
27. Ratu KI-6029. Raakennustöiden laatu RTL 2017. Hakupäivä 26.5.2025