

Jaakko Riikonen

Kipsilevyrakenteiden erikoisdetaljit

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri AMK
Rakennustekniikka
Opinnäytetyö
29.4.2011



ALKULAUSE

Tämä insinööriyö tehtiin Knauf Oy:lle. Haluan kiittää projektin valvojaopettajaa Hannu Hakkarasta sekä yrityksen puolelta ohjaajana toiminutta Max Tollander de Balschia avusta ja neuvoista projektin aikana. Erityiskiitokset Tekniikan tohtori h.c. Alpo Halmeelle valaisevista yksityisluennoista liittyen äänitekniikan perusteisiin.

Vantaalla 29.4.2011

Jaakko Riikonen

Tekijä(t) Otsikko	Jaakko Riikonen Kipsilevyrakenteiden erikoisdetaljit
Sivumäärä Aika	44 sivua + 21 liitettä 20.4.2011
Tutkinto	Insinööri AMK
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	Yliopettaja Hannu Hakkarainen Päällikkö Max Tollander de Balsch
<p>Insinööriyön aiheena oli kipsilevyrakenteiden erikoisdetaljit. Erikoisdetaljeilla tarkoitetaan yksityiskohtia, jotka vaikuttavat niin kipsilevyrakenteen paloneristävyyteen kuin myös sen ääneneristävyyteen.</p> <p>Knauf Oy:lla oli selkeä tarve kipsilevyrakenteiden erikoiskohtiin liittyvälle ohjeistukselle. Asiakkaiden tiedusteluista voitiin päätellä, että selkeä ja yhdenmukainen ohjeistus on tarpeellinen.</p> <p>Tutkimus tehtiin kirjallisuuslähteiden avulla sekä haastattelemalla palo- ja äänitekniikan ammattilaisia. Tutkimuksessa tutkittiin myös lakeja ja rakennusmääräyksiä, jotka vaikuttavat kipsilevyrakenteelta vaadittaviin ominaisuuksiin. Tutkimuksessa käsitellyt lait on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osissa C1 ja E1. Em. dokumenteissa määritellään rakenteille asetetut palon- ja ääneneristysvaatimukset.</p> <p>Työn lopputuloksena tehtiin esimerkkidetalleja ja työselityksiä erilaisiin osastoiviin seiniin, koteloihin ja sähkötekniisiin asennuksiin liittyen. Kuhunkin aihealueeseen piirrettiin detaljipiirustukset erilaisia runkoratkaisuja silmälläpitäen.</p>	
Avainsanat	kipsi, osastoiva, ääneneristävyys, kotelo

Author(s) Title	Jaakko Riikonen Special Details of Gypsum Board Structures
Number of Pages Date	44 pages + 21 appendices 20 April 2011
Degree	Bachelor Of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Hannu Hakkarainen, Principal Lecturer Max Tollander de Balsch, Manager
<p>The subject of this thesis was to study the special details in gypsum structures. In this case special details means details contributing to the fire resistance and sound insulation of the gypsum board structure.</p> <p>According to the customer feedback, Knauf Oy had clear need for instructions about the details in gypsum board structures. The needed instructions had to be well-defined and congruent.</p> <p>The study was based on literature and interviews with professionals of fire safety and sound engineering. Also, the laws and building regulations regarding the gypsum board structures were examined. The regulations dealt with in this study are presented in Finnish Building regulations part C1 and E1. The above mentioned regulations define the fire and sound insulation demands for structures in buildings.</p> <p>As a result of this study, detailed drawings were drawn concerning different firewall structures, casings and electrical installations. Also, construction specifications were made. The possibility of using different frame materials was also taken into account.</p>	
Keywords	Gypsum, Fire, Wall, Sound Insulation, Casing

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kipsilevyrakenteet	2
2.1	Kipsi	2
2.2	Historia	3
2.3	Kipsilevyjen valmistus	3
2.4	Kipsilevyjen käyttö	4
	<i>Seinät</i>	5
	<i>Lattiat</i>	5
	<i>Märkä- ja kosteat tilat</i>	6
	<i>Kotelot</i>	6
3	Palosuojaus	6
3.1	Rakennuksen ja muun rakennuskohteen olennaiset vaatimukset	7
3.2	Paloluokat	7
3.3	Palon rajoittaminen palo-osastoon	9
	3.3.1 Osastoiva seinä	10
3.4	Palo-osastointitavat	11
3.5	Palo-osastojen ryhmittely	12
3.6	Läpiviennit ja palokatkot	13
3.7	Palon kehittymisen rajoittaminen	14
4	Kipsilevy palosuojauksessa	15
4.1	Kivivilla paloeristeenä	16
4.2	Aquapanel osastoivissa rakenteissa	17
5	Ääneneristävyys	17
5.1	Määräykset	17
5.2	Ilmaääneneristävyys	18
5.3	Yksinkertaiset rakenteet	19
5.4	Kaksinkertaiset rakenteet	20
5.5	Sivutiesiirtymät	21
	5.5.1 Säteilyä vähentävä verhous	22

5.6	Rakenteiden tiiveyden vaikutus ääneneristävyyteen	22
5.7	Mineraalivilla vaikutus rakenteeseen	23
5.8	Rakenteen toteutus	24
6	Kipsilevy ääneneristämisessä	25
7	Kipsilevylattiat ja katot	27
7.1	Lattiat	27
7.2	Tärinäneristys kipsilevylattioissa	28
7.3	Sisäkatot	29
8	Detaljit ja työselitykset	30
8.1	Äänitekniset ratkaisut	35
9	Yhteenveto	42
	Lähteet	43
	Liitteet	
	Liite 1-21 Detaljipiirustuksia	

1 Johdanto

Kipsilevyrakenteet ovat nykyajan rakentamisessa, ja varsinkin väliseinärakenteissa hyvin olennainen osa. Kipsilevyjen avulla rakentaminen on nopeaa, mutta kuten kaikessa rakentamisessa, on yksityiskohtien oikea toteuttamistapa tärkeää. Monet erikoiskohdat on mahdollista tehdä näennäisesti oikein, mutta niiden toiminta esimerkiksi palotilanteessa tai ääniteknisesti ei välttämättä ole vaatimusten mukaista.

Opinnäytetyön tilaajayritys Knauf Oy on kansainvälinen rakennusmateriaalivalmistaja. Pääasiallisia tuotteita ovat kipsilevyt, kipsituotteet, kalkki, kalkkikivi ja lämmöneristysmateriaalit.

Knauf Oy:n asiakkailta saadun palautteen perusteella voidaan päätellä, että kipsilevyrakenteiden erikoiskohtia käsittelevälle ohjeistukselle on tarvetta. Kipsilevyrakenteiden erikoiskohtien toteuttamiseen olisi hyvä saada yhdenmukaiset sekä selkeät ohjeet. Insinööriyön tavoitteena onkin luoda piirustuksilla sekä työselityksillä ohjepaketti erikoiskohtien toteuttamiseen. Ohjeiden tulisi soveltua niin suunnittelijoille kuin myös rakenteita toteuttavalle asiakkaalle.

Insinööriyössä tullaan keskittymään kipsilevyrakenteiden suunnitteluun ja toteuttamiseen paloteknisesti osastoivaksi rakenteeksi sekä rakenteen ääniteknisen toiminnan varmistamiseen. Työssä huomioidaan myös seinien erikoiskohdat, kuten esimerkiksi sähkötekniset asennukset sekä erilaiset kotelot. Osastoivien seinärakenteiden yhteydessä käsitellään myös Aquapanel-sementtilevyn käyttöä.

Työssä käsitellään myös kipsilevyrakenteisiin liittyviä lakeja ja määräyksiä. Liitteissä esitellään yleisesti käytettyjä ratkaisuita rakenteiden toteuttamiseen.

2 Kipsilevyrakenteet

2.1 Kipsi

Kipsi esiintyy luonnossa maaperästä löytyvänä kipsikivenä. Kemiallisesti kipsi on kalsiumsulfaattia johon on sitoutunut vettä. Kemiallinen kaava kipsille on $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$. Luonnontilassa olevaa kipsiä kuumennetaan, jolloin valtaosa sen kidevedestä erkanee ja lopputuotteena on rakennuskipsiä. Lopputuotteena saatua kipsiä tulee säilyttää kuivassa, jotta kipsi ei ala kovettumaan uudelleen. [1, s. 224-229.]

Kun poltettu kipsi halutaan saada muokattavaan muotoon, eli juoksevaksi massaksi, lisätään siihen vettä. Vesi sitoutuu uudelleen kipsin kanssa ja ylimääräinen vesi haihtuu pois. Tässä reaktiossa vapautuu paljon lämpöä, ja lopputuloksena saadaan valkoinen kova valumuotin muotoinen kappale. [1, s. 224-229.]

Kipsin keskeisimmät ominaisuudet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kipsin keskeisimmät ominaisuudet

Väri	Läpinäkyvästä valkoiseen
Tiheys	2300 kg/m ³
Sulamispiste	1200 °C
Kovuus	2 Mohsin kovuuden asteikolla*

[2]

* Mohsin asteikkoa käytetään mineraalien kovuuden määrittämiseen. Asteikolla kovempi naarmuttaa pehmeämpää, Mohsin asteikossa 1 on talkki ja 10 timantti. Kipsi on siis hyvin pehmeää sijoittuessaan taulukossa numerolle 2.

2.2 Historia

Kipsilevyjen käyttö rakentamisessa on suhteellisen uusi keksintö. Kipsiä koristeiden materiaalina on käytetty jo muinaisessa Egyptissä ja antiikin Roomassa. Renessanssi-tyylisuunnan vallitessa Italiassa kipsi oli yleisin julkisivun veistoskoristeluissa käytetty materiaali. [1, s. 224-229.]

Todennäköisesti ensimmäinen nykyaikaisen kaltainen kipsilevy patentoitiin USA:ssa vuonna 1894. Tuote oli kipsillä kokoon liimattu monikerroksinen pahvilevy, ja sen patentoi August Sackett. Samoihin aikoihin Saksassa kehiteltiin kipsilevy, joka oli vahvistettu kipsikerrosten väliin asetetulla pahvikerroksella. [1, s. 224-229.]

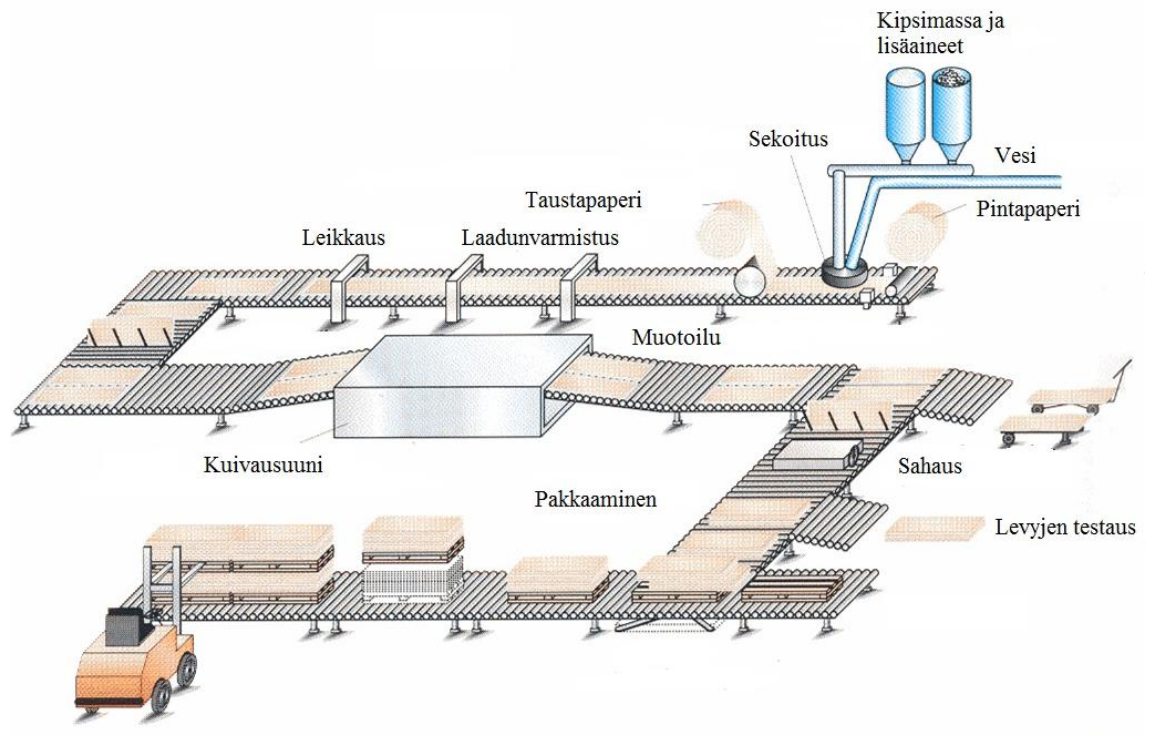
Nykyisinkin käytetty kipsilevytyyppi patentoitiin USA:ssa vuonna 1908. Levy on rakenteeltaan kolmikerroksinen, jossa ulkopinnat on vahvistettu pahvilla ja keskiosa on kokonaan kipsiä. Euroopan ensimmäinen Gipsonit-kipsilevyä valmistava tehdas avattiin Englantiin vuonna 1917. 1920-luvulta lähtien levyä alettiin tuoda myös Suomeen, ja kotimainen valmistus aloitettiin Myllykoski Oy:n toimesta vuonna 1949. Levyä valmistettiin aina vuoteen 1970 asti, ja tuotantoa jatkoi Gyproc Oy vuonna 1972. Levyjen valmistuksessa käytetään kipsikiven lisäksi voimaloista sivutuotteena syntyvää kipsiä. Myös kierrätetyn kipsin käyttö on aloitettu. Kipsilevyn molemmin puolin oleva kartonki kiinnitetään maissitärkkelyksellä. [1, s. 224-229.]

Kipsilevyn suuri suosio perustunee sen helppoon muokattavuuteen, paloturvallisuuteen sekä terveellisyyteen. Kipsilevystä ei erity vaarallisia aineita, toisin kuin esimerkiksi lastulevystä erittyy liima-aineiden myrkyllisiä päästöjä. [1, s. 224-229.]

2.3 Kipsilevyjen valmistus

Kipsilevyjen suosion johdosta valmistusprosessin on oltava tehokas. Kipsilevy koostuu pinta- ja taustapaperista, sekä kipsimassasta ja siihen mahdollisesti sekoitettavista lisäaineista. Kipsimassaan sekoitetaan vesi, jonka jälkeen seos levitetään pintapaperin päälle. Taustapaperi levitetään levyn päälle, jonka jälkeen levy muotoillaan. Laadunvarmistuksen jälkeen levy leikataan halutun mittaisiksi paloiksi, ja se käännetään pintapaperi ylöspäin. Levyt kuivatetaan uunissa, jonka jälkeen erästä otetaan levyjä

koestettavaksi. Loput levyt niputetaan kuormalavoille, josta ne viedään varastoon ja asiakkaille toimitettavaksi. [3.]



Kuva 1. Kuvassa on esitetty kipsilevyn valmistusprosessi [3]

2.4 Kipsilevyjen käyttö

Kipsilevyn käyttökohteet ovat hyvin moninaiset. Kipsilevyä voidaan käyttää lattiassa, seinissä, katoissa sekä märkä- ja kosteissa tiloissa. Levyjen helppo muokattavuus mahdollistaa lähes kaikenlaisten muotojen tekemisen, niin suorat, taivutetut kuin pyöreätkin muodot onnistuvat.

Kipsilevy soveltuu myös erinomaisesti paloeristämiseen. Materiaalivalmistajat ovat sertifioineet kipsilevyrakenteita erilaisille palonkestovaatimuksille. Kipsilevyn massiivisuuden ansiosta sitä voidaan myös käyttää ääneneristämiseen. Valmistajilta on myös mahdollista saada rei'itettyjä levyjä jälkikäiunta-ajan lyhentämiseksi.

Seinät

Kipsilevy on nykyään yleisin väliseinämateriaali. Kipsilevyjen avulla seinäpinoista saadaan helposti saumattomia. Kipsin helppo työstettävyys tekee työskentelystä tehokasta. Väliseinärunkona käytetään yleensä joko kertopuu- tai teräsohutlevytoppia. Nykyään asuntorakentamisessa suurin osa väliseinistä tehdään kipsilevystä. Levyjen väliseen tilaan on helppo asentaa sähköjohdot.



Kuva 2. Kipsilevyseinä, jossa levyt on asennettu vain toiselle puolelle runkoa. Sähköasennusten jälkeen levyt asennetaan myös rungon toiselle puolelle.

Lattiat

Myös lattiaita on mahdollista tehdä kipsilevyillä. Useilla valmistajilla on valikoimassa erityisesti lattiakäyttöön kehitettyjä kipsilevyjä. Lattiakipsilevyillä saadaan tehtyä jäykkä ja koviakin kuormia kestävä lattiapinta. Myös lattialämmitys on mahdollista tehdä kipsilevylattian alle. Kipsilevylattioilla saadaan aikaan myös hyvä ääneneristävyys. Kipsilevylattia voidaan päällystää lähes millä tahansa materiaalilla. [4.]

Märkä- ja kosteat tilat

Vaikka kipsilevyt imevätkin helposti kosteutta, on niitä mahdollista käyttää märkä- ja kosteissa tiloissa. Kullakin materiaalinvalmistajalla on yleensä oma sertifioitu järjestelmä kosteuden rasittamien tilojen toteuttamiseen.

Kotelot

Kipsilevyjen avulla on helppo tehdä erilaisia kotelointeja. Koteloidissa kulkee erinäisiä LVIS-tekniikan putkia sekä kaapeleita. Tässäkin tapauksessa kipsilevy eristää massaltaan hyvin putkistoita aiheutuvaa ääntä. Myös saumattomalta näyttävä pinta on suhteellisen helppo saavuttaa. Em. syistä kipsilevy onkin yksi yleisimmistä materiaaleista koteloidia tehdessä.



Kuva 3. Vasemmassa kuvassa näkyy ilmanvaihtoputki. Oikeassa kuvassa putken ympärille on rakennettu kotelo.

3 Palosuojaus

Rakennusten paloturvallisuutta koskevat ohjeet ja määräykset löytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta E1. Ympäristöministeriön laatiman määräyskokoelman määräykset ovat velvoittavia. Kokoelmassa esitetyt ohjeet eivät sen sijaan ole velvoittavia, jos jokin toinen käytetty ratkaisu täyttää rakentamiselle asetetut vaatimukset. Tämänhetkinen käytössä oleva kokoelma E1 astui voimaan vuonna 2002, ja siihen on

tehty sen jälkeen joitakin muutoksia. Tehdyistä muutoksista on julkaistu erilliset korjausdokumentit, joista ilmenee muutettu asetus. [5.]

3.1 Rakennuksen ja muun rakennuskohteen olennaiset vaatimukset

Rakennuksille on asetettu vaatimuksia, joiden tulee täytyä. Rakentamismääräyskokoelmassa ne on määritelty seuraavasti [5, s.6.]:

- rakennuksen kantavien rakenteiden tulee palon sattuessa kestää niille asetetun vähimmäisajan;
- palon ja savun kehittymisen ja leviämisen rakennuksessa tulee olla rajoitettua;
- palon leviämistä lähistöllä oleviin rakennuksiin tulee rajoittaa;
- rakennuksessa olevien henkilöiden on voitava palon sattuessa päästä poistumaan rakennuksesta tai heidät on voitava pelastaa muulla tavoin;
- pelastushenkilöstön turvallisuus on rakentamisessa otettava huomioon.

3.2 Paloluokat

Rakennukset luokitellaan kolmeen eri paloluokkaan, jotka ovat P1, P2 ja P3. Rakentamismääräyskokoelmassa luokat määritellään seuraavanlaisesti:

Paloluokkaan P1 kuuluvan rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan pääsääntöisesti kestävä palossa sortumatta. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu.

Paloluokkaan P2 kuuluvan rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset voivat paloteknisesti edellisen luokan tasoa matalampia. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan asettamalla vaatimuksia erityisesti seinien, sisäkattojen ja lattioiden pintaosien ominaisuuksille. Lisäksi kerroslukua ja henkilömääriä on rajoitettu käyttötavasta riippuen.

Paloluokkaan P3 kuuluvan rakennuksen kantaville rakenteille ei aseteta erityisvaatimuksia palonkeston suhteen. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan rakennuksen kokoa ja henkilömääriä rajoittamalla käyttötavasta riippuen. [5, s.9]

Rakenteelle asetettuja vaatimuksia kuvataan merkinnöillä

R= kantavuus, E= tiiveys sekä I= eristävyys. Merkinnät yhdistetään rakenteen vaatimuksen mukaan R, REI, RE, EI tai E. Merkintöjen jälkeen ilmoitetaan rakenteen palonkestävyysaika minuutteina. Käytettävät palonkestävyysajat ovat joko 15, 30, 60, 90, 120, 180 tai 240. Nämä merkinnät yhdistettynä muodostavat rakennusosan paloluokan. Lisäksi rakenteelle voidaan määrittää tunnus M, joka tarkoittaa rakenteen

iskunkestävyyttä palotilanteessa. Rakenteen vaatimustenmukaisuus osoitetaan joko kokeellisesti, tai laskennallisin menetelmin. Koemenetelmät ja luokitusperusteet on esitetty opastavissa tiedoissa. [5.]

Rakennustarvikkeille on asetettu niitten ominaisuuksia kuvaavat luokat A1, A2, B, C, D, E sekä F. Rakennustarvikkeen savun tuottoa ja pisarointia kuvaavina lisämääreinä käytetään merkintöjä s1, s2, s3 ja d0, d1, d2.

Rakentamismääräyskokoelmassa määritellään luokat seuraavasti [5, s. 4]:

Selostus

A1 Tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon.

A2 Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu.

B Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu.

C Tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti.

D Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä.

E Tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä.

F Tarvikkeet, joiden käyttäytymistä ei ole määritetty.

s1 Savuntuotto on erittäin vähäistä.

s2 Savuntuotto on vähäistä.

s3 Savuntuotto ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia.

d0 Palavia pisaroita tai osia ei esiinny.

d1 Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti.

d2 Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia.

Lattiamateriaaleille käytetään samantyyppistä, mutta erillistä luokitusta. Em. luokkamerkintöjä ja lisämääreitä käytettäessä saadaan yhteenlaskettuna 40 euroluokkaa.

Suomessa on kuitenkin päädytty käyttämään seuraavaa viittä:

-A1

-A1-s1, d0

-B-s1, d1

-C-s2, d1

-D-s2,d2

Rakennustarvikkeiden tuotannossa ja kaupassa on tuotteen luokkamerkinnässä kuitenkin aina ilmoitettava lisämääreet, koska muiden EU-maiden määräyksissä voidaan

vaatia Suomen määräyksistä poikkeavia vaatimustasoyhdistelmiä lisämääreiden kohdalla. [6, s. 33.]

3.3 Palon rajoittaminen palo-osastoon

Jo suunnitteluvaiheessa palon leviämistä pyritään rajoittamaan jakamalla rakennus erillisiin palo-osastoihin. Osastointi tehdään käytännössä jakamalla rakennus osiin seinillä, jotka kestävät ennalta vaaditun ajan nk. standardipaloo. Standardipalo on määritelty standardissa ISO-834. Standardipaloksi kutsutaan em. standardissa määriteltyä lämpötilan nousukäyrää, jota noudatetaan erilaisissa materiaaleille tehtävissä palonkestokokeissa. [7.]

Osastoinnin tarkoitus on:

- henkilöturvallisuuden, erityisesti poistumismahdollisuuksien turvaaminen rajoittamalla savun ja kuumuuden leviämistä,
- pelastus- ja sammutustoimen helpottaminen muodostamalla rajalinjoja, joihin palon leviäminen voidaan pysäyttää ja
- omaisuusvahinkojen rajoittaminen, erityisesti naapurin omaisuuden suojaaminen [6, s.57]

Rakentamismääräyskokoelmassa kerrotaan kohdassa 5.1 seuraavanlaisesti palo-osastoinnin yleisistä vaatimuksista [3, s. 11]:

5.1.1

Rakennus tulee yleensä jakaa palo-osastoihin palon ja savun leviämisen rajoittamiseksi, poistumisen turvaamiseksi, pelastus- ja sammutustoimien helpottamiseksi.

5.1.2

Rakennuksen eri kerrokset, kellarikerrokset ja ullakko on yleensä muodostettava eri palo-osastoiksi (kerrososastointi). Palo-osaston koko tulee rajoittaa siten, että osastossa syttyvä palo ei aiheuta kohtuuttoman suuria omaisuusvahinkoja (pinta-alaosastointi). Käyttötavaltaan tai palokuormaltaan oleellisesti toisistaan poikkeavat tilat on muodostettava eri palo-osastoiksi, jos se on tarpeellista henkilöiden tai omaisuuden suojaamiseksi (käyttötapaosastointi).

3.3.1 Osastoiva seinä

Luonnollisestikaan palo ei saisi levitä osastosta toiseen. Rakentamismääräyskokoelman osan E1 luvussa 7.1 käsitellään osastoivien rakenteiden vaatimuksia. Osastoivan seinän tulee estää tulen leviäminen määrätyn ajan. Huomattavaa on, että seinän tulee kestää kokonaisuudessaan, mukaan lukien siihen liittyvät varusteet, kuten pistorasiat ja muut LVIS-tarvikkeet. [5, s.16.] Taulukossa 2 on eritelty osastoivien rakenteiden luokkavaatimukset.

Taulukko 2. Osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset

Sarake	Rakennuksen paloluokka					
	P1			P2		P3
	Palokuorma MJ/m ²			Kerros-luku		
	yli 1200	600–1200	alle 600	3–4	1–2	
	1	2	3	4	5	6
Osastoivat rakennusosat kerroksissa	EI 120	EI 90	EI 60	EI 60	EI 30	EI 30
– osiin jakavat rakennusosat (majoitushuoneiden seinät ja ovet)	EI 15	EI 15	EI 15	■	EI 15	EI 15
Osastoivat rakennusosat ullakoilla	EI 30	EI 30	EI 30	EI 30	EI 30	EI 30
– osiin jakavat rakennusosat	EI 15	EI 15	EI 15	EI 15	EI 15	EI 15
Osastoivat rakennusosat kellareissa	EI 120	EI 90	EI 60	EI 120	EI 60	EI 30
Taulukon huomautus:	Tuotanto- ja varistorakennuksen pinta-alaosastointia toteuttavien rakennusosien luokkavaatimukset Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden E2 mukaan, autosuojan ohjeiden E4 mukaan ja kattilahuoneen sekä polttoainevaraston osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset ohjeiden E9 mukaan.					
Taulukon merkintä:	■ = ei mahdollinen					

Lähestulkoon jokaisessa asuinrakennukseen tehtävää kipsilevyseinässä on jonkinlaisia sähköasennuksia. Valokytkimet ja sähköasiat ovat yleisimpiä seiiniin tehtyjä sähköasennuksia. Siksi onkin tärkeää, että myös sähköasennusten palonkestävyys huomioidaan suunnitelmissa.



Kuva 4. Kuvassa näkyy seinään asennettavia kojerasioita. Seinään tehtävät asennukset eivät saa olennaisesti heikentää rakenteen palonkestävyyttä.

Osastoivissa rakennusosissa käytettäville rakennusmateriaaleille on määritelty vaatimukseksi A2-s1, d0 aikaisemmin esitellyn järjestelmän mukaan. Kyseinen vaatimus siis tarkoittaa käytännössä sitä, että materiaalin osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu, savuntuotto on erittäin rajallista eikä palavia pisaroita tai osia ei esiinny. [5, s. 16.]

3.4 Palo-osastointitavat

Palo-osastointeja vaaditaan erilaisten perusteiden mukaan:

Kerrososastoinnilla tarkoitetaan osastointia, joka erottaa kerrokset toisistaan. Kerrosten osastoiminen ei kuitenkaan ole ehdotonta, vaan kaksi kerrosta voi olla osittain samaa osastoa, jos järjestely ei aiheuta vaaraa. Kuitenkin enintään kaksikerroksinen palo-osasto on mahdollista muodostaa ilman kerrososastointipakkoa.[6, s. 57.]

Käyttötapaosastoinnilla osastoidaan kaksi erilaista tilaa toisistaan, jossa käyttötapa tai palokuorma eroavat suuresti toisistaan. Huoneistot, jotka voivat aiheuttaa esimerkiksi palokuorman, palovaarallisuuden, vähäisen valvonnan tai muun vastaan syyn takia vaaraa ympäristölleen, on yleensä osastoitava omiksi palo-osastoiksi. Yleisesti asuinhuoneistot ovat osastoitu erillisiksi palo-osastoiksi. Myös huoneistojen sisällä olevat

tilat, jotka ovat paloturvallisuuden kannalta riskialttiimpia, tulee yleensä erottaa erillisiksi paloteknisiksi palo-osastoiksi. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi palavien nesteiden varastot, kattilahuoneet ja polttoainevarastot. [6, s. 60.]

Pinta-alaosastoinnissa palo-osastot määritellään niin, että osastossa syttyvä palo ei aiheuta kohtuuttoman suuria omaisuusvahinkoja. Samaan palo-osastoon kuuluvien kerrosten pinta-ala lasketaan yhteen. Pinta-alarajoitukset on esitetty seuraavasti rakentamismääräyskokoelman osassa E1 [6, s. 58]:

Taulukko 3. Palo-osaston enimmäisala [5]

Käyttötapa	Rakennuksen paloluokka		
	P1	P2	P3
KERROKSET			
Asuinrakennukset	osastointi huoneistoittain	osastointi huoneistoittain	osastointi huoneistoittain
Majoitustilat ja hoitolaitokset			
– yöpymistilat	800 m ²	800 m ²	400 m ²
– muut tilat	1600 m ²	1600 m ²	400 m ²
Kokoontumis- ja liiketilat sekä työpaikatilat	2400 m ²	2400 m ²	400 m ²
Tuotanto- ja varastotilat sekä autosuojat	harkinnan mukaan ¹⁾	harkinnan mukaan ¹⁾	harkinnan mukaan ¹⁾
ULLAKOT JA YLÄPOHJAN ONTELOT	1600 m ²	1600 m ²	alapuolisten osastojen mukaan ²⁾
KELLARIT	800 m ²	800 m ²	400 m ²
Taulukon huomautukset	¹⁾ Tuotanto- ja varastotilojen ohjeet ovat Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E2 sekä autosuojien ohjeet osassa E4.		
	²⁾ Asuinrakennuksessa voidaan erityisestä syystä korvata palo-osastoinnilla enintään 200 m ² osastoihin.		
Ohje	Pinta-ala lasketaan niin kuin huoneistoala.		

3.5 Palo-osastojen ryhmittely

Rakennukset tai niiden palo-osastot ryhmitellään sen mukaan, millainen rakennuksen pääkäyttötapa on. Kyseisen ryhmittelyn lähtökohtana on rakennuksen käyttöaika, eli mihin vuorokauden aikaan sitä pääasiallisesti käytetään. Käyttöajat jaetaan kolmeen eri osaan: päiväkäyttö, iltakäyttö ja yökäyttö. Toisena ryhmittelyn määrittäjänä on se, miten hyvin käyttäjät tuntevat tilat ja tarpeen tullessa pystyvät pelastautumaan itsenäisesti tai toisten avustamina.

Esimerkiksi asuinhuoneistot ovat ympärivuorokautisessa käytössä, toisin kuin vaikkapa yleensä toimistot. Toimistot ovat yleensä päiväkäytössä, ja siellä työskentelevät ihmiset tuntevat tilat. Riskialttiimpia rakennuksia ovat esim. majoitustilat. Majoitustiloissa oleilleville ihmisille tila ei ole ennalta tuttu, mikä tekee poistumisreittien löytämisen ja senseurauksena poistumisen vaativammaksi.

Palokuorma

Palokuormalla tarkoitetaan aineen luovuttamaa kokonaislämpömäärää, kun se palaa täydellisesti. Rakennuksissa määriteltävään palokuormaan lasketaan kantavat, runkoa jäykistävät, osastoivat ja muut rakennusosat sekä irtaimisto. Palokuorman tiheys ilmaistaan määräyksissä megajouleina huoneistoalan neliometriä kohden (MJ/m^2). Palokuorman avulla voidaan määritellä osastoiville seinille niiden palonkestovaatimukset. [5, s. 3.]

Yleisimpiä palo-osastoja

Asuinrakennuksissa yleisimpiä palo-osastoja ovat: asuinhuoneistot, ilmanvaihtokonehuoneet, uloskäytävät, suuret sähköpääkeskukset, ATK-tilat, irtaimistovarastot, ullakot sekä kellarit. Pientaloissa yleisiä ovat autosuojat, kattilahuoneet sekä polttoainevarastot. Teollisuusrakennuksissa yleisimpiä palo-osastoja ovat erilaiset varastot, prosessitilat, sosiaalitilat, muuntamot sekä suurteollisuuden ja voimaloiden valvomot. [8.]

3.6 Lämpiviennit ja palokatkot

Osastoivissa seinissä voi olla läpivientejä putkia, kanavia, johtoja jne. varten. Lämpivienti ei kuitenkaan saa heikentää seinän osastoivuutta olennaisesti. Nämä vaatimukset saavutetaan huolehtimalla läpivientien huolellisessa tiivistämisellä sekä käyttämällä osastoiviin rakenteisiin tarkoitettuja tuotteita.

Osastoivien rakenteiden läpi kulkevien erilaisten asennusten tiivistämistä kutsutaan palokatkoksi. Palokatkolta tulee edellyttää vähintäänkin yhtä hyvää paloluokkaa kuin sitä ympäröivältä osastoivalta rakenteelta.

Markkinoilla olevat palokatkojärjestelmät voidaan jakaa neljään eri ryhmään:

- palokatkomassat
- pinnoitetut villalevyt
- silikonivaahdot ja vaahdotetut tyynyt
- tiiviste-elementit.

Näiden järjestelmien lisäksi on myös erilaisia palokittejä, jotka soveltuvat vain pienten aukkojen paikkaamiseen ($\varnothing < 50$ mm). Väliaikaisratkaisuissa käytetään myös palopusseja. Valitulla palokatkojärjestelmällä tulisi aina olla tyyppihyväksyntä, jonka myöntää VTT Expert Services Oy. Tyyppihyväksyntä julkaistaan VTT:n internetsivuilla.

Palokatkomassat ovat pääasiallisesti kipsi-, vermikuliitti- sekä sementtipohjaisia. Sementtipohjaisissa massoissa on ongelmana niiden kovettuminen ja kutistuminen. Massat ovat kuitenkin edullisia verrattuina muihin markkinoilla oleviin ratkaisuihin. Silikonivaahdojen, tyynyjen ja tiiviste-elementtien hinnat ovat 7-15-kertaiset verrattuna massapohjaisiin ratkaisuihin. Juurikin massojen edullisuus on johtanut niiden suureen suosioon, niin Suomessa kuin muuallakin Euroopassa.

Palokatkoja suunnitellessa tulee ottaa huomioon rakenteelta vaadittu paloluokka sekä riittävä varauksien jättäminen mahdollisten uusien kaapelointien varalle. Varausten tekemisellä helpotetaan kunnossapitoa ja vähennetään niiden kustannuksia.

Ensisijaisena vaatimuksena palokatkolle on sen kyky säilyttää palotiiveys ja eristyskyky. On hyvä huomata kuitenkin, että palokatkon tulee kestää myös rakennuksen normaalin käytön aiheuttamat rasitukset, kuten esimerkiksi mekaaninen kesto, paineenkesto, kosteudenkesto, äänen eristyskyky sekä kaapelien lämmön nousun rajoittaminen. [9.]

3.7 Palon kehittymisen rajoittaminen

Rakennuksissa tulee käyttää materiaaleja, jotka eivät myötävaikuta palon kehittymiseen vaaraa aiheuttavalla tavalla. Sisäpuolisissa pinnoissa käytettävissä materiaaleissa

tulee ottaa huomioon, missä määrin ne osallistuvat paloon, lieskahduksen alkamiseen kuluva aika, lämmön vapautuminen ja savun sekä palavien pisaroiden muodostuminen. Rakennuksen sisäpuolisten pintojen luokkavaatimukset löytyvät rakentamismääräyskoelman osasta E1, taulukosta 8.8.2. [5, s. 17.]

4 Kipsilevy palosuojauksessa

Normaali kipsilevy kuuluu EN 13501-1 mukaisesti paloluokkaan A2-s1, d0. Tämä tarkoittaa sitä, että kipsilevyn osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu (A2), savuntuotto on erittäin vähäistä (s1) ja palavia pisaroita tai osia ei esiinny (d0). [7.]

Se siis täyttää osastoivassa rakenteessa käytettävälle materiaalille rakentamismääräyskokoelmassa asetetut vaatimukset [16].

Kipsilevy toimii palosuojauksessa hyvin siihen sitoutuneen veden ansiosta. Rakenteessa oleva vesi ilmenee sitoutumattomana eli "vapaana", sekä kemiallisesti sitoutuneena vetenä. Vapaan veden määrä vaihtelee kuitenkin ympäröivän kosteuden mukaan. Kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on n. 21 % painosta. Kipsilevyn hyvät ominaisuudet palossa johtuvat kemiallisesti sitoutuneesta vedestä. Korkeissa lämpötiloissa vesi alkaa haihtumaan kipsistä. Veden olomuodon muutoksen johdosta se sitoo lämpöenergiaa, mikä hidastaa lämmön siirtymistä rakenteen toiselle puolelle. Useiden tutkimusten perusteella on huomattu, että kipsin altistuessa palolle, vesi haihtuu kahdessa vaiheessa. [10.]

Ensimmäisessä vaiheessa n. 100 °C lämpötilassa kuivumisreaktio muuttaa kalsiumsulfaatin ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) kalsiumsulfaattipuolihydraatiksi ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$). Toisessa vaiheessa dehydrataatioreaktiossa kalsiumsulfatisemihydraatti muuttuu vedettömäksi kalsiumsulfaatiksi, CaSO_4 . Kipsin kuivumisesta seuraa levyn kutistuminen, keveneminen sekä kipsin lujuuden aleneminen.

Ensimmäinen kuivumisen vaihe alkaa n. 100 °C, ja se päättyy rakenteen lämpötilan noustua n. 120 °C. Toisen vaiheen alkamislämpötilasta ei ole varmaa tutkimustietoa. Osassa tutkimuksista lämpötilaksi kerrotaan n. 210 °C, toisissa tutkimuksissa n. 650 °C.

Kemiallisesti sitoutuneesta vedestä haihtuu ensimmäisessä vaiheessa n. 75%, loput 25 % haihtuu toisessa vaiheessa. [10.]

Normaalisti etenevässä tulipalossa, jossa huoneen lämpötila on 12 minuutin tulipalon jälkeen noussut yli 650 °C:seen, lämpötila 13 mm:n normaalikipsilevyn takana on noin 100 °C [11].

Kipsilevyn palonkestävyyttä voidaan parantaa lisäämällä kipsin määrää, vahvistamalla sitä lasikuidulla tai rajoittamalla kutistumista lisäämällä levyn aineita jotka ehkäisevät levyn kutistumista. Kideveden höyrystyessä levy kutistuu. Kutistumisesta seuraa kipsin lohkeileminen joka taas mahdollistaa palon leviämisen levyn taakse. Tästä syystä levyn kutistumista on ehkäistävä paremman palonkestävyyden saavuttamiseksi. Esim. Knaufin valmistama palokipsilevy on normaalia kipsilevyä paksumpaa. 15 mm paksun kipsilevyn ydin on vahvistettu lasikuidulla sekä erikoissavella. [11.]

Yleinen ratkaisu rakenteen palonkeston parantamiseksi on käyttää kahta levyä päällekkäin. Kaksinkertaisella levyrakenteella yhdistettynä palovillaan saavutetaan jopa EI 90 rakenteen vaatimukset. Kyseinen rakenne on helppo ja nopea rakentaa, verrattuna esimerkiksi muurattuun seinään. [11.]

4.1 Kivillä paloeristeenä

Kuten edellä mainittiin, kivivillalla voidaan parantaa kipsilevyrakenteisen seinän paloneristävyyttä. Kivillä kuuluu parhaimpaan A1-paloluokkaan, mikäli eristeessä ei ole paloluokkaa heikentäviä pinnoitteita. Kivillaeristeet kestävät hyvin korkeita lämpötiloja sulamatta. Materiaalin koossapysyvyys onkin ratkaiseva ominaisuus sen palonkestossa. Vaikka kivivillaan sideaine häviää jo 250 °C, pysyy tuote koossa ja toimii korkeissakin lämpötiloissa hyvänä palonsuojana rakenteille. Lämpötilanvaihtelut normaaleissa käyttölämpötiloissa eivät aiheuta kivivillalle muodonmuutoksia. Kivillä ei laajene tai kutistu, jolloin levyjen saumoihin ei synny paloneristävyyden kannalta haitallisia rakoja. Kivivillatuotteet, mukaan lukien puhallusvilla, ovat palamattomuuden lisäksi myös palonkestäviä. Kivillaeriste eristää palossa n. 100 minuuttia.

Osastoivissa seinissä käytetään yleensä levymäisiä eristeitä. Kivivillalla saadaan nostettua helposti rakenteen palonkestoaikaa. Lisäämällä kivillä ei-kantavan levyrakenteisen väliseinän väliin saadaan rakenteelle osastoivuutta vähintään 60 minuuttia. Kivivilloja

käyttämällä rakenteissa saavutetaan yleensä vaadittu palonkesto aika ohuemmalla ja taloudellisemmalla rakenteella. [12.]

4.2 Aquapanel osastoivissa rakenteissa

Aquapanel on Knauf Oy:n valmistaman sementtilevyn tuotemerkki. Tuote on valmistettu portlandsementistä ja se on vahvistettu molemmista pinnoistaan lasikuituverkolla. Valmistusmateriaalien ansiosta sementtilevy kestää ulkoisia rasituksia kipsilevyä paremmin. Työstettävyydeltään se on kipsilevyn kaltainen. Sementtilevy on veden ja kosteuden kestävä, ja siksi se sopiikin vaativampiin olosuhteisiin kuin kipsilevy. Suuremman massan johdosta myös sen ääneneristävyys on parempi kuin kipsilevyn. Aquapanelin massa on 15 kg/m^2 , 1200 kg/m^3 . Levy on myös täysin palamaton ja soveltuu käytettäväksi myös osastoivissa rakenteissa. Kaksinkertaisella levytyksellä saavutetaan jopa EI 90 paloluokan vaatimukset. [13.]

5 Ääneneristävyys

5.1 Määräykset

Rakentamismääräyskokoelmassa C1 on esitetty vaatimukset rakennuksen ääneneristykselle ja meluntorjunnalle. Vaatimuksesta rakenteelle on kirjoitettu seuraavasti [14, s. 3]:

Nämä määräykset ja ohjeet koskevat rakenteellista ääneneristystä ja meluntorjuntaa uudisrakennuksissa. Rakennuksen ja muun rakennuskohteen olennaisista vaatimuksista on voimassa, mitä rakennuslaissa tai sen nojalla säädetään.

Ääneneristykseen ja meluntorjunnan kannalta tämä erityisesti tarkoittaa että

- rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että melu, jolle rakennuksessa tai sen lähellä ovat altistuvat pysyy niin alhaisena, ettei se vaaranna näiden henkilöiden terveyttä ja että se antaa mahdollisuuden nukkua, levätä ja työskennellä riittävän hyvissä olosuhteissa.

Asuinrakennuksille on asetettu seuraavanlaiset vaatimukset [14, s. 5]:

Ilmanääneneristys

$$R'_w \geq 55 \text{ dB}$$

asuinhuoneiston ja sitä ympäröivien tilojen välillä

$$R'_w \geq 39 \text{ dB}$$

asuinhuoneiston ja toista huoneistoa palvelevan uloskäytävän välillä, kun välissä on ovi*

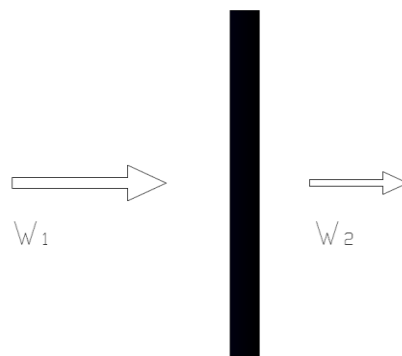
*) Oven tulee kuulua vähintään ääneneristysluokkaan 30 dB

5.2 Ilmaääneneristävyys

Ilmaäänellä tarkoitetaan ilmassa esiintyvää paineen vaihtelua. Ääniaallon edetessä tapahtuu energian siirtymistä. Rakenteen ilmaääneneristävyys on äänitehon W_1/W_2 suhde. W_1 on seinään kohdistunut ääniteho, W_2 toiseen tilaan siirtynyt ääniteho. Akustiikassa käytetään yleensä logaritmistä mittakaavaa ja eristävyys ilmoitetaan desibeleinä. [15, s. 9.]

Taulukko 4. Taulukko havainnollistaa dB-asteikon logaritmisuutta. Äänenvaimennuskyvyn kymmenkertaistuksessa, lisääntyy dB-asteikkoon 10 yksiköä.

R dB	W^1/W^2	10^n
10	10	10^1
20	100	10^2
30	1000	10^3
40	10000	10^4
50	100000	10^5
60	1000000	10^6
70	10000000	10^7
80	100000000	10^8



[15, s. 9]

Äänen eristämiseen käytetään toimintatavaltaan erityyppisiä rakenteita [15, s.9]:

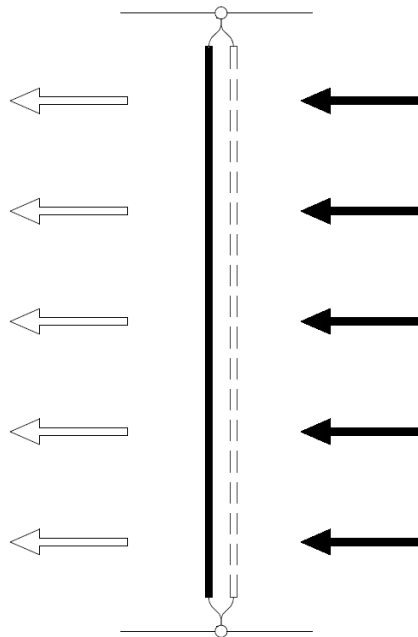
- Yksinkertaiset massiiviset rakenteet tai sen kaltaiset rakenteet
- Kaksinkertaiset tai useampikertaiset rakenteet
- Massiiviset rakenteet, joihin on lisätty äänensäteilyä vähentävä rakenne.

5.3 Yksinkertaiset rakenteet

Ääniaallon kohdatessa tiiviin seinämän ilmanpaine saa seinämän liikkumaan. Ilmanpaineesta johtuva liike siirtää ilmanpaineaallon seinämän toiselle puolelle, ja se aistitaan äänenä. Mitä painavampi seinämä on, sitä vähemmän se heilahtelee. Tästä seuraa se lainalaisuus, että mitä painavampi seinä on, sitä paremmin se eristää ääntä. Rakenteen ääneneristävyyteen vaikuttaa myös muut tekijät, mikä tekeekin ääneneristämisestä ja sen suunnittelusta haastavaa ja ammattitaitoa vaativaa työtä. Muut tekijät ovat mm. jäykkyys, rakenteen häviöt ja hyvin paksuissa rakenteissa rakenteen aaltovastus.

Korkeiden äänien eristäminen on helpompaa kuin matalien. Äänen taajuuden kaksinkertaistuessa, paranee äänen eristävyys 6 dB. Seinän massan lisääminen myös parantaa äänen eristävyttä. Massan kaksinkertaistaminen lisää ääneneristävyyttä n. 6 dB. Huomattavaa on kuitenkin, että massan lisääminen on edullista, varsinkin jos rakenne on ennestään kevyt. Raskaan seinän eristävyden parantaminen on hankalaa.

Yksinkertaisissa seinissä käytetään yleisesti raskaita materiaaleja, kuten mm. betoni, tiili, luonnonkivi, teräs ja lyijy. Yksinkertaisessa seinässä voidaan käyttää myös muita tasa-aineisia materiaaleja. Myös useammasta kerroksesta tehdyt rakenteet, jotka ovat rakenteeltaan likimain yhtä kovia, voidaan käsitellä yksikertaisena rakenteena. [15, s. 9-10.]



Kuva 5. Havainnekuva yksinkertaisesta seinästä, jossa rakenteen värähtely siirtää äänen seinän toiselle puolelle.

5.4 Kaksinkertaiset rakenteet

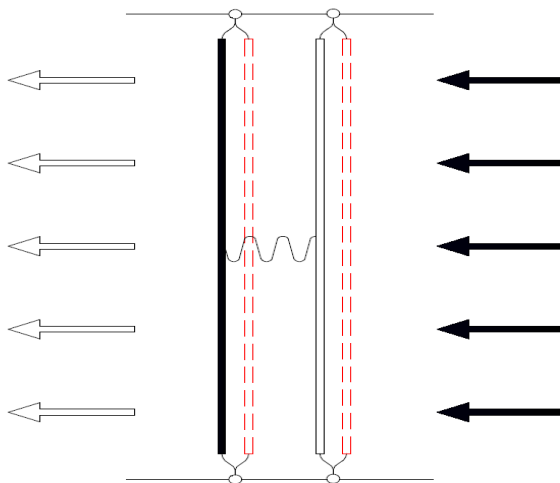
Kaksinkertaisen rakenteen muodostaa kaksi tiivistä toisistaan erillä olevaa seinämää, joiden väliin jää ilmatilaa. Väliin voidaan asettaa myös pehmeää materiaalia, kuten esimerkiksi mineraalivillaa. Kipsilevyseinät koostuvat yleensä rungosta ja levyistä molemmilla puolilla sitä. Kaksinkertaisen seinän äänitekninen toiminta on monimutkaisempaa kuin yksinkertaisen. [15, s. 10.]

Äänenpaine aiheuttaa toiseen seinäpuoliskoon heilahdusliikkeen. Heilahdusliikkeen siirtää nk. ilmajousi, toiseen seinäpuoliskoon. Ilmajouseksi kutsutaan rakenteen sisällä olevaa ilmaa, joka seinärakenteen pullistuessa sitä vasten, siirtää voiman toiselle seinäpuoliskolle. Ilmajousen toiminta on sitä heikompi, mitä löysempi jousi on. Eli mitä suurempi välitila on, sitä huonommin värähtely siirtyy toiselle seinäpuoliskolle. [15, s. 11.]

Kuten yksinkertaisissa rakenteissa, myös kaksinkertaisen rakenteiden osissa niiden massa vaikuttaa värähtelyyn. Mitä painavampi rakenne on, sitä vähemmän se värähtelee. [15, s. 11.]

Kaksinkertaisen rakenteen eristävyys näin ollen on sitä parempi, mitä suurempi on seinäpuoliskoiden massa ja mitä suurempi ilmatila niiden välissä on. Lukuarvallisesti massan kaksinkertaistaminen lisää ääneneristävyyttä n. 9 dB, seinäpuoliskojen etäisyyden kaksinkertaistaminen n. 6 dB. Em. arvot ovat kuitenkin vain suurpiirteisiä, ääneneristävyyteen vaikuttavat myös monet muut tekijät, kuten seinäpuoliskojen jäykkyys, kiinnittyminen toisiinsa sekä ympäröiviltä rakenteilta siirtyvä ääni puoliskolta toiselle. [15, s. 11.]

Kaksinkertaisissa levyrakenteissa välitilaan asennettu mineraalivilla parantaa ääneneristävyyttä 5...10 dB, keskiarvona voidaan pitää 6 dB [15, s. 12.]



Kuva 6. Kuva kaksinkertaisesta seinästä. Seinän rakenteet ja niiden välinen ilma välittävät värähtelyn seinän toiselle puolelle.

5.5 Sivutiesiirtymät

Sivutiesiirtymällä tarkoitetaan äänen siirtymistä muuta kautta kuin tutkitun rakenteen välityksellä. Äänen siirtyminen on hyvin kokonaisvaltainen ilmiö, joten vain yhtä kohtaa tutkimalla ei päästä hyvään lopputulokseen. Äänenpainevaihtelut vaikuttavat jokaiseen kohtaamansa pintaan, ja saa ne värähtelemään. Värähtely johtuu huonetiloja erottaviin

kuin myös sivuaviin rakenteisiin. Mitä parempi varsinainen ääntä eristävä rakenne on, sitä suurempi vaikutus sivutiesiirtymillä on. [15, s. 14.]

Sivutiesiirtymiä voidaan tehokkaasti ehkäistä rakenteiden liitosten suunnittelulla. Sivuvat rakenteet erotetaan toisistaan joustavilla sauma-aineilla, joka estää värähtelyn johtumisen jatkuvaan rakenteeseen. Rakenteiden katkaiseminen on hyvin tehokas tapa katkaista sivutiesiirtymä. Myös säteilyä vähentää rakennetta voidaan käyttää. [15, s15]

5.5.1 Säteilyä vähentävä verhous

Säteilyä vähentävällä verhouksella tarkoitetaan rakennetta, jossa jäykän rakenteen päälle on kiinnitetty taipuisa levy. Taipuisan levyn ansiosta rakenteen äänensäteilykyky heikkenee ja ääneneristävyys paranee. Tällaisen tarkoituksen voidaan käyttää 8...12 mm paksuisia kipsi-, lastu-, tai puukuitulevyjä, 6...10 mm paksuisia selluloosamentti-levyjä tai vaimennusmassalla käsiteltyjä metallilevyjä. [15, s. 13]

Levyt kiinnitetään metallirimoille tai metallirangoille niin että levyn ja jäykän rakenteen väliin jää 30...50 mm väli, johon sijoitetaan pehmeää mineraalivillaa. Levytyksen tulee olla tiivis. Mitä joustavammin ja harvemmin levy on kiinnitetty, sitä paremmin se eristää ääntä. Sopiva kiinnitysrimojen vähimmäisväli on 600 mm. Mitä paksumpi levy on, sitä harvemmassa tulee kiinnityskohtien sijaita. Kiinnitys tulisi tehdä mahdollisuuksien puitteissa rakenteen jäykimpään kohtaan, kuten esimerkiksi palkkiin. [15, s. 13.]

5.6 Rakenteiden tiiveyden vaikutus ääneneristävyyteen

Edellä mainitut lainalaisuudet rakenteen ääneneristävyydestä pitävät paikkansa vain, jos rakenteiden tiiviyys on moitteeton. Useimmat rakennusmateriaalit täyttävät tarvittavat tiiveysvaatimukset, esimerkiksi betoni, tiili, kipsi, lasi, metallit jne. [15]

Kuten edellä mainittiin, on suurin osa yleisesti seinämateriaaleina käytetystä materiaaleista tarpeeksi tiiviitä ääneneristyksenä käytettäväksi. Työn suorituksella on kuitenkin suuri merkitys lopulliseen tiiveyteen. Myös rakenteiden liikkeet saattavat aiheuttaa rakoja seiniin. Reiän tai raon ääneneristävyys on 0 dB. Ohuissa seinissä raon tehonläpäisy voi olla paljonkin suurempi kuin pinta-alan perusteella voisi olettaa. Mitta-

uksissa se on todettu jopa 100-kertaiseksi. Paksummissa seinissä raoissa saattaa syntyä kitkan aiheuttamaa häviötä, jolloin saavutetaan jonkin verran eristävyttä. Eristävyys on kuitenkin hyvin vähäistä, yleensä alle 10...15 dB. Erittäin hyvinkin eristetyin raon eristävyys on yleensä 20...30 dB. Edellä mainituista syistä raot tuleekin tiivistää tarkoituksenmukaisia tiivistekittiä käyttäen. [15, s. 14.]

5.7 Mineraalivilla vaikutus rakenteeseen

Ilmaääntä eristävissä rakenteissa käytetään usein mineraalivillaa ilmapälin vaimennuksena. Käytännössä ääni vaimenee kitkan vaikutuksesta. Värähtely muuttuu mineraalivillassa kitkan vaikutuksesta lämmöksi. Näin lisätään häviötä ilmapälinissä, mikä lisää äänenvaimennusta. [15, s. 209.]

Mineraalivillan tiheys voidaan valita väliltä 15...100 kg/m³. Tavallisesti käytetään pehmeitä mineraalivilloja, joiden tiheys on väliltä 15...40 kg/m³. Kevyemmät villat ovat edullisempia, mutta ne toimivat kuitenkin suhteellisen hyvin. Käytettäessä ohutta mineraalivillaa (30...50 mm) tulisi sen olla kuitenkin painavampaa, esim. 20...60 kg/m³. Käytettävä mineraalivilla on joko lasi- tai kivivillaa. Mineraalivillojen lisäksi voidaan käyttää myös muita absorptiomateriaaleja, kuten esimerkiksi selluvillaa tai avosuoluista vaahtomuovia. Umpisoluinen vaahtomuovi ei kuitenkaan sovellu em. tarkoitukseen. Levyrakenteiden käytössä mineraalivilla saa olla ohuempi kuin välitila, jotta levy ei pullistu väliaineen vaikutuksesta. Yleensä käytettävä mineraalivilla on 10...30 mm välitilaa ohuempaa. Yli 100 mm paksuisia mineraalivillaeristeitä ääniteknisistä syistä ei ole tarpeen käyttää. [15, s. 17-18.]



Kuva 7. Seinän sisään asennettua mineraalivillaa. Kuvan tilanteessa seinän takana on hissikoulu, josta kantautuvaa ääntä pyritään vaimentamaan mineraalivillalla.

5.8 Rakenteen toteutus

Levyrakenteisten rakenneosien yleisin virhe ja ongelma on heikko tiiveys. Huonolla toteutuksella muuten suhteellisen hyvin ääntä eristävä rakenne menettää ääneneristävyydestään huomattavan osan. Tästä syystä rakenteen oikeaan suunnitteluun ja toteutukseen onkin tärkeää panostaa. [15, s. 161.]

Suunnitellessa seiniä, jossa on kaksinkertainen levyverhous, tulee suunnittelijan ottaa kantaa levysaumojen limittämiseen. Yhtenäisten rakojen välttämiseksi levysaumat tulee limittää erilleen toisistaan. Kaikkien levysaumojen takana tulee olla runko kiinnitystä ja mahdollista tiivistystä varten. Tarpeeksi tiheällä kiinnitinvälillä varmistetaan levyjen kunnollinen kiinnittyminen runkoon. [15, s. 161.]

Seinien tuenta on myös järjestettävä niin, että kantavien rakenteiden muodonmuutokset eivät aiheuta rakoja seinärakenteeseen. Esimerkiksi välipohjan taipuman salliva

liitos voidaan toteuttaa jättämällä levyjen ja välipohjan väliin noin 10...20 mm rako. Rako tiivistetään siihen asetettavalla alusnauhalla, ja alusnauhan päälle tulevalla elastisella tiivistysmassalla. [15, s. 167.]

Levyseinän kiinnitys muihin rakenteisiin kuten lattiaan, seiniin, pilareihin, palkkeihin jne. tulee tiivistää huolellisesti. Tiivistys voidaan tehdä sullomalla väliin mineraalivilla tai mineraalivillakaistalla, jonka jälkeen rako tiivistetään siihen soveltuvalla tiivistysmassalla. [15, s. 167.]

6 Kipsilevy ääneneristämisessä

Nykyajan rakentamisessa kipsilevyseinät ja katot ovat hyvin yleisiä. Yleisimmin käytetty väliseinä on joko metalli- tai puurunkoinen, jossa rungon molemmilla puolilla on kipsilevyt. Kipsilevyseinää voidaan pitää kaksinkertaisena rakenteena, jos seinä on tehty kahdella erillisellä rungolla. Jos levyt on kiinnitetty samaan runkoon, voidaan rakennetta pitää osittain kaksinkertaisena rakenteena. Jos runko on joustava ja päällyspevyt taipuisia, voidaan rakenteen katsoa toimivan lähes moitteettomasti kaksinkertaisena rakenteena. [15, s. 12]

Kaksinkertainen kytketty seinä

Kytkeyllä seinällä tarkoitetaan levyseinää, jossa rakenteen molemmilla puolilla olevat levyt on kytketty samaan runkoon. Tässä tapauksessa ääni pääsee liikkumaan runkoa pitkin levystä toiseen. Yleisimmät väliseinät rakennuksissa ovat juurikin kaksinkertaisia kytkettyjä seiniä. [16, s. 74.]

Kaksinkertainen kytkemätön levyseinä

Kun halutaan normaalia seinään parempi ilmaääneneristävyys, voidaan silloin tehdä nk. kaksinkertainen kytkemätön levyseinä. Kahdella erillisellä tai osittain toisiinsa kytketyllä rungolla estetään äänen johtuminen levystä runkoon, ja rungosta seinän toisella puolella olevaan levyyn. Tällä tavoin seinän eristävyys on parempi verrattuna nk. kytkettyyn kaksinkertaiseen seinään [16, s. 74.]

Em. kaltaisten rakenteiden laskennallinen mitoitus on hyvin vaikeaa, eikä yleispäteviä sääntöjä tai diagrammeja voi esittää tiiviisti.

Yleissääntönä voidaan kuitenkin tiivistää:

Kytketyn kaksinkertaisen levyseinän ääneneristävyys paranee, kun

- kytkentöjen (rankojen ja kiskojen määrä) vähenee
- kytkentöjen joustavuus paranee

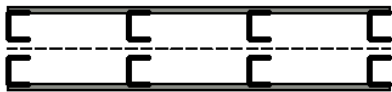
levyn kiinnitys rankoihin heikkenee (ruuvien määrä ja kireys). [15, s. 75.]

Kytkemättömän kaksinkertaisen levyseinän ääneneristävyys paranee voimakkaasti, kun

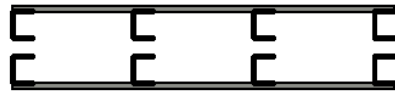
- kokonaismassa kasvaa
- ilmavälin paksuus kasvaa

ilmavälin absorptiomateriaalin määrä kasvaa. [15. s. 75].

Kytkemätön



Heikosti kytketty



Laidoilta kytketty



Kauttaaltaan kytketty



Kuva 8. Kytkemättömässä rakenteessa on kaksi erillistä runkoa, sekä kantavassa rakenteessa on äänen johtumista vähentävä sauma. Heikosti kytketyssä rakenne on muuten sama kuin kytkemätön, mutta kantavassa rakenteessa ei ole äänen johtumista estävää rakoa. Laidoilta kytketyssä pystyrangat on kiinnitetty samaan lattia- ja kattokiskoon. Kauttaaltaan kytketyssä levyt on kiinnitetty kokonaan samaan runkoon. Mitä enemmän levyt on kytketty samaan runkoon, sitä huonommin seinä eristää ääntä. [5, s. 74]

7 Kipsilevylattiat ja katot

7.1 Lattiat

Jos lattiarakenteisiin ei kohdistu suuria pistekuormia, voidaan lattia tehdä kipsilevyistä. Lattioissa käytetään tarkoitukseen suunniteltuja lattiakipsilevyjä. Kipsilevylattia voidaan tehdä useimmille pohjatyypeille, ja suurinta osaa lattiapinnoitteista voidaan käyttää lattiakipsilevyn kanssa. [4, s. 148-155.] Kipsilevylattia on huomattavasti hiljaisempi kuin rakenne, jossa lattiamateriaali on asennettu esimerkiksi vanerilevyjen päälle. Kipsilevylattia ei kopise, toisin kuin em. puulevyjen päälle asennettu lattia. [19]

Lattia voidaan tehdä nk. kaksikerroslattiana tai kolmikerroslevytyksenä. Kaksikerroslattiassa on kaksi lattiakipsilevyä päällekkäin, ristikkäin aseteltuna. Kolmikerroslevytys tehdään, jos halutaan samalla asentaa lattialämmitys. Kahden kokonaisista levyistä tehdyn kerroksen väliin asennetaan lattialämmitys ja kipsilevysuikaleita muodostamaan ontelot, jossa lämmityselementit kulkevat. Molemmissa edellä mainituissa tapauksissa pohjimmaisat lattialevyt ruuvataan harvalaudoitukseen kiinni. Lattialevyjen saumat limitetään vähintään 300 mm välillä. [4, s. 148-155.]

Kipsilevylattia voidaan tehdä monesti puisen välipohjan päälle, jolloin lattiarakenteen massa jää hyvin vähäiseksi. Ääntä eristävän massan puuttuessa on hyvä kiinnittää huomiota oikeanlaiseen rakennustapaan ja huolelliseen ääneneristyksen suunnitteluun.

Kevyiksi välipohjiksi määritellään rakenteet, joiden kantavana rakenteen ovat teräsprofiilit, puuvasat, puuristikot tai vastaavat rakenteet. Tällaisten välipohjarakenteiden massa on kaikkine rakennekerroksineen tavallisesti alle 100 kg/m². Kevyiden välipohjarakenteiden askelääneneristys ei siten perustu ainoastaan rakenteiden massaan ja lattiapäällysteisiin kuten massiivisissa lattioissa. Kevyiden välipohjarakenteiden ääneneristävyyttä voidaan tehostaa akustisesti toisistaan irti olevilla levykerroksilla. Alhaisia askeläänitasoja tavoiteltaessa kevyet välipohjat koostuvat seuraavista rakennekerroksista [15, s. 126-127.]:

- kelluva lattia, joka voi olla betoni- tai levyrakenteinen

- kantavan rakenteen päällä oleva rakennuslevy tms.
- kantavat palkit, vasat yms., joiden välissä on absorboivaa materiaalia
- joustavasti ripustettu alakatto.

Rakenteen korkeudella voidaan vaikuttaa rakenteen askeläänieristävyytten. Korkeutta kasvattamalla rakenteesta tulee jäykempi, jolloin se värähtelee myös vähemmän. Kantavan rakenteen väliin jäävään tilaan voidaan sijoittaa ääntä absorboivaa materiaalia, jolla voidaan vaimentaa kaiuntaa. Yleisesti käytetty paksuus kaiuntaa vaimentavalle materiaalille on vähintään 100 mm. [15, s. 126-127.]

7.2 Tärinäneristys kipsilevylattioissa

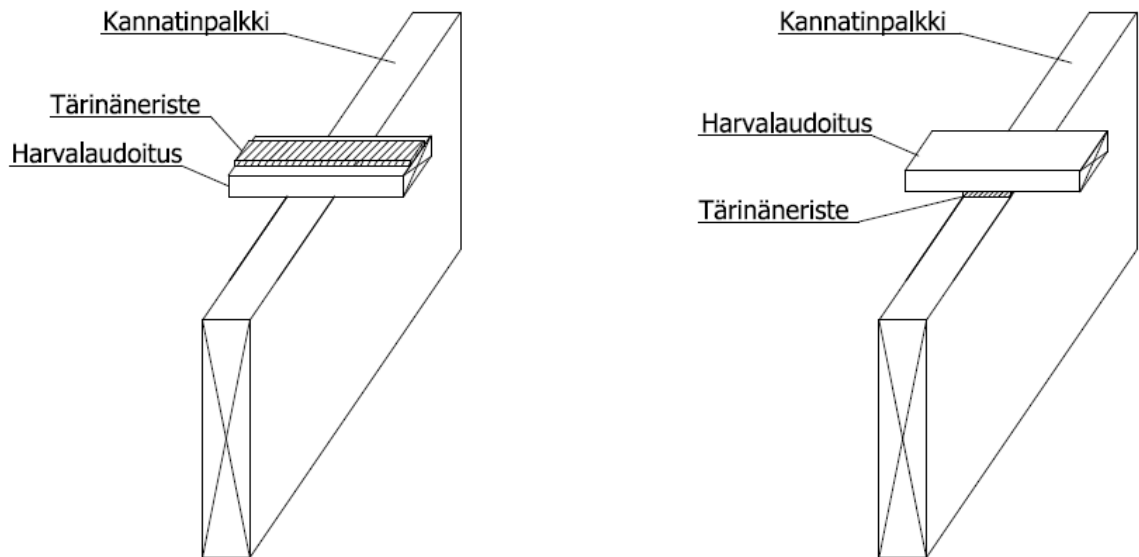
Askelääntä eristävä tärinäneristys on suhteellisen helppoa ja edullista toteuttaa tärinäneristysmateriaaleilla. Materiaali vaimentaa lattialevyistä johtuvaa tärinään, ja estää sen johtumista muihin kantaviin rakenteisiin. Kun lattia on tärinäneristeiden päällä, kutsutaan sitä *kelluvaksi lattiaksi*. Kelluvia lattioita suunnitellessa tulee kuitenkin huomioida, että kelluvaa osaa lattiasta ei voida huomioida millään tavoin jäykistäväksi.

Tärinäneristysmateriaali voidaan sijoittaa joko harvalaudoituksen alle tai päälle. Käytettäessä kannatinpalkkien päällä levyrakennetta sijoitetaan tärinäneriste kaistamaisena kannatinpalkin päälle. Tärinäneristysmateriaaleina voidaan käyttää esimerkiksi mineraalivillaa tai Sylomeria. Työtekniisesti kuitenkin harvalaudoituksen ja kannatinpalkin väliin asennettava tärinäneriste on haastavampi asentaa. Vaikka materiaalikuluisa saatetaan saavuttaa säästöjä, menee materiaalin paloitteluun ja asentamiseen kuitenkin pidempi aika kuin kaistoittain asennettavan materiaalia käytettäessä.

Asennettaessa tärinäneristysmateriaali harvalaudoituksen ja lattiakannattajan väliin, kuluu sitä huomattavasti pienempi määrä verrattuna harvalaudoituksen päälle asennettavaan tärinäneristykseen. Kuitenkin kuten jo edellä mainittiin, on kannatinpalkin ja harvalaudoituksen väliin asennettava tärinäneriste työtekniisesti kalliimpaa.

Tärinäneristyskaistaleen koko ja tyyppi valitaan siihen kohdistuvien kuormien mukaan. Luonnollisesti kannatinpalkin ja harvalaudoituksen väliin asennettavan tärinäneristysmateriaalin on oltava kovempaa kuin harvalaudoituksen päälle asennettava materiaali.

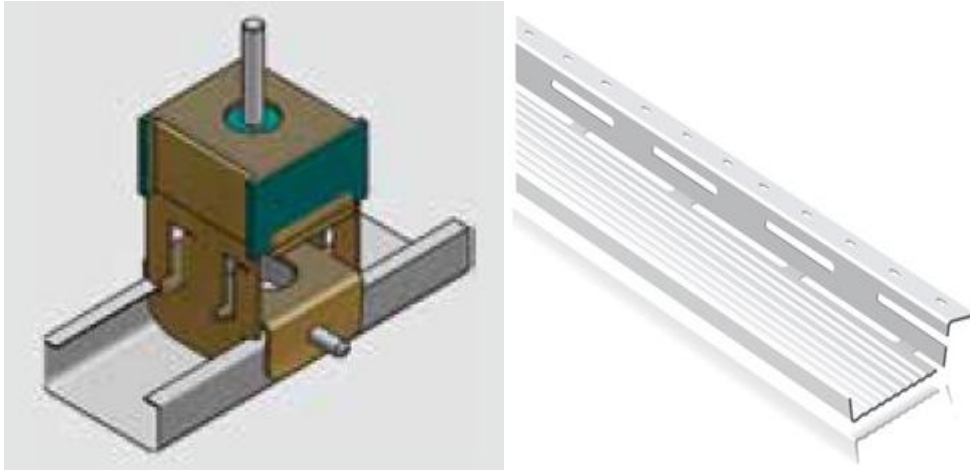
Mitä suurempaa kuormaa materiaali kestää, sitä kalliimpaa se myös on. Näin ollen materiaalin määrällä saavutetut säästöt voivat huveta työkustannuksiin ja kalliimpaan, suurempaa kuormaa kestävään tärinäneristeeseen.



Kuva 9. Kuvassa vasemmalla on rakenne jossa tärinäneristysmateriaali on sijoitettu levyä tukevan harvalaudoituksen päälle. Oikealla kuvassa eristys on sijoitettu harvalaudoituksen ja kannatinpalkin väliin.

7.3 Sisäkatot

Lattioiden tärinä aiheuttaa välipohjassa olevan alemman kerroksen kattolevyihin, josta ääni taas siirtyy ilmaan. Minimoimalla kattolevyn värähtelyä vähennetään siis huoneeseen ylemmästä kerroksesta kantautuvaa askelääntä. Markkinoilla on erilaisia ratkaisuja kattolevyn joustavaan kiinnitykseen. Yleisesti käytetty akustinen jousiranka on joustava metalliprofiili, joka nimensä mukaisesti joustaa vaimentaen levyn värähtelyä. [17.] Saatavilla on myös monimutkaisempia tärinäneristysmateriaaleilla varusteltuja kiinnitysosia [18].



Kuva 10. Vasemmalla kuva SYLOMER-tärinäneristeellä varustetusta ääntä vaimentavasta sisäkaton kannattajasta. Oikealla kuva sisäkattoa kannattelevasta jousirangasta. [20] [21]

8 Detaljit ja työselitykset

Paloeristäminen

EI 30 luokan osastoiva seinä

EI 30 paloluokan vaatimukset saavutetaan käytettäessä normaalia 13 mm paksua kipsilevyä. Rungon molemmin puolin asennetut levyt muodostavat riittävän tiiviin ja eristävän osastoivan seinän. On myös mahdollista asentaa kaksi kipsilevyä päällekkäin vain toiselle puolelle runkoa. Tällöin rakenne voidaan katsoa myös luokan EI30 vaatimukset täyttäväksi. Ruuvausetäisyys levyn keskellä on 300 mm ja levyn reunoilla 200 mm.

EI 60 luokan osastoiva seinä

Paloluokan EI60 vaatimukset täyttäviä rakenteita on mahdollista tehdä useammalla eri tavalla. Rakenteessa voidaan käyttää normaalia 13 mm paksuista kipsilevyä tai vaihtoehtoisesti 15 mm paksuisia palokipsilevyjä.

Toteutettaessa rakenne normaalilla kipsilevyllä, tulee rungon molemmin puolin 2 kpl 13 mm kipsilevyjä. Levyjen väliin jäävässä tilassa on kivivillaa. Kivivillan tulee osastoivan

rakenteen hyväksynnässä määritellyn tyyppistä. Levyjen pystysaumamat eivät saa olla päällekkäin, vaan levyt tulee limittää. Pystysaumojen välinen vähimmäisetäisyys on 300 mm. Rungon lattia- ja kattokiskot ovat vähintään 66 mm leveitä teräsrankoja. Kiskot on kiinnitetty lattiaan kiinnikevälillä k1000 ja kattoon kiinnikevälillä k500.

Mahdollisten rasioiden tai muiden asennusten tulee kestää paloa vähintään yhtä pitkään kuin itse osastoiva seinä. Kojerasioista ja muista asennuksista lisää luvussa *Kojerasiat osastoivassa seinässä.*

Ruuvausetäisyys levyn keskellä on 300 mm ja levyn reunoilla 200 mm. Alempi levy voidaan kiinnittää runkoon ruuvijaolla k600. Alemmassa levyssä käytettävät ruuvit ovat pituudeltaan teräsrankaisessa seinässä 35 mm, puurankaisessa 45 mm. Pintalevyssä teräsrankaisessa seinässä ruuvien pituus on 51 mm, puurankaisessa 55 mm [16.]

Käytettäessä palokipsilevyä, EI60 paloluokan vaatimukset saavutetaan käyttämällä vain yhtä levyä rungon molemmin puolin. Levyjen väliin jäävään tilaan asennetaan palovillaa.

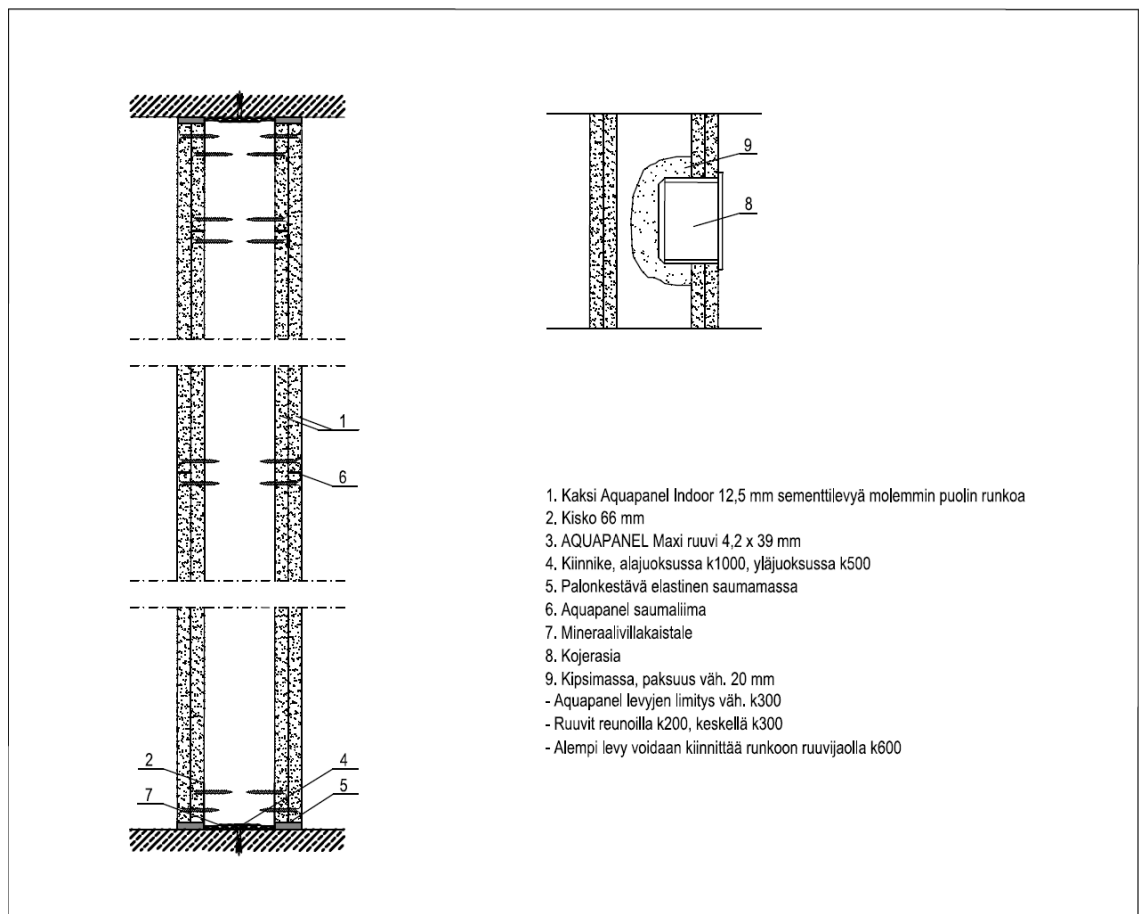
EI 90 luokan osastoiva seinä

EI 90 paloluokan vaatimukset täyttävä rakenne voidaan tehdä käyttämällä palokipsilevyjä tai Aquapanel sementtilevyjä.

Palokipsilevyjä käytettäessä rungon molemmille puolille asennetaan kaksi kappaletta palokipsilevyjä. Levyjen väliin jäävä tila täytetään palokivivillalla.

Sementtilevyn paksuus on 12,5 mm. Rungon molemmin puolin asennetaan 2 kpl Aquapanel-sementtilevyjä. Levyjen pystysaumamat limitetään vähintään 300 mm. Lattia- ja kattokiskojen ja kantavan rakenteen väliin asetetaan kivivillasuikale, jonka tarkoituksena on tiivistää kiskon ja pinnan väliset raot. Levyjen ylä- ja alapäähän jätetään riittävästi rakoja, joka täytetään paloa kestäväällä elastisella kitillä. Ilman kittiä on tiivis sauma pinnan ja levyn väliin lähes mahdotonta saavuttaa. Osastoivan seinän päihin asennetaan seinäkiskot, jolla ko. seinä kiinnittyy muihin osastoiviin seiniin. Seinän toisen pään seinäkiskon ja seinän, johon kisko kiinnitetään, väliin asetetaan paksumpi kivivillakaista. Seinän kuumentessa rakenteet voivat laajentua, jolloin mineraalivillakaista

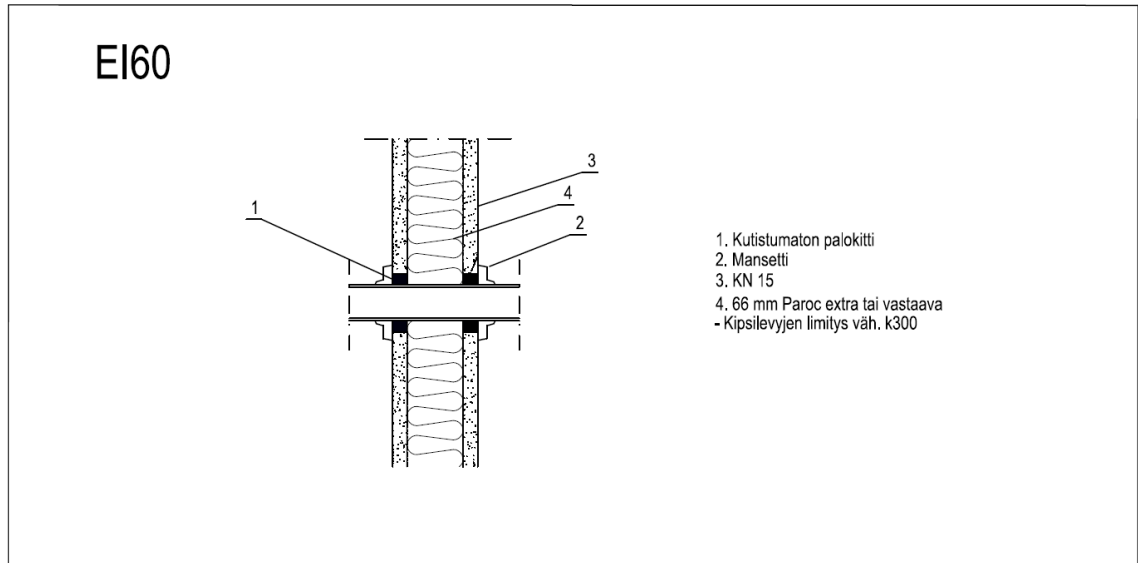
painuu pitäen liitoksen tiiviinä. Lattiakiskot kiinnitetään kiinnikejaolla k1000, kattokiskot kiinnitinvälillä k500.



Kuva 11. EI 90 luokan osastoiva seinä, Aquapanel.

Läpiviennit

Läpiviennit tulee tiivistää asianmukaisesti. Hieman väljä reikä on helpompi tiivistää kuin liian ahdas. Vaaditun palonkestoajan takaamiseksi tulee tiivistämisessä aina käyttää asianmukaisia tiivistysmassoja. Suunnittelussa tulee huomioida palotilanteessa putkea pitkin johtuva lämpö. Vaikka tiivisteet pysyisivät määrätyn ajan ehjinä, voi putki kuumeta vaarallisen kuumaksi ja levittää palon rakenteen toiselle puolelle.



Kuva 12. Putken läpivienti, EI 60

Kojerasiat osastoivassa seinässä

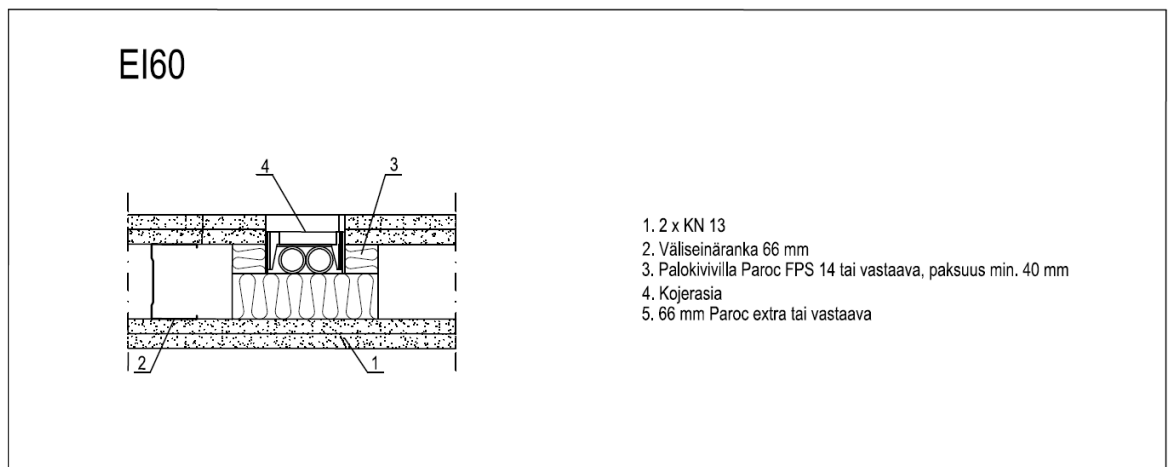
Johdot valaistuksen kytkimille viedään hyvin usein kipsilevyseinän sisällä olevassa onte-
 lotilassa. Tästä johtuen on hyvin yleistä, että myös osastoiviin seiniin tulee kojerasioita.
 Seinään asennettavien varusteiden tulee kuitenkin kestää paloa seinältä vaaditun ajan.
 Ratkaisuna näille vaatimuksille voidaan käyttää joko valmiita sähkötarvikkeiden valmis-
 tajiin tuotteita, tai varmistaa palonkesto lisäeristämällä.

Markkinoilla on sähkötuotteiden valmistajien kehittämiä ratkaisuja. Kojerasialle on
 määritelty palonkesto aika, jonka se oikein asennettuna vähintäänkin kestää. Esimerkik-
 si Schneider Electric:in valmistamassa palorasiassa on tiiviste palotilannetta varten.
 Palotilanteen sattuessa rasiassa oleva tiiviste paisuu estäen tulta leviämästä rasi-
 an kautta. Palorasioilla täytetään jopa EI 90 paloluokan vaatimukset. Kattorasioissa
 päästään EI 60 vaatimusten tasolle.



Kuva 13. Havainnekuva Schneider Electric:in valmistamasta palorasiasta. [22]

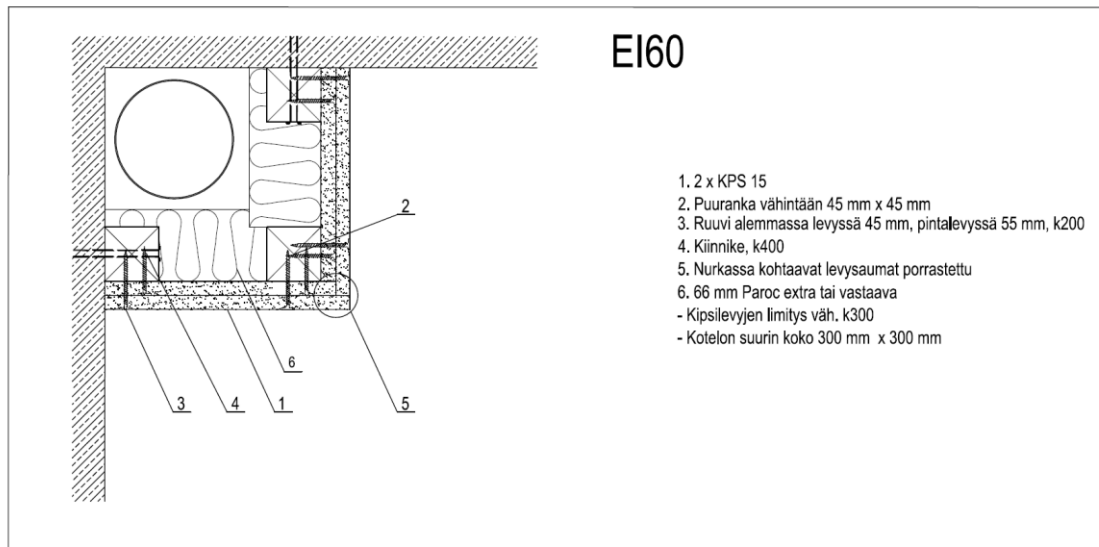
Kojerasian lisäeristäminen voidaan tehdä myös erillisestä eristeestä. Rasia ympäröidään tiheällä palokivivillalla, mikä estää tulen leviämistä vaikka rasia pääsisikin sulamaan. Rasiasta lähtevät sähköputket tiivistetään palomassalla tiiviiksi.



Kuva 13. Kojerasia ympäröity tiiviimmällä palovillalla.

Kotelot

Jotta palo ei pääsisi siirtymään tilasta toiseen koteloiden pitkin, pitää myös ne tehdä vaaditun paloluokan vaatimusten mukaisiksi. Koteloiden toteuttamisessa pätevät samat periaatteet kuin seiniä suunniteltaessa. Kotelon runko voidaan tehdä joko puusta tai erilaisista metallituotteista. Metallin ollessa runkorakenteen materiaali käytetään yleensä erilaisia teräsrankoja tai kulmarautoja. Kun kotelossa on vain yksi kerros KPS 15 -levyä, ei sen sivumitat saa ylittää 300 mm. Palotilanteessa pintakartongin palaessa pois, vaakasuoraan asennetun palokipsilevyn lujuus ei riitä yli 300 mm leveän levyn koossa pysymiseen.



Kuva 14. Seinän ylänurkassa sijaitseva kotelo, EI 60

8.1 Äänitekniset ratkaisut

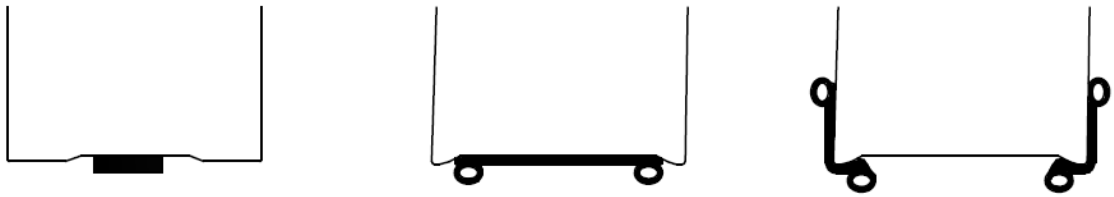
Verrattuna massiivisiin betoni- tai muurattuihin seiniin, on kipsilevyrakenteinen seinä suhteellisen kevyt. Tästä syystä kipsilevyrakenteisissa seinissä tulee ääneneristävyyteen kiinnittää erityistä huomiota. Asiasta tekee monimutkaisen kuitenkin se, että ääneneristävyys on monesta eri asiasta koostuva kokonaisuus. Ydinkohtina rakenteen hyvään ääneneristävyyteen vaaditaan kolme asiaa [19.]:

- rakenteen tiiveys
- sivutiesiirtymien huomioiminen ja mahdollisimman hyvä poistaminen

- rakenteen suunnitelmien mukainen ja huolellinen toteutus.

Rakenteen tiiveys

Avainasemassa rakenteen ääneneristyksen kannalta on sen tiiveys. Ääneneristävyys huononee jo pienienkin rakojen vaikutuksesta. Lattia- ja kattokiskojen ja kiinnityspinnan välistä tiiveyttä voidaan parantaa rangoissa kiinni olevilla, tai niihin asennettavilla tiivisteillä. Joustava materiaali mukautuu alustan epätasaisuuksiin ja tiivistää raon. On kuitenkin huomattava, että alustan tulee olla suhteellisen tasainen. Rakennustyömailla harvoin pinta on niin tasainen, jotta rangoissa olevat tiivisteet saisivat rakenteesta riittävän tiiviin. Tarpeeksi tasaisena pintana voidaan pitää esimerkiksi tasaista lattiamattoa, mutta esimerkiksi betonipinta on helposti liian epätasainen riittävän tiiveyden saavuttamiseksi. [19.]



Kuva 15. Kuvassa on esitelty erilaisia tiivistetyyppejä. [23]

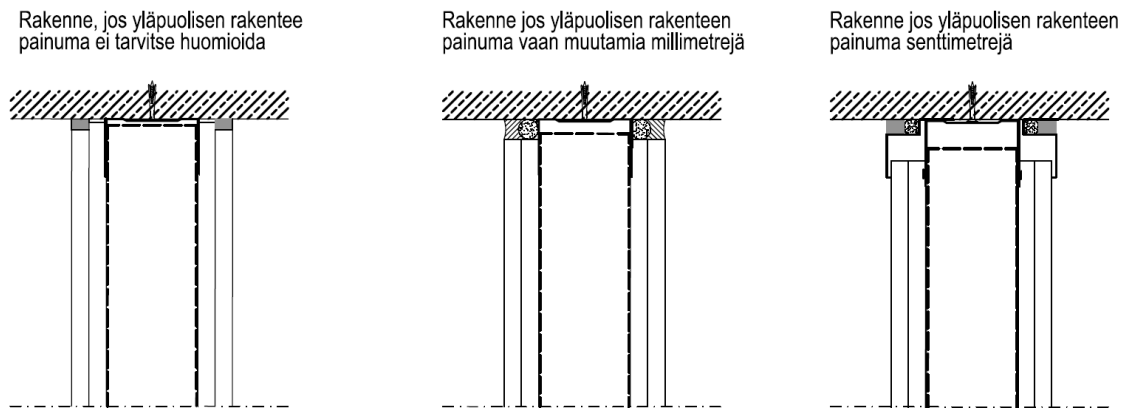
Yläpuolisen rakenteen taipuma ja kipsilevyseinä

Tiiviin rakenteen saavuttamiseksi paras tapa on kitata saumat, josta ääni voi päästä rakenteen läpi. Rakennetta suunniteltaessa pitää piirustuksiin piirtää selkeästi levyjen reunoille raot, kooltaan n. 5...10 mm. Tarpeeksi suuri sauma takaa raon helpon tiivistämisen. Liian pieni rako on helppo peittää kitillä, mutta kittikerros jää usein aivan liian ohueksi. Vaikka kipsilevy ei muuta suuresti muotoaan lämmön- ja kosteudenvaihtelun seurauksena, pienikin muodonmuutos rikkoo ohuen sauman ja rakenteen ääneneristävyys heikkenee.

Rakojen täyttämiseen tulisi käyttää joustavaa materiaalia, joka kestää pieniä muodonmuutoksia. Jos oletettavissa ei ole suurta muodonmuutosta saumassa, kelpaa

esimerkiksi akryylikitti tiivistämiseen. Jos liikkeen oletetaan olevan suuri, silikoni on sopiva materiaali saumausaineeksi.

Jos seinän yläpuolella oleva väli- tai yläpohja pääsee taipumaan suuresti, tulee seinän yläpään liitos tehdä niin, että se sallii rakenteen liikkumisen. Suuria taipumia voi ilmetä esimerkiksi pitkän ontelotaatan ollessa välipohjana. Tässä tapauksessa levyjen yläpäähän jätetään reilu rako, joka tiivistetään joustavalla saumamassalla. Kattokisko ja seinärankoja ei liitetä toisiinsa kiinnikkein, jolloin kattokiskon liikkuminen on mahdollista. Myöskään kipsilevyä ei kiinnitetä kattokiskoon, vaan kattokisko toimii ainoastaan seinärankojen sivuttaistukena. [19.]



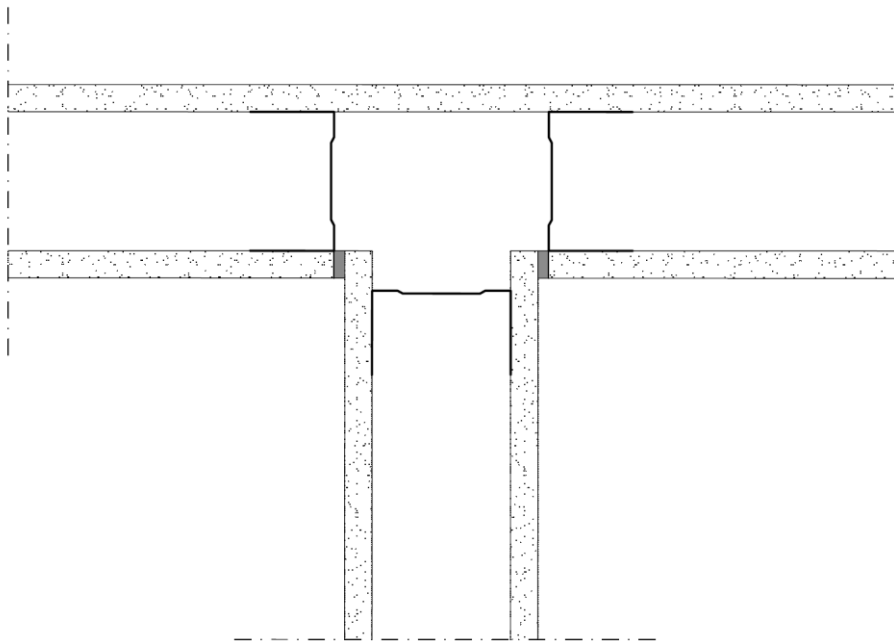
Kuva 16. Kuvassa näkyy kolme erilaista rakenneratkaisua. Rakenne valitaan oletetun yläpuolisen rakenteen taipuman mukaan. Oikealla tavalla liikettä salliva rakenne pitää ääneneristävyytensä saumakohdista vaikka yläpuolinen rakenne painuisi. Oikeassa reunassa olevassa ratkaisussa levyjen yläpäässä on erillinen metalliprofiili, joka peittää raon. Levyn ja kattokiskon välissä on tiivistenauha. [16.]

Läpiviennit

Kipsilevyseinän läpiviennit tulee tiivistää huolellisesti. Jos kipsilevyseinän läpi viedään esimerkiksi useampia johtoja, tulee ne asettaa läpiviennissä rinnakkain yhteen tasoon. Useamman johdon nippu on lähes mahdotonta tiivistää onnistuneesti. Johtojen väliin jää koko rakenteen läpi meneviä aukkoja, josta ääni pääsee siirtymään toiselle puolelle rakennetta. [19.]

Sivutiesiirtymät

Myös sivutiesiirtymät tulee huomioida suunnitelmissa. Jollei rakennetta katkaista kriittisistä kohdista, pääsee ääni kantautumaan rakenteen ohitse toiselle puolelle. Mitä parempi seinän eristävyys on, sitä enemmän sivutiesiirtymän kautta kantautuva ääni vaikuttaa ääneneristävyyteen. [16.]



Kuva 17. Kuvan mukainen väliseinän liitos tehdään yleensä jatkuvana, jolloin kuvassa vaakasuoraan kulkevat levyt ovat yhtenäisiä. Kuvassa levy on katkaistu, ja siihen liittyvän seinän levyjen välit on kitattu joustavalla saumamassalla.

Jos kuvassa 18 esitellystä rakenteesta haluttaisiin poistaa vielä rankojen aiheuttama sivutiesiirtymä, voitaisiin kuvassa näkyvät rangat korvata kulmaprofiileilla. Tällöin vie-

rekkäisten huoneiden sisäseinät eivät ole toisissaan kiinni, ja sivutiesiirtymän vaikutus vähenee. [19.]

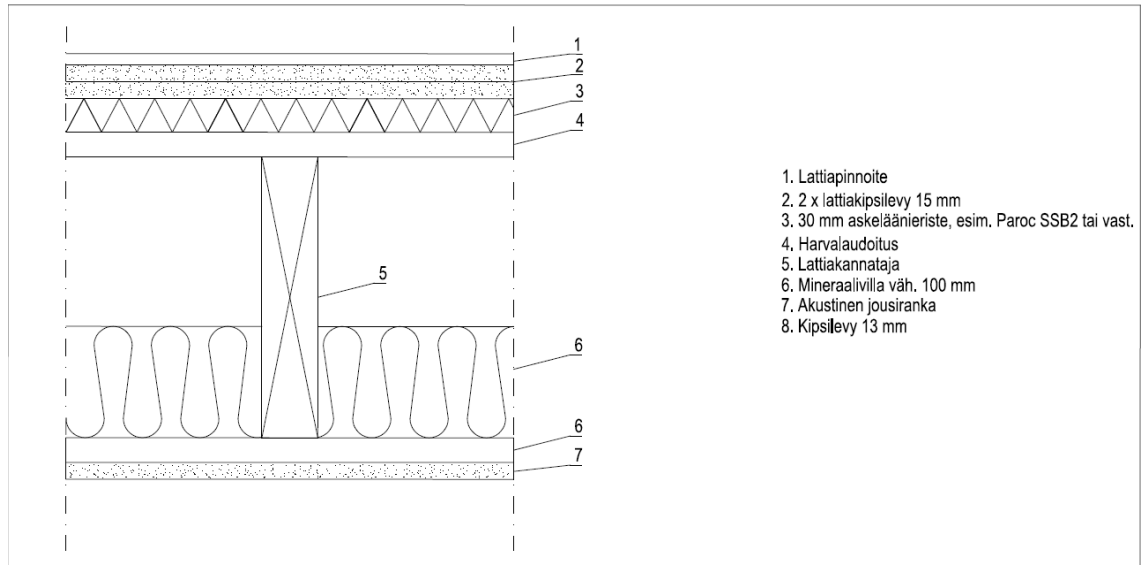
Runkorakenne

Seinän runkorakenteella on myös olennainen vaikutus koko seinän ääneneristävyyteen. Puinen seinäranka on huomattavasti metallista rankaa jäykempi, jolloin se myös johtaa paremmin ääntä. Metalliranka värähtelee äänen kohdistuessa kipsilevyyn, ja vähentää äänen johtumista rakenteen toiselle puolelle. [19] Markkinoilla on saatavissa erilaisia profiileja, jotka on muotoiltu joustaviksi ja täten äänen johtumista vähentäviksi.

Lattiarakenteet

Kuten luvussa 7.2 todettiin, tärinäneristettä ei välttämättä kannata asentaa harvalaudoituksen ja lattiakannattajan väliin. Hyvä ratkaisu käytettäessä harvalaudoitusta on mineraalivilla. Harvalaudoitusten jako mitoitetaan niin, että mineraalivillan kuormitus on optimaalinen. Mineraalivillan kuormitusrajat eivät likimainkaan ylity normaaleissa asuinrakennuksissa. Kuitenkin, mitä kovemmin mineraalivilla on kuormitettu, sitä paremmin se eristää ääntä. Tästä syystä pääkannattajien päällä ei käytetä esimerkiksi vaneria, vaan harvalaudoituksella saadaan villalle suurempi kuormitus kuormitettua pinta-alayksikköä kohden. Eli siis suurentamalla villalle kohdistuvaa kuromaa, parannetaan sen toimintaa ääneneristyksessä.

Kun kipsilevyjen alla päätetään käyttää esimerkiksi vaneria tai lastulevyä, kannattaa tärinäneriste sijoittaa kaistana lattiakannattajan ja levyn väliin. Tällöin asentaminen on helppoa ja nopeaa.



Kuva 18. Kuvassa lattiarakenne, jossa tärinäneristeenä käytettävä mineraalivilla on harvalaudoituksen päällä.

Kojerasiat

Valokytkimet ja rasiat yksittäin eivät heikennä ääneneristävyyttä olennaisesti. Kuitenkin rasioiden sijoittelua samoille kohdille molemmin puolin seinää tulisi välttää. Jos kuitenkin rasiat on asennettava samaan kohtaan molemmin puolin seinää, voidaan rasioiden välissä käyttää ylimääräistä levyä estämässä äänen suoraa kulkeutumista kojerasian reiästä toiselle puolelle seinää. Myös rasian kiinnittämistä seinän molemmille puolille tulisi välttää. Rasian yhtenäinen kiinnitys välittää ääntä levystä toiseen. [19.]

Säteilyä vähentävä verhous

Luvussa 5.5.1 käsiteltiin säteilyä vähentävää verhousta. Säteilyä vähentävä verhous on erinomainen tapa korjauskohteissa. Verhous on hyvin kevytrakenteinen, vain vähän tilaa vievä, sekä suhteellisen edullinen rakentaa. Säteilyä vähentävän rakenteen voi rakentaa lähestulkoon minkä tahansa seinärakenteen päälle. Normaali 13 mm paksua kipsilevyä voidaan käyttää säteilyä vähentävän verhouksen materiaalina. [19.]

Rakennustyö

Suunnitelma voi vaikutta hyvältä paperilla, mutta sen oikea laatu selviää vasta rakennusvaiheessa. Liian monimutkaista suunnitelmaa on vaikea, tai jopa mahdoton toteuttaa. Suunniteltaessa rakenteita tulisi suunnittelijan pohtia, onko rakenne helposti toteutettavissa. Työntekijä ei välttämättä aina ilmoita suunnittelijalle suunnitelmien toteuttamiskelpoisuudesta, vaan tekee työn itselleen helpommalla tavalla. Tällaisista ratkaisuista syntyy yleensä rakenteita, jotka eivät toimi toivotulla tavalla.

Ääniteknisten rakenteiden rakennustöitä aloitettaessa tulisi urakoitsijan taitotaso ko. rakenteiden toteuttamisessa kartoittaa. Suunnittelun lopputuloksen saavuttamiseksi olisi hyvä järjestää yhteiskatselmus vähintäänkin urakoitsijan, suunnittelijan sekä työnjohdon kanssa. Kun työntekijä ymmärtää, kuinka rakenne tehdään ja työnjohtaja tietää mitä asioita valvoa, saavutetaan hyvä lopputulos. [19.]

9 Yhteenveto

Suomen rakentamismääräyskokoelmissa on asetettu erilaisia vaatimuksia käytettäville rakenteille. Suunnittelijalla on velvollisuus suunnitella rakenteet vaatimusten mukaisiksi.

Avain kipsilevyrakenteiden erikoisdetaljien hyvään suunnitteluun ja toteuttamiseen on kokonaisuuden hallitseminen. Itse kipsilevyn merkitys rakenteessa on hyvinkin olennainen, mutta sen ei vie suunnittelussa suurtakaan työmäärää. Kipsilevyn laadulla ja kappalemäärällä pystytään vaikuttamaan rakenteen palonkestoon ja ääneneristävyyteen. Rakenteen suunnittelussa tulee kuitenkin huomioida muitakin asioita, kuten paloeristeen käyttäminen, rankojen koko, läpiviennit, sähköasennukset ja rakenteen tiivistäminen. Rakenteen toteuttamisessa tulee noudattaa erityistä huolellisuutta, koska pienetkin virheet voivat heikentää rakenteen toimintaa palotilanteessa.

Suomen yleiset vaatimukset rakenteiden äänitekniselle toiminnalle ovat maailman vaativimmat. Tiukkojen vaatimusten lisäksi suunnittelua ei helpota se, että ääniteknisesti levyrakenne on haastava suunniteltava. Pelkästään runkotyyppejä on useita erilaisia, jotka vaikuttavat suuresti rakenteen ääneneristävyyteen. Suhteessa massiivisiin rakenteisiin, on kipsilevyseinä hyvin kevyt ja monimutkainen suunnitella. Ääneneristävyyteen vaikuttaa mm. käytettävä runkotyyppi, levyjen ominaisuudet ja määrä, seinän paksuus, mineraalivillan käyttäminen, tiivisteet ja rakenteen yleinen tiiveys. Suunnitellessa tuleekin päättää käytettävät rakenteet ja rakenneosat rakennuskohteen vaatimusten mukaan.

Kuten paloeristämisessä, on myös ääneneristämisessä toteutuksella kriittinen merkitys rakenteen toiminnan kannalta. Pienillä virheillä voidaan pilata hyvin suunniteltu rakenne.

Suunnittelusta ei kuitenkaan tarvitse tehdä tarkoituksellisesti hankalaa, vaan suunnittelijan kannattaa käyttää hyväkseen erilaisia materiaalivalmistajien rakenneratkaisuita. Materiaalivalmistajat ovat laatineet valmiita rakennekokonaisuuksia, jotka sisältävät ratkaisut niin palo- kuin äänitekniisten vaatimusten täyttämiseksi. Tämän työn tuloksen piirrettiin erilaisia detaljeja, jotka menevät Knauf Oy:n käyttöön. Piirretyt detaljit ovat tämän työn liitteinä.

Lähteet

- 1 Kaila, Panu. 1997. Talotohtori: Rakentajan pikkujättiläinen. Porvoo: WSOY
- 2 Webmineral. [Verkkodokumentti]. (<http://webmineral.com/data/Gypsum.shtml>) luettu 14.3.2011
- 3 Knauf Oy. Max Tollander de Balsch. 4.4.2011
- 4 Knauf Oy. Knauf tuotteet ja järjestelmät -käsikirja.
- 5 E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2002. Rakennusten paloturvallisuus, Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.
- 6 Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa. 2003. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.
- 7 Gyproc Oy. Verkkojulkaisu. (<http://www.gyproc.fi/fi/Palositivusto/Tulipalot/Standardipalo/>). Luettu 11.4.2011
- 8 Janne Katajamäki, Ari Kurth, Jouko Manninen. Asuinrakennusten palo-osastointi [Verkkojulkaisu]. http://www.tkk.fi/Yksikot/Talo/opetus/Patuper/2005/Seminaarit/JKAKJM/Asuinrakennusten_palo-osastointi.ppt (luettu 31.3.2011)
- 9 Sähkötarkastusyhdistys ry; *Sähköiset paloriskit ja niiden hallinta*. 2. painos 2003 [Verkkojulkaisu]. (http://www.saty.fi/Tiedostot/Sahkopeto/Sahkoiset_paloriskit_ja_niiden_hallinta.pdf). Luettu 24.3.2011
- 10 C.N. Ang, Y.C. Wang. 2007. Effect of moisture transfer on specific heat of gypsum plasterboard at high temperatures. *Construction and Building materials*, 23(2)
- 11 Knauf Oy. Verkkojulkaisu. (http://rakennusjarjestelmat.knauf.fi/physics/ph_fire/products.html). Luettu 8.4.2011.
- 12 Paroc Oy. [Verkkojulkaisu]. (http://www.paroc.com/spps/Finland/BI_attachments/PAROC_kivivillaesite_www.pdf). Luettu 27.03.2011.
- 13 Knauf Oy. [Verkkojulkaisu]. (<http://rakennusjarjestelmat.knauf.fi/products/boards/cement/indoor/index.html>) . Luettu 01.04.2011.
- 14 C1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1998. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

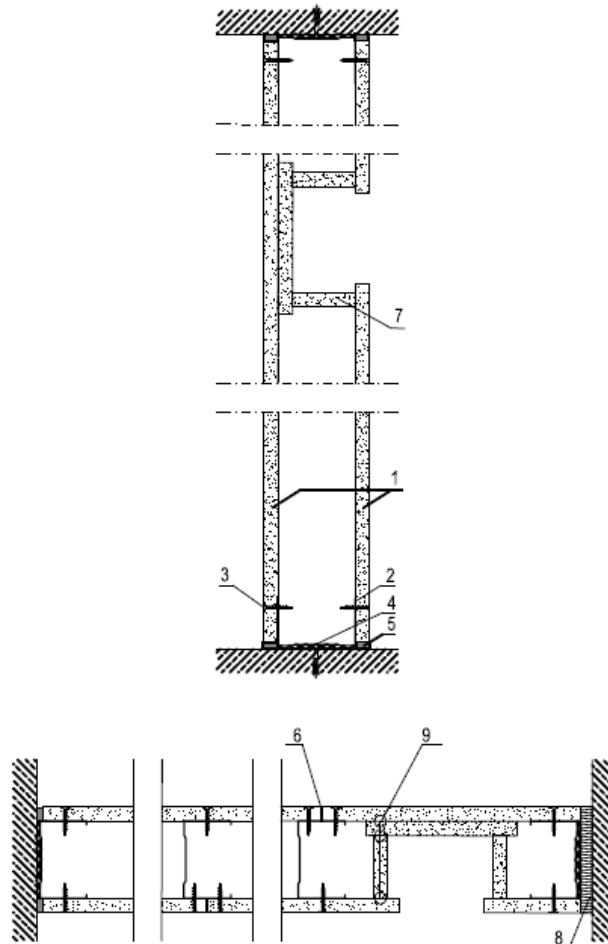
- 15 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2007. RIL 243-1-2007, Rakennusten akustinen suunnittelu, akustiikan perusteet.
- 16 Alpo Halme, Eija Halme-Salo. 2003. RIL 129, Ääneneristyksen toteuttaminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- 17 Gyproc Oy. Verkkodokumentti. (<http://www.gyproc.fi/download.aspx?intFileID=613&intLinkedFromObjectID=9984>). Luettu 1.4.2011.
- 18 Christian Berner Oy. Verkkodokumentti. (<http://www.cboy.com/?id=23772>). Luettu 1.4.2011.
- 19 Alpo Halme. 13.4.2011 ja 14.4.2011. Keskustelu.
- 20 Kuva. Verkkodokumentti. (http://www.mecanocaucho.com/docs/es/productos/akustik_sylomer/catalogo.pdf) s.11. Tallennettu 5.4.2011
- 21 Kuva. Verkkodokumentti. (<http://www.drywallsteelsections.co.uk/products/mf-ceiling-components/resilient-bar/>) Luettu 5.4.2011.
- 22 Schneider Electric Oy. Verkkodokumentti. (<http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductGroup.aspx?groupid=153503&navid=22199&navoption=1>) Tallennettu 5.4.2011.
- 23 Inlook Oy. Verkkodokumentti. (http://www.inlook.fi/files/987/Valiseinarangat_listat_ja_tiivisteet.pdf). Luettu 15.4.2011.

Osastoiva seinärakenne, AQUAPANEL

EI KANTAVA, TERÄSRANKA

EI 30

Liite



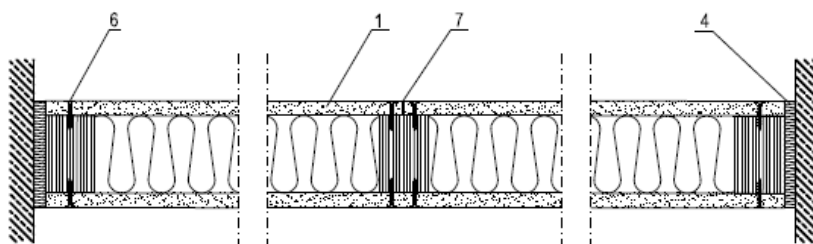
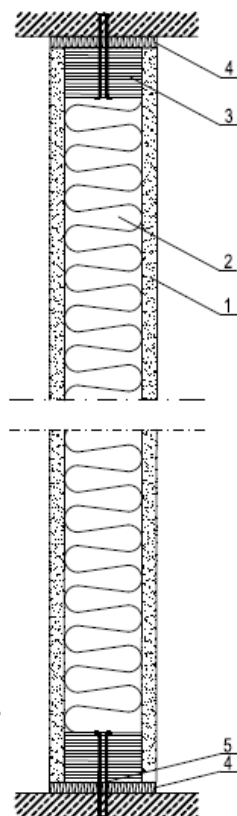
- 1, Aquapanel Indoor sementtilevy 12,5
 - 2, Kisko 66 mm ja teräsranka 66 mm
 - 3, AQUAPANEL Maxi ruuvi 4,2 x 39 mm
 - 4, Kiinnike, alajuoksussa k1000, yläjuoksussa k500
 - 5, Palonkestävä elastinen saumamassa
 - 6, Aquapanel saumaliima
 - 7, Kotelo Aquapanel levystä, esim kojerasialle
 - 8, Kivipalovilla, 10 mm
 - 9, Aquapanel saumaliima
- Aquapanel levyjen limitys väh. k300
- Ruuvit reunoilla k200, keskellä k300,

Osastoiva seinärakenne, AQUAPANEL

EI KANTAVA, TERÄSRANKA

EI 60

Liite



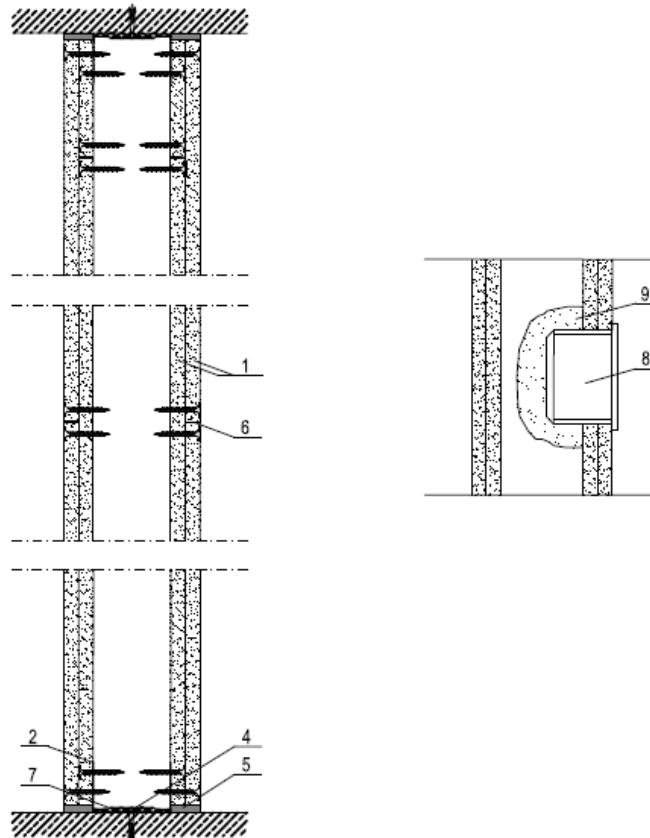
1. Aquapanel Indoor sementtilevy 12,5mm
 2. Kivipalovilla 66 mm Paroc extra tai vastaava
 3. Kerto-S 66 x 42 mm
 4. Kivipalovilla, 10 mm
 5. Kiinnike, lattiassa k600, katossa k300
 6. AQUAPANEL Maxi ruuvi, 4,2 x 39 mm
 7. Aquapanel saumaliima
- Aquapanel levyjen limitys väh. k300
- Ruuvit reunoilla k200, keskellä k300

Osastoiva seinärakenne, AQUAPANEL

EI KANTAVA, TERÄSRANKA

EI 90

Liite



1. Kaksi Aquapanel Indoor 12,5 mm sementtilevyä molemmin puolin runkoa
 2. Kisko 66 mm ja teräsranka 66 mm
 3. AQUAPANEL Maxi ruuvi 4,2 x 39 mm
 4. Kiinnike, alajuoksussa k1000, yläjuoksussa k500
 5. Palonkestävä elastinen saumamassa
 6. Aquapanel saumaliima
 7. Mineraalivillakaistale
 8. Kojerasia
 9. Kipsimassa, paksuus väh. 20 mm
- Aquapanel levyjen limitys väh. k300
 - Ruuvit reunoilla k200, keskellä k300
 - Alempi levy voidaan kiinnittää runkoon ruuvijaolla k600

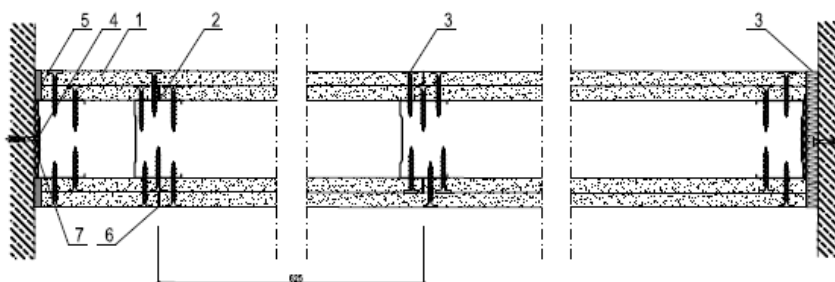


Osastoiva seinärakenne, AQUAPANEL

EI KANTAVA, TERÄSRANKA

EI 90

Liite



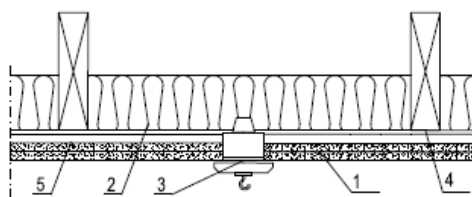
- 1, Kaksi Aquapanel Indoor 12,5 mm sementtilevyä molemmin puolin runkoa
 - 2, Ranka 66 mm
 - 3, AQUAPANEL Maxi ruuvi 4,2 x 39 mm
 - 4, Kiinnike
 - 5, Palonkestävä elastinen saumamassa
 - 6, Aquapanel saumaliima
 - 7, Mineraalivillakaistale
 - 8, Palokivillä 10 mm
- Aquapanel levyjen limitys väh. k300
 - Ruuvit reunoilla k200, keskellä k300
 - Alempi levy voidaan kiinnittää runkoon ruuvijaolla k600

KNAUF

Osastoiva kattorakenne, KN 13

EI 30

Liite



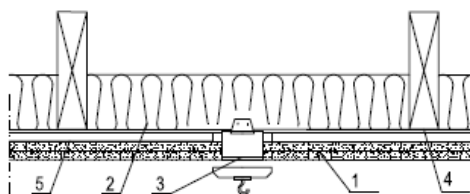
1. 2 x KN 13
 2. 100 mm Paroc extra tai vastaava
 3. Schneider Electric JR palorasias tai vastaava
 4. Pääkannatin
 5. Koolaus
- Levyjen limitys vähintään 300 mm
 - Ruuvit reunoilla k200, keskellä k300.
 - Koolausväli korkeintaan k400
 - Ruuvien pituus sisemmässä levyssä 45 mm, pintalevyssä 51 mm

KNAUF

Osastoiva kattorakenne, KPS 15

EI 60

Liite



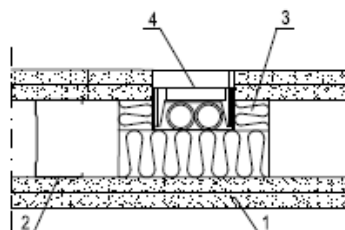
1. 2 x KPS 15
 2. 100 mm Paroc extra tai vastaava
 3. Schneider Electric JR palorasia tai vastaava
 4. Pääkannatin
 5. Koolaus
- Levyjen limitys vähintään 300 mm
 - Ruuvit reunoilla k200, keskellä k300.
 - Koolausväli korkeintaan k400
 - Ruuvien pituus sisemmässä levyssä 45 mm, pintalevyssä 51 mm

KNAUF**Osastoiva seinärakenne, kojerasia**

EI KANTAVA, TERÄSRANKA

EI 60

Liite



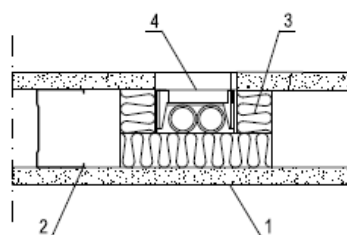
1. 2 x KN 13
2. Väliseinäranka 66 mm
3. Palokivivilla Paroc FPS 14 tai vastaava, paksuus min. 40 mm
4. Kojerasia
5. 66 mm Paroc extra tai vastaava

KNAUF**Osastoiva seinärakenne, kojerasia**

EI KANTAVA, TERÄSRAKENTEINEN

EI 30

Liite



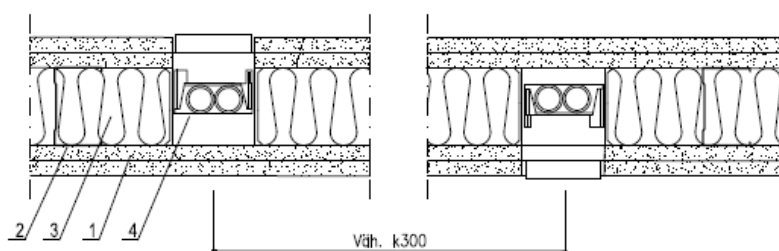
1. KPS 15
2. Väliseinäranka 66 mm
3. Palokivivilla Paroc FPS 14 tai vastaava, paksuus min, 40 mm
4. Kojerasia
5. 66 mm Paroc extra tai vastaava

KNAUF**Osastoiva seinärakenne, palokojerasia**

EI KANTAVA, TERÄSRANKA

EI 60

Liite



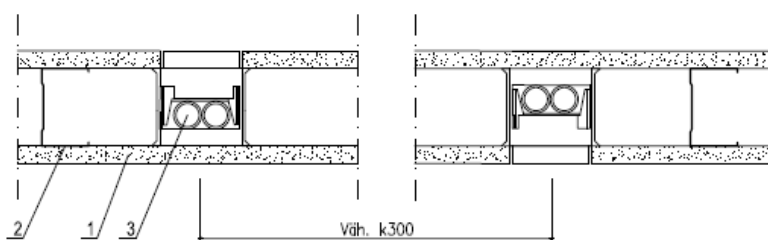
1. 2 x KN 13 tai 1 x KPS 15
 2. Välisienäranka 66 mm
 3. 66 mm Paroc extra tai vastaava
 4. Schneider electric JR palorasiasia tai vastaava
- Rasioiden keskinen etäisyys vähintään 300 mm
 - Rasioiden asennus valmistajan ohjeiden mukaan

KNAUF**Osastoiva seinärakenne, palokojerasia**

EI KANTAVA, TERÄSRANKA

EI 30

Liite



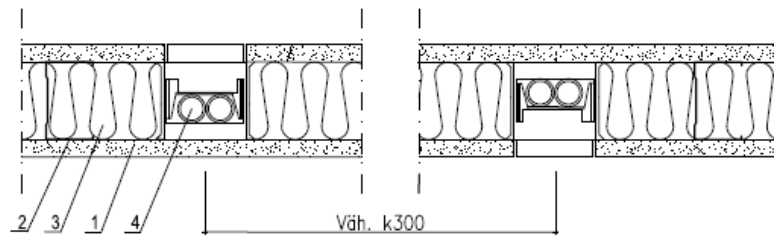
1. KPS 15
 2. Välisienäranka 66
 3. Schneider electric JR palorasias tai vastaava
- Rasioiden keskinen etäisyys vähintään 300 mm
 - Rasioiden asennus valmistajan ohjeiden mukaan

KNAUF**Osastoiva seinärakenne, palokojerasia**

EI KANTAVA

EI 60

Liite



1. KPS 15
 2. Välisienäranka 66
 3. 66 mm Paroc extra tai vastaava
 4. Schneider electric JR palorasiasia tai vastaava
- Rasioiden keskinen etäisyys vähintään 300 mm
 - Rasioiden asennus valmistajan ohjeiden mukaan

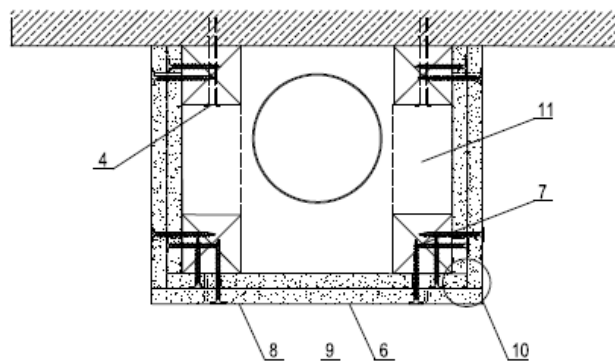
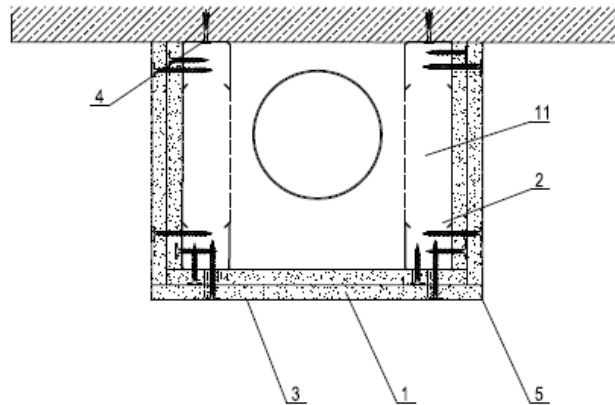
Kotelo, KN 13 / KPS 15

TERÄSRUNKO

EI 30/60

Liite

Käytettäessä KN 13 normaalia kipsilevyä saavutetaan EI 30 paloneristävyys
Käytettäessä KPS 15 palonsuojakipsilevyä saavutetaan EI 60 paloneristävyys



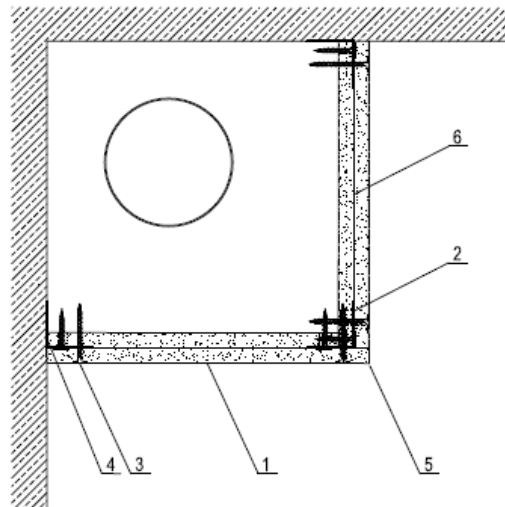
1. 2 x KPS 15 / 2 x KN 13
 2. Teräsranka
 3. Ruuvi alemmassa levyssä 35 mm, pintalevyssä 51 mm, k200
 4. Kiinnike, k400
 5. Nurkassa kohtaavat levysaumat porrastettu
 11. Pystytuenta k1200, esim. metallikaista tai -ranka
 - Kipsilevyjen liimitys väh. k300
 - Kotelon suurin koko 400 mm x 400 mm
6. 2 x KPS 15 / 2 x KN 13
 7. Puuranka vähintään 45 x 45 mm
 8. Ruuvi alemmassa levyssä 45 mm, pintalevyssä 55 mm, k200
 9. Kiinnike, k400
 10. Nurkassa kohtaavat levysaumat porrastettu
 10. Pystytuenta k1200, puu
 - Kipsilevyjen liimitys väh. k300
 - Kotelon suurin koko 400 mm x 400 mm

KNAUF**Kotelo, KN 13**

METALLIRUNKO, KULMARAUDAT

EI 30

Liite



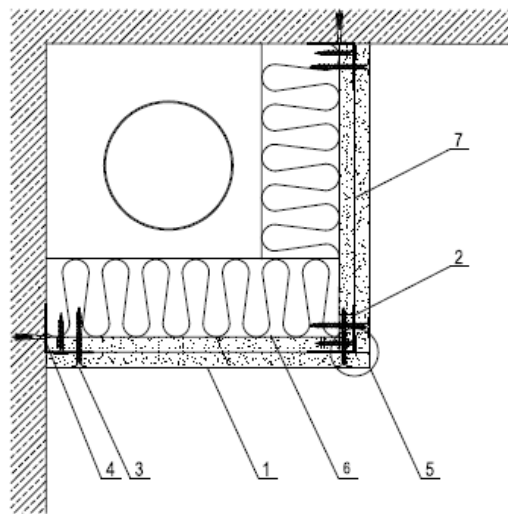
- 1, 2 x KN 13
 2. Kulmarauta
 3. Ruuvi alemmassa levyssä 35 mm, pintalevyssä 51 mm, k200
 4. Kiinnike, k400
 5. Nurkassa kohtaavat levysaumat porrastettu
 6. Pystytuenta k1200, esim. metallikaista
- Kipsilevyjen liimitys väh. k300
 - Kotelon suurin koko 400 mm x 400 mm

Kotelo, KN 13

METALLIRUNKO, KULMARAUDAT

EI 60

Liite



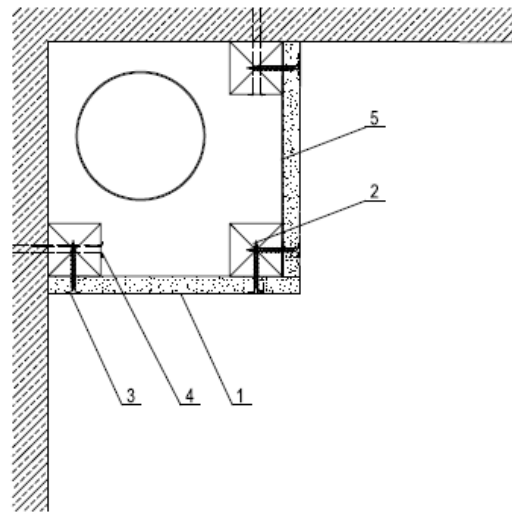
- 1, 2 x KN 13
- 2. Kulmarauta
- 3. Ruuvi alemmassa levyssä 35 mm, pintalevyssä 51 mm, k200
- 4. Kiinnike, k400
- 5. Nurkassa kohtaavat levysaumot porrastettu
- 6, 66 mm Paroc extra tai vastaava
- 7. Pystytuenta k1200, esim. metallikaista
- Kipsilevyjen liitys väh. k300
- Kotelon suurin koko 400 mm x 400 mm

KNAUF**Kotelo, KPS 15**

PUURUNKO

EI 30

Liite



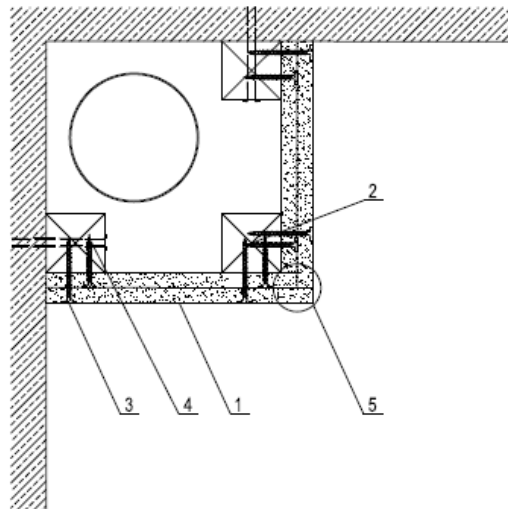
1. KPS 15
2. Puuranka vähintään 45 mm x 45 mm
3. Ruuvi alemmassa levyssä 45 mm, pintalevyssä 55 mm, k200
4. Kiinnike, k400
4. Pystytuenta k1200, esim. metallikaista
- Kipsilevyjen limitys väh. k300
- Kotelon suurin koko 300 mm x 300 mm

KNAUF**Kotelo, KN 13**

PUURUNKO

EI 30

Liite



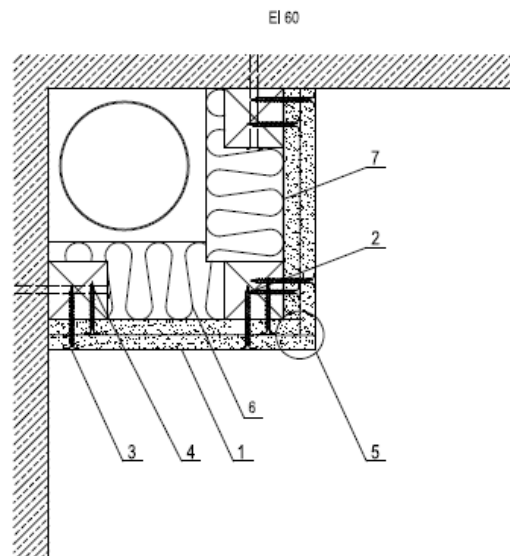
1. 2 x KN 13
 2. Puuranka vähintään 45 mm x 45 mm
 3. Ruuvi alemmassa levyssä 45 mm, pintalevyssä 55 mm, k200
 4. Kiinnike, k400
 5. Nurkassa kohtaavat levysaumat porrastettu
- Kipsilevyjen limitys väh. k300
 - Kotelo suurin koko 300 mm x 300 mm

Kotelo, KPS 15

PUURUNKO

EI 60

Liite



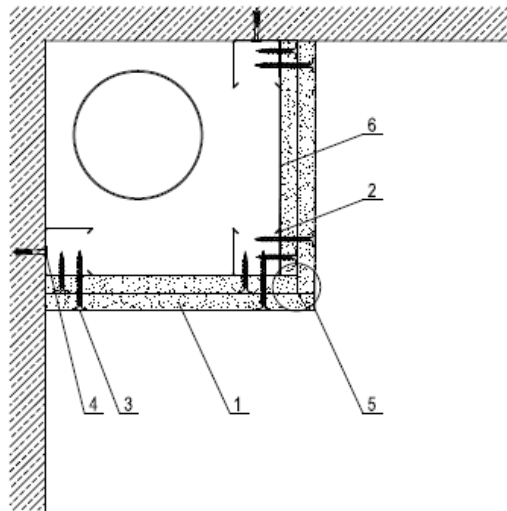
- 1, 2 x KPS 15
- 2, Puuranka vähintään 45 mm x 45 mm
- 3, Ruuvi alemmassa levyssä 45 mm, pintalevyssä 55 mm, k200
- 4, Kiinnike, k400
- 5, Nurkassa kohtaavat levysaumot porrastettu
- 6, 66 mm Paroc extra tai vastaava
- 7, Pystytuenta k1200, esim. metallikaista tai puu
- Kipsilevyjen limitys väh. k300
- Kotelon suurin koko 400 mm x 400 mm

KNAUF**Kotelo, KPS 15**

TERÄSRUNKO

EI 60

Liite



1. 2 x KPS 15
 2. Teräsranka
 3. Ruuvi alemmassa levyssä 35 mm, pintalevyssä 51 mm, k200
 4. Kiinnike, k400
 5. Nurkassa kohtaavat levysaumot porrastettu
 6. Pystytuenta k1200, esim. metallikaista
- Kipsilevyjen limitys väh. k300
 - Kotelon suurin koko 300 mm x 300 mm

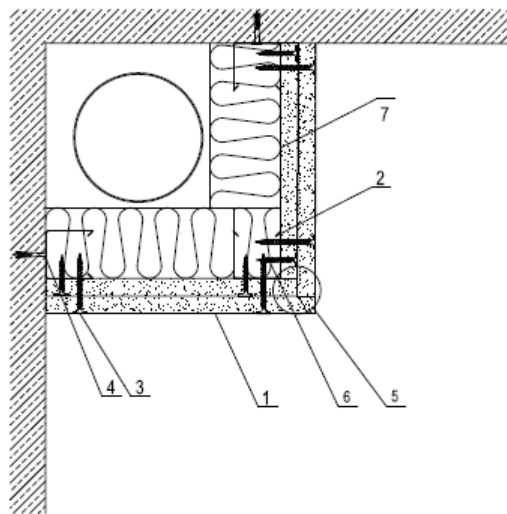
Kotelo, KPS 15

TERÄSRUNKO

EI 60

Liite

EI 90



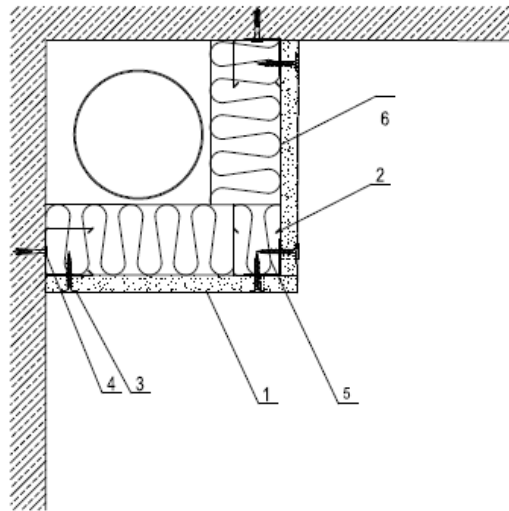
1. 2 x KPS 15
 2. Teräsranka
 3. Ruuvi alemmassa levyssä 35 mm, pintalevyssä 51 mm, k200
 4. Kiinnike, k400
 5. Nurkassa kohtaavat levysaumot porrastettu
 6. 66 mm Paroc extra tai vastaava
 7. Pystytuenta k1200, esim, metallikaista
- Kipsilevyjen liimitys väh. k300
- Kotelon suurin koko 400 mm x 400 mm

KNAUF**Kotelo, KPS 15**

TERÄSRUNKO

EI 30

Liite



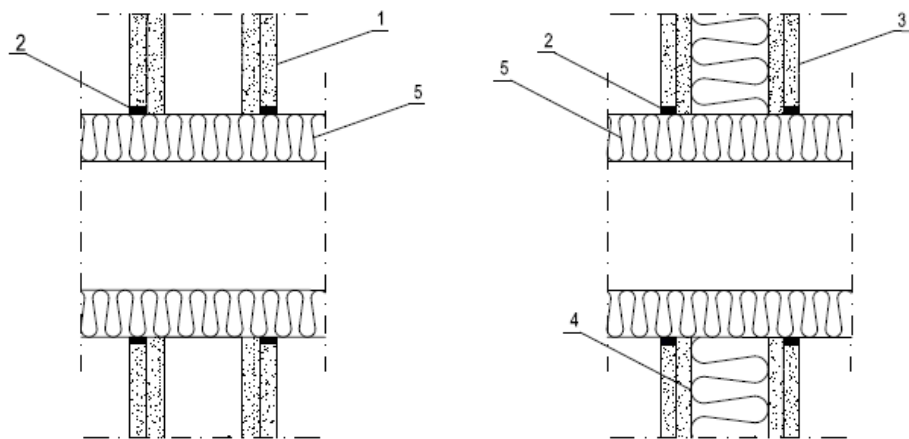
1. KPS 15
 2. Teräsranka
 3. Ruuvi 35 mm k200
 4. Kiinnike, k400
 5. 66 mm Paroc extra tai vastaava
 6. Pystytuenta k1200, esim. metallikaista
- Kipsilevyjen liimitys väh, k300
- Kotelon suurin koko 300 mm x 300 mm

KNAUF**Osastoiva seinärakenne, putken läpivienti**

EI KANTAVA, TERÄSRANKA

EI 60

Liite



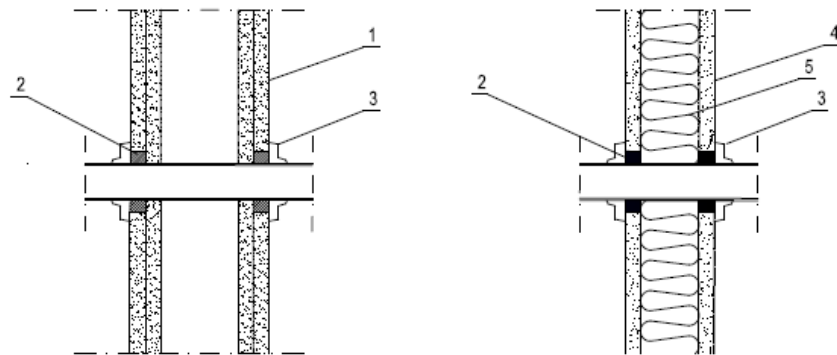
- 1. 2 x KN 15
 - 2. Kulistumaton palokitti
 - 3. 2 x KN 13
 - 4. Mineraalivilla
 - 5. Kivipalovilla
- Kipsilevyjen limitys väh. 300 mm

KNAUF**Osastoiva seinärakenne, putken läpivienti**

EI KANTAVA

EI 60

Liite



1. 2 x KN 13
 2. Kutistumaton palokitti
 3. Mansetti
 4. KN 15
 5. Mineraalivilla
- Kipsilevyjen liimitys väh. k300
 - HUOM! Putkea pitkin johtuvan lämmön vaikutukset huomioitava!