



SAVONIA

Asuinkerrostalojen rakennekirjasto

Antti-Jussi Harjunen

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Antti-Jussi Harjunen			
Työn nimi Asuinkerrostalon rakennekirjasto			
Päiväys	16.5.2012	Sivumäärä/Liitteet	78/4
Ohjaajat Lehtori Harry Dunkel, Lehtori Antti Korpinen, Projektipäällikkö Kari Reinikainen DI			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Insinööritoimisto SRT Oy			
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia Insinööritoimisto SRT Oy:lle rakennekirjasto asuinkerrostalojen rakennesuunnittelua varten. Ennen detaljit ja rakennetyypit kerättiin aikaisemmin suunnitelluista kohteista tai piirrettiin kokonaan uudelleen, mikä aiheutti lisää työtä. Kirjaston luontiin käytettiin AutoCAD-ohjelmaa. Tutustumalla aikaisemmin suunniteltuihin ja toteutettuihin asuinkerrostalojen rakennepiirustuksiin saatiin hyvä pohja kirjastolle ja laaja käsitys kohteiden vaatimuksista. Rakennedetaljien ja rakennetyyppien piirtämiselle laadittiin reunaehdot, jotka määrittivät mm. piirtämisessä käytetyt tasot, viivojen leveydet ja tulostusasetukset.</p> <p>Tutkimalla rakennusmääräyksiä saatiin lähtökohtia suunnittelun laadulle ja vaatimuksille. Samalla kerättiin rakenteille asetettuja vaatimuksia. Rakennustiedon ja eri valmistajien ohjeisiin tutustumalla saatiin selkeä kuva rakenteiden oikeaoppisesta suunnittelusta ja toteutuksesta.</p> <p>Tuloksena saatiin rakennekirjasto, jonka etuina on helppokäyttöisyys, suunnittelijan tarpeiden huomioinen ja keskeisten detaljien ja rakennetyyppien löytyminen samasta paikasta. Jatkossa kirjastoa kehitetään määräysten ja rakentamisen laadun muuttuessa.</p>			
Avainsanat rakennekirjasto, rakennedetalji, rakennetyyppi			
julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Building and Structural Engineering			
Author(s) Antti-Jussi Harjunen			
Title of Thesis Structural Library for Apartment Buildings			
Date	16 May 2012	Pages/Appendices	78/4
Supervisor(s) Mr. Harry Dunkel, Lecturer; Mr. Antti Korpinen, Lecturer and Mr. Kari Reinikainen, M.Sc.			
Client Organisation/Partners Insinööritoimisto SRT Oy			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to create a structural library to be used in structural design of new apartment buildings. Earlier structural details and structure types were collected from the existing projects or they were drawn over again. This caused unnecessary work that now can be prevented.</p> <p>First the existing structural plans were studied and collected to gain a starting point for the library. At the same time the requirements for the details and structural types were made clear. The basis for drawing the details were taken from the company's quality system. This determined for example the line weights, line colours and printing styles. Then building regulations were studied to get more information about the requirements of the design and building. Rakennustietos and several manufacturers' instructions were familiarised to get the best solutions available.</p> <p>This new structural library for apartment buildings proved to be easy to use, kept structural designers in mind, containing the central structural details and structural types needed to start the project. In the future this library will be developed as the building regulations and the quality of building are developed.</p>			
Keywords structural library, structural details, apartment building			
public			

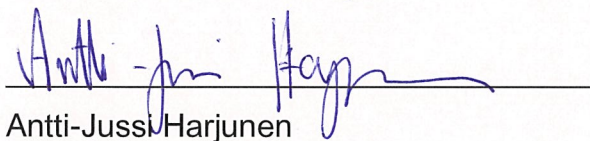
ALKUSANAT

Tässä opinnäytetyössä luotiin Insinööritoimisto SRT Oy:lle rakennekirjasto asuin kerrostalojen rakennesuunnittelua varten. Työhön sisältyi tyypillisimpien rakennedetaljien ja rakennetyyppien päivittäminen ja piirtäminen.

Opinnäytetyön ohjaajana toimi Insinööritoimisto SRT Oy:n asuinrakentamisesta vastaavan ryhmän projektipäällikkö diplomi-insinööri Kari Reinikainen. Savonia-ammattikorkeakoulun puolelta ohjaajana toimi Lehtori Harry Dunkel.

Haluan kiittää edellä mainittujen henkilöiden lisäksi koko Insinööritoimisto SRT Oy:n Kuopion toimipisteen henkilökuntaa korvaamattomasta avusta ja kannustuksesta. Kiitokset myös kaikille ohjaukseen ja kommentointiin osallistuneille opettajille.

Kuopiossa 16. toukokuuta 2012


Antti-Jussi Harjunen

Sisältö

1. JOHDANTO	8
1.1 Työn taustat ja tavoitteet	8
1.2 Työn tilaaja.....	8
2. JOITAIN ASIOITA RAKENNUSFYSIIKASTA	10
2.1 Kosteus	10
2.2 Lämpö.....	14
2.3 Palo.....	15
2.4 Ääni.....	16
3. OTTEITA RAKENNUSMÄÄRÄYSKOKOELMASTA	19
3.1 C Eristykset.....	19
3.1.1 C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa	19
3.1.2 C2 Kosteus.....	20
3.1.3 C4 Lämmönläpäisykertoimien määritys	23
3.2 D LVI ja energiatalous	29
3.3 E rakenteellinen paloturvallisuus	32
4. TOIMIVIA RAKENNERATKAISUJA	38
4.1 Kosteuden hallinta.....	38
4.2 Lämmöneristys.....	44
4.3. Paloturvallisuus	48
4.4 Ääneneristys	55
5 ASUINKERROSTALON RAKENNEKIRJASTO	64
5.1 Detaljien ja rakennetyyppien valinta	64
5.2 Piirtämisen reunaehdot	64
5.3 Detaljien ja rakennetyyppien esittely	67
5.3.1 US-103 Ei-kantavan ulkoseinän ja välipohjan liitos.....	68
5.3.2 DET VP-107 V-elementin yläreunan liitos välipohjan kohdalla.....	69
5.3.3 DET POR-101 Porraselementin yläpään liitos	70
5.3.4 DET PAR-102 Välipohjan ja parvekelaatan liitos ei-kantavan ulkoseinän kohdalla.....	71
5.3.5 RT US-1 Kantava tiiliverhoiltu ulkoseinä.....	72

6. YHTEENVETO..... 76

LÄHTEET..... 77

LIITTEET

LIITE1: DET US-101 Kantavan ulkoseinän ja välipohjan liitos 1:10

LIITE 2: DET PER-101 280x280 Parvekepilarin kiinnitys anturaan 1:10

LIITE 3: DET POR-102 Porraselementin alareunan liitos 1:10

LIITE 4: RT US-2 Kevyt tiiliverhottu ulkoseinä

1. JOHDANTO

1.1 Työn taustat ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia Insinööritoimisto SRT Oy:lle rakennekirjasto asuinkerrostalojen rakennesuunnittelua varten. Nykyisin rakennedetaljit ja rakennetyypit kerätään aikaisemmista projekteista tai piirretään alusta lähtien uudelleen. Osa käytetyistä detaljeista ja rakennetyypeistä on vanhanaikaisia ja eivät välttämättä vastaa nykyaikaisia määräyksiä.

Tavoitteena on luoda rakennekirjasto, jota voidaan käyttää jokapäiväisessä suunnittelussa. Varsinkin kerrostaloprojektiin aloitusvaiheessa tässä kirjastossa olevat detaljit ja rakennetyypit tulevat olemaan suuri apu. Tavoitteena on myös suunnittelijälähtöisyys ja se että suunnittelijan on helppo löytää etsimänsä detalji tai rakennetyyppi.

Opinnäytetyön aihe rajataan Insinööritoimisto SRT Oy:n tarpeitten mukaan. Työhön sisällytetään betonirakenteisten asuinkerrostalojen detaljit ja rakennetyypit. Erityistä huomiota kiinnitetään rakenteiden lämmöneristykseen, kosteustekniseen toimintaan, paloturvallisuuteen ja ääneneristävyyteen. Laajaa rakenteiden mitoitusta ei työhön sisällytetä, mutta tarvittaessa sitä kuitenkin tehdään.

Detaljit sisältävät sekä paikallaan rakennettujen että elementtirakenteisten kohteiden suunnitelmia. Detaljit jaetaan eri rakennusosien kesken ja ne painottuvat rakenteiden liitoksiin. Rakennetyypeistä valitaan parhaiten asuinrakennuksiin sopivat ja ne muokataan vastaamaan tämän hetken määräyksiä ja ohjeita. Rakennetyypeistä lasketaan lämmönläpäisevyyden U -arvot ja tarvittaessa muokataan vastaamaan nykyisiä määräyksiä.

1.2 Työn tilaaja

Insinööritoimisto Savon Rakennetekniikka Oy on perustettu Kuopiossa vuonna 1984. Päätoimialana on rakennesuunnittelu, sekä siihen liittyvä kehitys- ja tutkimustoiminta. Lisäksi toimintaan kuuluvat rakennuttamispalvelut, kustannuslaskenta sekä rakennusteknisten töiden valvonta. Yrityksen toimipisteet sijaitsevat Kuopiossa osoitteessa Viestikatu 3 ja Järvenpäässä osoitteessa Tupalantie 7. (Insinööritoimisto SRT Oy:n [www-sivut](http://www.srt.fi).)

Insinööritoimisto SRT Oy:n suunnittelualat (Insinööritoimisto SRT Oy:n [www-sivut](http://www.srt.fi)):

- rakennesuunnittelu

- rakennuttaminen
- valvonta
- esi- ja jälkijännitetyt rakenteet.

Suunnitelmat tehdään tietokoneavusteisesti yleisesti yhteensopivilla ohjelmistoilla. Yleisimmän käytetään AutoCAD-, Revit Structure- ja Tekla Structure -ohjelmia. Laatu järjestelmä on ollut SRT:n käytössä vuodesta 1993. Järjestelmä käsittää suunnitelmaohjauksen sekä laadun- ja oikeellisuuden varmistamisen. Järjestelmä sisältää myös palautekyselyn, minkä voi täyttää kohteittain. (Insinööritoimisto SRT Oy:n [www-sivut](http://www.srt.fi).)

Kuopion toimipisteessä työskentelee tällä hetkellä n. 20 henkilöä, diplomi-insinöörejä, insinöörejä ja rakennuspiirtäjiä, jotka on jaettu viiteen ryhmään. Suurin osa suunnittelukohteista on suuria toimistotaloja, pysäköintihalleja, kauppakeskuksia ja asuinkerrostaloja.

2. JOITAIN ASIOITA RAKENNUSFYSIIKASTA

Rakennusfysiikassa tarkastellaan rakenteiden ja rakennusmateriaalien lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan sekä rakennusten energiankulutukseen vaikuttavia ilmiöitä ja olosuhteita. Lisäksi rakennusfysiikkaan luetaan usein mukaan rakenteiden lujuus sekä ääni- ja palotekninen toiminta.

Tässä luvussa käsitellään rakennusfysiikkaa sekä yleiseltä että rakennetekniseltä kannalta. Tässä rakennusfysiikan osa-alueet on jaettu osiin kosteus, lämpö, palo ja ääni. Rakenteiden lujuutta ei käsitellä, koska se ei ole tämän opinnäytetyön laajuutta ajatellen järkevää.

2.1 Kosteus

Liiallisella kosteudella on monia haittavaikutuksia. Se heikentää lämmöneristeiden eristyskykyä, aiheuttaa lahoa puussa ja teräsrakenteiden ruustumista. Liiallinen kosteus onkin yksi suurimmista syistä vakaville sisäilmaongelmille ja rakenteiden vaurioille.

Suurin yksittäinen kosteuden aiheuttaja rakenteissa on sade. Vedelle ja kosteudelle alttiit rakennustarvikkeet on suojattava niin rakentamisaikana kuin rakennuksen valmistettua. Kosteudelle arkoja tarvikkeita ovat ensisijaisesti sisustustarvikkeet kuten lattiapäällysteet ja kaapistot. Varsinaisista rakennustarvikkeista kosteudelle arimpia ovat puutuotteet ja huokoiset kovat kuitulevyt. Siksi näiden kuin kaikkien muidenkin rakennusmateriaalien työn aikainen suojaus tulee hoitaa huolellisesti. (Dunkel Harry 2011, 4.)

Kosteus ilmassa

Kaikki rakenteet pohjavedenpinnan yläpuolella ovat kosketuksissa ilman kanssa. Ilma sisältää aina vettä höyrymäisessä olomuodossa, joten rakennusfysikaalisissa tarkasteluissa on huomioitava että rakennusmateriaalit ovat tekemisissä kostean ilman kanssa. On myös otettava huomioon kosteuspitoisuuden ja lämpötilan jatkuvat vaihtelut. (Dunkel Harry 2011,5.)

Kosteaa ilmaa on kuivan ilman ja vesihöyryn seos. Vesihöyryn määrää ilmassa voidaan ilmaista kahdella tavalla: (Dunkel Harry 2011,5.)

- vesihöyryn osapaineella (Pa) tai
- vesihöyryn pitoisuutena (g/m^3).

Ilma ei kuitenkaan voi sisältää vettä rajattomasti. Kun maksimi määrä vesihöyryä sekoittuu ilmaan ja määrää lisätään edelleen, alkaa tiivistyminen vesipisariksi ja ilma saavuttaa ns. kyllästyspitoisuuden ja samalla kyllästyspaineen. Tämä ilmiö on havaittavissa esimerkiksi sumuna veden pinnalla. Kyllästyspitoisuus ja kyllästyspaine ovat voimakkaasti riippuvaisia lämpötilasta siten, että lämpimämpi ilma pystyy sitomaan enemmän vettä jolloin myös vesihöyryn osapaine on suurempi. (Dunkel Harry 2011,6.)

Suhteellinen kosteus

Ilman suhteellisella kosteudella RH tarkoitetaan ilmassa olevan kosteuden suhdetta kyllästyskosteuteen ja se ilmoitetaan yleensä prosenteissa ja saadaan esimerkiksi kaavalla (Dunkel Harry 2011,6):

$$RH = \frac{v}{v_k} 100 \% \quad (2.1)$$

missä v on vesihöyryn pitoisuus (kg/m^3) ja v_k vesihöyryn kyllästyspitoisuus (g/m^3).

Vesihöyryn pitoisuuksien lisäksi suhteellinen kosteus voidaan laskea vaihtamalla kaavaan 2.1 vesihöyryn pitoisuuksien tilalle vastaavat vesihöyryn kyllästyspaineet.

Kosteus ulkona ja sisällä

Talviaikaan ilma sisältää verrattain vähän vesihöyryä, mutta koska kylmä ilma ei kykene sitomaan paljoa kosteutta ovat suhteellisen kosteuden arvot korkeita ($RH = 80\text{--}90\%$). Keväällä, kun ilma lämpenee, on ilman suhteellinen kosteus pienimmillään ($RH = 40\text{--}50\%$) ja tästä syystä keväällä esimerkiksi puutavara kuivuu ulkona tehokkaimmin. (Dunkel Harry 2011,9.)

Kesällä ilmassa on enemmän kosteutta, mutta suhteellinen kosteus kuitenkin pienempi kuin talvella ($RH = 65\text{--}80\%$). Syksyllä kosteutta on eniten ja ilman suhteellinen kosteus voi aika-ajoin olla hyvin korkea. Hygroskooppisten materiaalien kosteuspitoisuus on riippuvainen vain suhteellisesta kosteudesta, ei siitä mikä absoluuttinen vesihöyrymäärä ilmassa on. Tästä syystä esimerkiksi kylmillään olevissa kesämökeissä voi havaita puuosien kostuvan ja siten turpoavan, vaikka ilma ei sisällä kosteutta kuin hyvin vähän. (Dunkel Harry 2011,9.)

Sisäilman kosteuspitoisuuteen vaikuttaa pääasiassa ulkoilman kosteuspitoisuus, sisällä kehitetyn kosteuden määrä ja ilmanvaihdon tehokkuus. Pitkän aikavälin laskelmissa voidaan käyttää kaavaa 2.2. (Dunkel 2011,9)

$$v_s = v_u + \frac{G}{nV} \quad (2.2)$$

jossa v_s on sisäilman kosteus (kg/m^3), v_u ulkoilman kosteus (kg/m^3), G sisätilassa kehittyvä kosteuslisä (kg/m^3), n ilmanvaihtoluku (ilmanvaihtuvuus/h) ja V huoneen tilavuus (m^3).

Kosteutta syntyy huonetilojen käytön seurauksena ja kosteuslähteitä ovat mm. ihmiset ja eläimet, ruuanlaitto sekä peseytyminen. Kun arvioidaan kaavan 2.2 kosteuslisäksi kutsuttua jälkimmäistä termiä, voidaan olettaa, että ihminen tuottaa kosteutta 1-3 litraa/vrk riippuen liikkumisen laadusta. Luonnollisesti ihmisten asumistavat vaihtelevat erittäin paljon, joten kovin tarkkoja laskelmia on hankala tehdä. Siksi käytössä on seuraavia yleisiä arvioita kosteuslisäksi: (Dunkel Harry 2011,10.)

- toimistotilat 2 g/m^3
- asuinrakennukset 3 g/m^3
- ahtaat ja huonon ilmanvaihdon omaavat rakennukset 4 g/m^2 .

Eriyisen kosteita tiloja ovat esimerkiksi uimahallit, elintarviketehtaat, kirjapainot ja paperitehtaat (Dunkel Harry 2011,11).

Maaperän kosteus

Maaperässä vettä on pohjavetenä, joka täydentyy sateiden aikana. Pohjaveden pinta noudattelee pintavesien eli järvien, jokien ja merien lisäksi maanpinnan muotoja. Paikallisesti kapillaariset kerrokset voivat kohottaa pohjavettä ylemmäksi. Rakennukset tulee suunnitella siten, että sadevedet ja maahan painuvat vajovedet johdetaan sadevesiviemäreiden ja salaojituksen avulla pois rakenteista sekä kapillaarinen nousu katkaistaan karkealla soralla tai murskekerroksella. (Dunkel Harry 2011,11.)

Pohjaveden yläpuolella olevassa maassa vesi sen sijaan on ilman huokosissa vesihöyrynä. Tämän vesihöyryn suhteellinen kosteus on usein korkea ja siten laskelmissa on yleensä syytä olettaa, että maan suhteellinen kosteus $\text{RH}=100 \%$. Maaperän lämpötilasta riippuen on mahdollista, että maanvaraisen lattian alla vesihöyryn osapaine on suurempi kuin sisätilan vesihöyryn osapaine, jolloin kosteutta kulkeutuu vesihöyrynä rakenteiden läpi kohti sisätilaa. (Dunkel Harry 2011,11.)

Kosteuden siirtyminen

Nestemäisessä muodossa oleva vesi voi siirtyä painovoiman siirtämänä, tuulen paineesta tai kapillaarisesti. Vesihöyry taas voi siirtyä diffuusion tai konvektion avulla. Nestemäisen veden vaikutuksia rakenteisiin minimoidaan vesieristyksin, salaojilla ja kapillaarikatkoin, joiden suunnittelu on osa rakennesuunnittelua. Rakennusfysiikalta kannalta pidetään yksinkertaisesti huoli siitä, että vesi ei saavuta rakenteita tai viipyy sen pinnoilla mahdollisimman vähän aikaa. Sen sijaan vesihöyryn liikkuminen rakenteissa on moni säikeisempi asia, joten tutustutaan siihen hieman tarkemmin. (Dunkel 2011,12)

Kuten lämpötilaerot pyrkivät tasoittumaan, samoin on kosteuserojen kanssa. Tätä ilmiötä kutsutaan diffuusioksi eli kosteus siirtyy suuremman osapaineen suunnasta pienemmän osapaineen suuntaan. Konvektiossa vesihöyryä siirtyy ilmavirran mukana. Jotta ilmavirtauksia syntyy, täytyy rakenteen eri puolilla vallita erilaiset kokonaispaineet. Ilmanpaine-eroja aiheuttaa tuuli, lämpötilaerot, ilmastointijärjestelmä ja muut puhaltimet. (Dunkel Harry 2011,12 - 20)

Konvektiossa ilman virratessa lämpimästä kylmempään suuntaan tapahtuu ilman jäähtymistä, jolloin mukana oleva vesihöyry voi tiivistyä ja keräytyä rakenteen sisälle. Toisaalta kylmän ilman virratessa lämpimään suuntaan ei virtaavan ilman kosteus tiivisty, mutta kylmä ilmavirta voi jäähtyttää rakenteen osia niin paljon, että sisäilman kosteus voi tiivistyä kylmiin paikkoihin. Lisäksi sisätilaan virtaava kylmä ilma heikentää asuinmukavuutta. (Dunkel Harry 2011,20.)

Kapillaarisessa siirtymässä vesi imeytyy kapillaarisesti huokoiseen materiaaliin, jos ko. materiaali on kosketuksissa vapaaseen veteen tai materiaaliin, jonka huokosissa on vettä. Kapillaarinen siirtyminen johtuu kapillaaristen voimien aiheuttamasta huokosalipaineesta, jonka suuruus riippuu huokosen koosta. Rakennusmateriaalit ja maa-ainesten huokokset käyttäytyvät samaan tapaan kuin ohuet lasiputket, joten huokoisessa aineessa vesi pyrkii nousemaan ylöspäin kapillaarivoimien vuoksi. Mitä pienempiä huokokset ovat, sitä korkeampi on kapillaarinen nousu. (Dunkel Harry 2011,23.)

2.2 Lämpö

Lämpötilaerot pyrkivät aina tasaantumaan, eli siellä missä on enemmän lämpöenergiaa, siitä siirtyy sinne missä sitä on vähemmän. Lämpö siirtyy kolmella eri tavalla: (Dunkel Harry 2012, 2 - 3.)

1. Lämpöä kuljettuu (=konvektio) lämpimän aineen mukana, esimerkiksi ilman tai veden virtauksissa.
2. Lämpö johtuu aineessa kappaleen lämpimistä kohdista kylmempiin ja lämpimästä kappaleesta sitä koskettavaan kylmempään kappaleeseen tai kappaletta ympäröivään aineeseen.
3. Kaikki kappaleet lähettävät ja vastaanottavat lämpösäteilyä. Lämmin kappale lähettää sitä enemmän kuin se vastaanottaa kylmästä ympäristöstä.

Kaikki kolme tapaa toimivat rinnan sekä lämmityksessä että jäähtymisessä. Esimerkiksi kaukolämpöjohdoissa lämpö kulkeutuu kuuman veden mukana. Lämpöpatterissa lämpö johtuu vedestä ulkopinnalle ja edelleen ympäröivään ilmaan. Ilman virtaukset kuljettavat ja lämpösäteily siirtää sitä muualle huoneeseen. (Dunkel Harry 2012, 2 - 3.)

Konvektio on lämmön siirtymistä kaasussa tai nesteessä lämmön aiheuttamien virtauksien mukana. Se aiheutuu lämpötilaerosta, joka aiheuttaa tiheyseroja. Kuuma, harva aine kohoaa painovoimakentässä nosteen avulla ylöspäin ja tiheämpi, viilentynyt aine laskeutuu alaspäin. Konvektion erikoistapaus on pakotettu konvektio, missä lämmenneiden kaasu- tai nestemolekyylilien liikettä tehostetaan potkurilla tai tuulettimella. Koska konvektiossa lämmön siirtyminen liittyy aineen siirtymiseen, joka taas riippuu voimakkaasti olosuhteista, on konvektion matemaattinen käsittely hyvin monimutkaista. Vain tapauksissa, joissa tunnetaan aineen massavirta ja sen lämpötilan muutos, voidaan lämpövirta laskea. (Dunkel Harry 2012, 3 - 4.)

Johtuminen on lämmön siirtymistä aineen sisällä. Lämpö voi siirtyä johtumalla myös aineesta toiseen, mikäli aineet ovat kosketuksissa toisiinsa. Johtumisessa lämpö siirtyy korkeammasta matalampaan lämpötilaan eli lämpimästä kylmään lämpöopin lainalaisuuksien mukaisesti. Eri aineet johtavat lämpöä eri lailla. Metallit johtavat lämpöä hyvin, kun taas nesteet ja kaasut huonosti. (Dunkel Harry 2012, 4.)

Kaikki kappaleet lähettävät ja vastaanottavat lämpösäteilyä. Kappaleen lämpötilan noustessa säteilyn voimakkuus kasvaa ja säteilyn keskimääräinen aallonpituus lyhenee. Yleensä lämpösäteilyllä tarkoitetaan infrapuna-alueella olevaa säteilyä. Jos kap-

paleen lämpötila on tarpeeksi korkea, kappale lähettää myös sellaista säteilyä, joka voidaan havaita valona. (Dunkel Harry 2012, 6.)

Rakennuksen lämpöhäviöt muodostuvat johtumishäviöistä vaipan läpi sekä ilmanvaihdon aiheuttamista lämpöhäviöistä. Jotta rakennuksen lämmityslaitteet voidaan mitoittaa oikein, tarvitaan tietoa vaipan läpi ulos menevistä lämpövirroista. Rakennusten osuus Suomen kokonaisenergiankulutuksesta on noin 40 prosenttia. Rakennukset suunnitellaan ja rakennetaan pitkäikäisiksi, joten nyt rakennettavien rakennusten vaikutukset Suomen kokonaisenergiankulutukseen ja päästöihin kestävät vuosikymmeniä. (Dunkel Harry 2012, 8 - 9.)

Rakennusvaipan lämpöhäviöihin vaikuttaa rakenteiden lisäksi kylmäsillat. Kylmäsillalla tarkoitetaan sellaista kohtaa rakennusosassa, jonka kautta pääsee enemmän lämpöä ulos kuin sen ympärillä olevasta rakenneosasta. Kylmäsilloja ovat esimerkiksi myöhemmin tässä työssä esille tulevat tiilisiteet. Kylmäsillat muodostavat yleensä vain pienen osan rakennuksen kokonaislämpöhäviöstä, mutta poikkeuksiakin on mm. alapohjan läpi menevät betonipilarit. (Dunkel Harry 2012, 9.)

2.3 Palo

Palaminen on kemiallinen reaktio, jossa aine yhtyy happeen niin nopeasti, että syntyy korkea lämpötila ja valo. Palaminen voi olla joko hallittua tai hallitsematonta, jolloin sitä kutsutaan tulipaloksi. Tulipalossa tuli aiheuttaa tai uhkaa aiheuttaa ympäristölleen vahinkoa. Jotta palaminen olisi mahdollista, tulee kaikkien palamisen perusedellytysten olla samanaikaisesti voimassa. Palaminen tarvitsee yhtä aikaa palavan aineen, hapen, riittävän lämpötilan sekä näistä muodostuneen häiriöttömän ketjureaktion. Häiriötön ketjureaktio muodostuu palavan aineen jatkuvasta yhtymisestä happeen, kun samalla palo ylläpitää riittävää lämpötilaa tapahtuman jatkumiseksi. Sammutus tapahtuu vastaavasti siten, että poistetaan yksi tai useampi palon perusedellytyksistä. (Hyttinen 2001, 8 - 11.)

Rakennukset jaetaan paloteknisesti kolmeen luokkaan: P1, P2 ja P3. Paloluokitukseen vaikuttaa rakennuksen kerrosluku, korkeus ja kerrosala sekä henkilöiden lukumäärä. Tavallisimmin kerrostalot kuuluvat luokkaan P1, teollisuusrakennukset luokkaan P2 ja pientalot luokkaan P3. Rakennukset jaetaan myös useaan palo-osastoon, joilla palon leviämistä pyritään rajoittamaan. Kantavat ja osastoivat rakennusosat jaetaan luokkiin sen perusteella, miten ne kestävät paloa. Rakennusosiin kohdistuvat vaatimukset kuvataan merkinnöillä R kantavuus, E tiiviys, I eristävyys ja M iskunkestävyys palotilanteessa. Merkintöjen R, REI, RE, EI, E jälkeen ilmoitettavalla luvulla

esitetään palonkestävyysaika minuutteina, esim. EI 60. Näin ilmoitettu merkintä on rakennusosan paloluokka. (Knauf www-sivut.)

Rakennustarvikkeiden paloluokitus

Rakennustarvikkeiden luokat kuvataan merkinnöillä A1, A2, B, C, D, E ja F seuraavasti (Knauf www-sivut):

A1 = Tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon (palamaton). 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 tai 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 tai d1 vaatimuksia.

Edellä esitetyt merkinnät s ja d ovat materiaalien lisä ominaisuuksia. Merkintä s kertoo savuntuotosta ja d palavien pisaroiden ja osien muodostumisesta.

2.4 Ääni

Ääni on mekaanista aaltoliikettä joka etenee vain väliaineessa. Ääntä voi synnyttää massan, voiman, liikemäärän ja lämmön tuoton seurauksena kaasuun tai nesteeseen, kun taas kiinteään väliaineeseen ääntä voi synnyttää vain voiman tuotto. Yleisiä äänen syntytapoja ovat mekaaninen värähtely ja virtaukset. Ääntä voi syntyä erilaisten fysikaalisten ilmiöiden seurauksena, tai se voi olla ihmisten tai eläinten tuottamaa. (Wikipedia www-sivut.)

Ääniä voidaan nimetä sen perusteella, missä väliaineessa ääni etenee. Ilmassa etenevää ääntä kutsutaan ilmaääneksi. Tämän ihminen kykenee havaitsemaan kuuloaistinsa avulla. Rakennuksen rungossa etenevää ääntä kutsutaan runkoääneksi, jonka ihminen voi havaita myös tärinänä äänen ollessa riittävän voimakasta. Ilma- ja runkoäänien eroavaisuuksista huolimatta, ne ovat yleensä toisistaan riippuvaisia, koska ilmaääni aiheuttaa runkoääntä ja runkoääni ilmaääntä. (Wood Focus 2004, 10.)

Äänen edetessä aaltomaisena väliaineen hiukkaset värähtelevät. Värähdysliikkeessä kappale suorittaa edestakaista liikettä tasapainoasemansa suhteen. Kappaleen suorittamien värähdysliikkeiden määrää ajanjaksolla kutsutaan yleisesti taajuudeksi. Taajuuden yksikkö on hertsi (Hz), joka ilmoittaa värähdysten määrän sekunnissa. Vähäinen värähdysten lukumäärä aiheuttaa matalan äänen ja suuri värähdysten lukumäärä korkean äänen. Äänentaajuuden ollessa riittävän matala tai korkea, ei ihminen kykene kuulemaan ääntä lainkaan. Ihminen kuulee äänet taajuusalueelta 16 Hz - 20 kHz. (Wood Focus 2004, 11.)

Äänenvoimakkuutta mitataan yleensä äänenpaineen p (Pa) avulla. Kuuloalueen äänenpaineet vaihtelevat 20 μ Pa - 20Pa välillä. Staattisen ilmanpaineen ja äänenpaineen ero määrittää äänenvoimakkuuden. Mitä suurempi tämä ero on, sitä voimakkaampi on ääni. Äänenpaineen mittauksessa on otettu käyttöön logaritminen asteikko, koska suureet vaihtelevat erittäin laajoissa rajoissa. (Halme 1976, 29.)

Äänenpainetaso kuvaa äänen fysikaalista voimakkuutta ja se ilmaistaan suureella, jota kutsutaan desibeliksi (dB). Äänen voimakkuuden kasvaminen 10 dB vastaa kuuloaistimuksessa äänekkyyden kaksinkertaistumista. Logaritmisuuden vuoksi desibeliarvoja ei voida suoraan laskea yhteen. Kun yksi ääni soi 60 dB:n voimakkuudella, kaksi ääntä soi korkeintaan noin 63 - 64 dB:n voimakkuudella. Kun tilassa vaikuttaa kaksi yhtä voimakasta mutta erilaista ääntä, voimakkuus lisääntyy 3 - 4 dB. (Äänipää 2005)

Ääni ja rakenteet

Rakenteen kohdatessaan heijastuu osa äänestä takaisin ja osa siirtyy rakenteeseen. Lisäksi osa rakenteen kohdanneesta äänestä muuttuu lämmöksi rakenteessa esiintyvistä kitkasta johtuen. Äänen siirtyminen rakenteeseen aiheuttaa rakenteessa värähtelyjä eli niin sanottuja runkoääniä. Mitä voimakkaammin rakenne värähtelee, sitä enemmän se synnyttää ääniaaltoja rakenteen toiselle puolelle. Kevyt rakenne värähtelee samasta äänenpaineesta enemmän kuin raskas rakenne. Voidaan siis todeta, että raskas rakenne eristää ääntä paremmin. Tätä kutsutaan ääneneristävyyden massalaiksi. (Wood Focus 2004, 18.)

Rakenteiden ilmaäänieristävyyttä voidaan määrittää kaavalla 2.3. Määrittämällä rakenteelle ilmaääneneristävyys taajuudella 500 Hz, voidaan tietyissä tapauksissa suuntaa-antavasti arvioida rakenteen ilmaääneneristysluvun R_w suuruus. (Wood Focus 2004, 18.)

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

(2.3)

missä R on rakenteen ilmaääneneristävyys (dB), m rakenteen massa (kg/m^2) ja f äänentaajuus (Hz).

Tarkka rakenteen ilmaääneneristysluku voidaan määrittää vain vertailukäyrämenetel-lyllä koko taajuusalueen mittaustulosten perusteella (Wood Focus 2004, 18).

Massalaki ei täysin päde rakenteille joiden massa on alle 100 kg/m^2 , jolloin ääneneristävyys on pienempi kuin teoreettinen massalaki. Seinärakenteilla, joiden massa on yli 100 kg/m^2 , äänieristävyyden kasvu massaa lisättäessä tapahtuu likimain massalain mukaisesti. Massan kaksinkertaistuksessa tapahtuu noin 5,5 dB:n kasvu äänieristävyydessä. Paras tapa ääneneristävyyden lisäämiselle on tehdä rakenteesta kaksikerroksinen, jolloin ääni muuttuu rakenteeseen osuessaan runkoääneksi, ilma- väliin tulemaan ilmaääneksi ja taas rakenteeseen tulemaan runkoääneksi. Samalla ääni heikkenee menettäessään energiaa. (Halme 1976, 110.)

Myös taajuus vaikuttaa ääneneristävyyteen. Massalain mukaan rakenteet eristävät korkeita ääniä paremmin kuin matalia. Taajuuden noustessa kaksinkertaiseksi äänieristävyys kasvaa 6 dB. Siis esimerkiksi jos seinän äänieristävyys on 500 Hz:n kohdalla 40 dB, niin 1000 Hz kohdalla se on 46 ja 2000 Hz:n kohdalla 52 dB. (Halme 1976, 110.)

3. OTTEITA RAKENNUSMÄÄRÄYSKOKOELMASTA

Suomen rakennusmääräyskokoelma sisältää täydentäviä määräyksiä ja ohjeita maankäyttö- ja rakennuslakiin sekä asetukseen. Rakennusmääräyskokoelman määräykset ovat velvoittavia. Määräysten lisäksi kokoelmat sisältävät ohjeita, jotka eivät ole velvoittavia. Muitakin kuin niissä esitettyjä ratkaisuja voidaan käyttää, kunhan ne täyttävät rakentamiselle asetetut määräykset. Rakennusmääräyskokoelman määräykset koskevat ensisijaisesti uudisrakentamista. Rakennusten korjaus- ja muutostöissä määräyksiä sovelletaan niiltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen tai sen osan mahdollisesti muutettava käyttötapa sitä edellyttävät. (Ympäristöministeriön www-sivut.)

Rakennusmääräyskokoelma koostuu seitsemästä osasta A-G. Jokaisessa osassa on omat alaosansa 1,2,...n, jotka on nimetty pääosan ja sisällön mukaan esim. A1 Rakentamisen valvonta ja tekninen tarkastus. Seuraavaksi tutustutaan tämän opinnäytetyön kannalta keskeisiin määräyksiin. Osaa B Rakenteiden lujuus ei käsitellä, koska se on uudistumassa eurokoodiyhteensopivaksi vuonna 2013.

3.1 C Eristykset

Rakennusmääräyskokoelman C-osa käsittelee rakennuksen äänen-, melun- ja lämmöneristävyyttä sekä kosteuden torjuntaa. Vielä vähän aikaa rakennusten lämmöneristykseen vaatimukset on esitetty kohdassa C3 Rakennusten lämmöneristys. Nämä määräykset siirtyvät 1.7.2012 D-osan kohtaan D3 Rakennusten energiatehokkuus.

3.1.1 C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa

Tässä luvussa esitetyt määräykset koskevat rakenteellista ääneneristystä ja meluntorjuntaa uudisrakennuksissa. Ääneneristykseen ja meluntorjuntaan kannalta on erityisen tärkeää, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan siten että melu, jolle rakennuksessa tai sen lähellä olevat altistuvat, pysyy niin alhaisena, ettei se vaaranna heidän terveyttään ja että se antaa mahdollisuuden nukkua, levätä ja työskennellä riittävän hyvissä olosuhteissa. Tämä vaatimus on täytettävä tavanomaisella kunnossapidolla rakennuskohteen koko taloudellisen käyttöiän ajan. (C1 Ääneneristys ja meluntorjunta 1998, 3.)

Rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa on hyvien ääniolosuhteiden saavuttamiseksi otettava huomioon äänieristykseen lisäksi myös muut rakennuksen tai tilan ääniolosuhteisiin vaikuttavat tekijät, kuten melulähteen voimakkuus ja tilojen keski-

näinen sijainti. Rakennusluvassa ääneneristävyydelle ja muille akustisille ominaisuuksille voidaan asettaa muitakin vaatimuksia kuin näissä määräyksissä on annettu, mikäli melulähteen voimakkuuden, meluisten tilojen läheisyyden tai tilan erikoiskäytön vuoksi tyydyttäviä ääniolosuhteita ei muutoin voida saavuttaa. (C1 Ääneneristys ja meluntorjunta 1998, 4.)

TAULUKKO 1. Asuinrakennusten akustiset vaatimukset (C1 Ääneneristys ja meluntorjunta 1998, 5)

Pienimmät sallitut ilmaääneneristysluvun R'_{w} (dB) arvot	dB
- Asuinhuoneiston ja sitä ympäröivien tilojen välinen yleensä	55
- Asuinhuoneiston ja toista huoneistoa palvelevan uloskäytävän välinen, kun välissä on ovi	39
Suurimmat sallitut askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ (dB) arvot	dB
- Asuinhuoneistoa ympäröivistä tiloista keittiöön tai muuhun asuinhuoneeseen yleensä	53
- Uloskäytävästä asuinhuoneeseen	63
Suurin sallittu jälkikaiunta-aika uloskäytävissä	s
- Uloskäytävässä, jota käynti vähintään kahteen huoneistoon	1,3

Taulukossa 1 on esitetty asuinrakennuksissa noudatettavat akustiset vaatimukset ilmaääneneristysluvun, askeläänitasoluvun ja jälkikaiunta-ajan osalta.

3.1.2 C2 Kosteus

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei siitä aiheudu sen käyttäjille terveysriskiä kosteuden kertymisestä rakennuksen osiin tai pinnoille. Rakennuksen näiden ominaisuuksien tulee normaalilla kunnossapidolla säilyä koko taloudellisesti kohtuullisen käyttöiän ajan. Tämä vaatimus täyttyy useimmiten, kun suunnittelussa ja rakentamisessa noudatetaan jäljempänä esitettyjä määräyksiä. Kosteusteknisesti vaativien tilojen, kuten pesuhuoneiden, vaatimusten täyttämiseen eivät edellä mainittu määräys välttämättä riitä, vaan olennaisen vaatimuksen täyttäminen on osoitettava erikseen. (C2 Kosteus 1998, 3.)

Rakenteet on tehtävä siten, ettei sisäisistä ja ulkoisista kosteuslähteistä peräisin oleva vesi, vesihöyry tai lumi haitallisesti tunkeudu rakenteisiin ja rakennuksen sisätiloihin. Tarvittaessa rakenteen on kyettävä kuivumaan haittaa aiheuttamatta tai rakenteen kuivattamiseen esitetään suunnitelmissa menetelmä. Sisäilman vesihöyryn haitallisen konvektion estämiseksi tulee rakennuksen vaipan ja sen yksityiskohtien olla tiiviitä niin, että syntyy edellytykset pitää rakennus pääsääntöisesti alipaineisena. Ra-

kennuksen ulkopinnan ja sen yksityiskohtien tulee estää veden ja lumen haitallinen tunkeutuminen rakenteisiin mm. tuulen vaikutuksesta. (C2 Kosteus 1998, 3 - 4.)

Mikäli rakenteessa on tuuletusväli tai -tila, sijoitetaan tähän johtavat tuuletusaukot tai -raot niin, että tuuletusväli tai -tila on kokonaisuudessaan tuuletusilman virtausreitinä. Kosteusvaurioriskien vähentämiseksi kosteudelle alttiit rakenteet ja rakennuspohjan kuivatusjärjestelmät on suunniteltava ja rakennettava toimintavarmiksi sekä helposti tarkastettaviksi ja huollettaviksi. Veden haitallinen kapillaarivirtaus rakenteeseen tai rakenteessa estetään salaojituskerroksilla ja eristyksillä. (C2 Kosteus 1998, 4.)

Rakennusaineet ja -tarvikkeet sekä rakennusosat on suojattava haitalliselta kastumiselta kuljetusten, varastoinnin ja rakentamisen aikana. Kostuneiden rakenteiden ja rakennuskosteuden on annettava kuivua tai rakenteita on kuivatettava riittävästi, ennen kuin ne peitetään kuivumista hidastavalla ainekerroksella tai pinnoitteella. (C2 Kosteus 1998, 4.)

Vaatimuksia joillekin rakenneosille

Kellarin lattiaa lukuun ottamatta on maanvastaisen lattian yläpinnan oltava vähintään 300 mm rakennuksen ulkopuolella olevan maanpinnan yläpuolella. Tästä voidaan poiketa vain erityisestä syystä ja silloinkin vähäisissä määrin. Tällöin on perustusten kuivatuksen ohella huolehdittava perusmuurin suojaamisesta ulkopuoliselta kosteudelta. (C2 Kosteus 1998, 7.)

Ulkoseinän ja sen eri kerrosten sekä ulkoseinään liittyvien rakenteiden ja ulkoseinän liitosten vesihöyrynvastuksen ja ilmatiiviyden on oltava sellainen, ettei seinän kosteuspoistisuus sisäilman vesihöyryn vuoksi muodostu haitalliseksi. Sekä rakennuskosteuden että seinään ulko- tai sisäpuolelta satunnaisesti tunkeutuvan veden on voitava poistua vahinkoa ja terveysriskiä aiheuttamatta. Seinärakenne on suunniteltava ja rakennettava siten, että ulkoverhouksen taakse ei joudu vettä tai ulkoverhous on suunniteltava niin, että ulkoverhouksen taakse tunkeutuva vesi ja kosteus pääsevät poistumaan rakenteita vahingoittamatta. Ulkoverhouksen tausta on tuuletettava, ellei kosteus pääse muutoin poistumaan. (C2 Kosteus 1998, 9 - 10.)

Ulkoilmaan rajoittuvat seinärakenteet on liitettävä sokkeliin ja maanvastaiseen lattia-rakenteeseen niin, että kosteuden haitallinen siirtyminen ja kertyminen seinärakenteeseen sokkelin tai viereisen lattiarakenteen kautta on estetty ja seinän kuivuminen on mahdollista. Kellarin maanvastaisen ulkoseinän ulkopinnassa tai ulkopuolisen, maata vasten olevan lämmöneristyksen sisäpuolella on käytettävä vedeneristystä, joka estää ympäröivän maan kosteuden ja pinta- sekä sulamisveden haitallisen tun-

keutumisen rakenteeseen. Vedenpaineelle alttiit rakenteet varustetaan vedenpaineeneristyksellä, joka estää ulkopuolisen veden haitallisen tunkeutumisen seinärakenteeseen. (C2 Kosteus 1998, 11 - 12.)

Vesikaton on estettävä sadeveden, lumen ja sulamisveden tunkeutuminen kattorakenteisiin ja sen alla oleviin tiloihin ja rakenteisiin. Katto on suunniteltava ja rakennettava siten, että vesi poistuu katolta suunnitellulla tavalla rakennusta vahingoittamatta. Vesikatolla on oltava katemateriaalin mukaan riittävä kaltevuus ja tiiviys veden pojohtamiseksi. Katteen on myös kestettävä ilmastorasitukset, lumen ja jään aiheuttamat rasitukset sekä huoltotoimenpiteiden vaatima liikkuminen katolla. Yläpohjan eri kerrokset ja katon tuuletus on suunniteltava ja rakennettava niin, että kattoon ei kerry vesihöyryn tiivistymisen tai ilmavirtausten vuoksi haitallisessa määrin kosteutta ja että rakenteisiin mahdollisesti pääsevä kosteus voi kuivua. (C2 Kosteus 1998, 12 - 14.)

Märkätilat

Märkätilojen vedenpoisto ja rakenteet on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei vettä pääse valumaan tai siirtymään kapillaarivirtauksena ympäröiviin rakenteisiin ja muihin tiloihin. Märkätilan lattiapäällysteen ja seinäpinnoitteen on toimittava vedeneristykseenä tai lattiaan päällysteen alle ja seinään pinnoitteen taakse on tehtävä erillinen vedeneristys. Vedeneristyksen tulee olla riittävän sitkeä. Sen tulee saumoinen kestää rakennustyön aikaiset rasitukset ja käytön aikaiset alustan liikkeet. Märkätilojen vedeneristykseenä toimiva lattianpäällyste tai lattiapäällysteen alla oleva vedeneristys on ulotettava riittävästi seinälle sekä liitettävä vedenpitävästi seinän vedeneristykseen estämään veden pääsy seinä- ja lattiarakenteisiin. (C2 Kosteus 1998, 14 - 15.)

Lattian vedeneristyksen reuna on määräysten ohjeosan mukaan suositeltavaa nostaa seinälle ainakin 100 mm:n korkeuteen lattiapinnasta. Lattian vedeneristyksen saumoja tulee välttää märkätilan eniten kastuvalla alueella. Seinän vedeneristys limitetään lattian seinälle nostetun vedeneristyksen päälle tai vedeneristysten tulee muodostaa jatkuva saumaton rakenne niin, ettei seinää pitkin valuva vesi pääse lattian vedeneristyksen taakse. (C2 Kosteus 1998, 15.)

Lattian kaltevuuden on oltava sellainen, että vesi valuu esteettömästi lattiakaivoon. Vedeneristyksen ja lattiakaivon liitoksen on oltava niin tiivis, että vesi ei pääse vedeneristyksen alapuolisiin rakenteisiin vaikka vedenpinta kaivossa nousisi liitoksen yläpuolelle. Lattian kaltevuuden tulee olla vähintään 1:100. Vesilaitteet ja lattiakaivot sijoitetaan siten, ettei vesi valu märkätilan lattialta muihin tiloihin. Märkätilan lattiaan

saa tehdä vain läpivientejä, jotka ovat tarpeen viemäroinnin järjestämiseksi. (C2 Kosteus 1998, 15.)

3.1.3 C4 Lämmönläpäisykertoimien määrittäminen

Suomen rakennusmääräyskokoelman osa C4 on uudistumassa vuoden 2012 aikana. Tätä kirjoitettaessa on käytössä 16.3.2012 päivätty luonnos. Tässä luvussa käsitelty lämmönläpäisykertoimen määrittäminen voi siis vielä joltain osin muuttua lopulliseen versioon. Tästä huolimatta tässä opinnäytetyössä laskettujen lämmönläpäisykertoimien määrittämiseen on käytetty alla esitettyä menetelmää.

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c on rakennusosan lopullinen lämmönläpäisykerroin, jota käytetään rakennuksen määräysten mukaisuutta osoitettaessa sekä rakennuksen energiankulutuslaskennassa. Rakennuksen vaippaan eri syistä tehtäviä yksittäisiä kylmäsiltoja ei oteta huomioon rakennusosan lämmönläpäisykerrointa laskettaessa. Yksittäisen kylmäsiltojen voi muodostaa esimerkiksi suuri läpivienti, hormi, parvekkeen kannatus tai muu erikseen suunniteltu ja toteutettu yksittäinen ratkaisu. (C4 Lämmöneristys 2012, 6.)

Yksittäisen rakennusosan lämmönläpäisykerrointa U laskettaessa ainekerrosten lämmönjohtavuutena λ käytetään lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja λ_U . Rakennusosan lämmönläpäisykerroin U on rakennusosan kokonaislämmönvastuksen R_T käänteisluku: (C4 Lämmöneristys 2012, 6.)

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (3.1)$$

jossa U on rakenneosien lämmönläpäisykerroin (W/m^2K)
ja R_T rakennusosan kokonaislämmönvastus (m^2K/W).

Rakennusosan kokonaislämmönvastus R_T sisältää rakennusosan lämmönvastuksen ja rakennusosan molempien puolien pintavastukset (C4 Lämmöneristys 2012, 6).

Lämpö voi johtua rakennusosan sisällä usean ainekerroksen läpi. Ainekerrokset voivat poiketa toisistaan paksuudeltaan ja lämmönjohtavuudeltaan. Yksittäisen ainekerroksen lämmönvastus R lasketaan ainekerroksen paksuutta d ja lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoa λ_U käyttäen kaavasta 3.2: (C4 Lämmöneristys 2012, 7.)

$$R = \frac{d}{\lambda_U} \quad (3.2)$$

jossa R on ainekerroksen lämmönvastus ($\text{m}^2\text{K/W}$), d ainekerroksen paksuus (m) ja λ_U ainekerroksen lämmönjohtavuuden suunnitelluarvo (W/mK).

Jos ainekerroksen paksuus d vaihtelee lämpövirran suuntaan nähden kohtisuorassa tasossa, voidaan ainekerroksen paksuutena käyttää ainekerroksen paksuuden keskimääräistä arvoa edellyttäen, ettei ainekerroksen vähimmäispaksuus alita ainekerroksen keskimääräistä paksuutta enempää kuin 20 % (C4 Lämmöneristys 2012, 7).

Erilaiset ainekerrokset

Rakennusosan lämmönjohtavuudeltaan erilaiset ainekerrokset voivat olla lämpövirran suuntaan nähden peräkkäin, kuten esitetty kuvassa 1 tai rinnan, kuten kuvassa 2. Lämpövirran suuntaan nähden peräkkäisistä ainekerroksista muodostuvan rakennusosan kokonaislämmönvastus R_T lasketaan kaavalla 3.3: (C4 Lämmöneristys 2012, 7.)

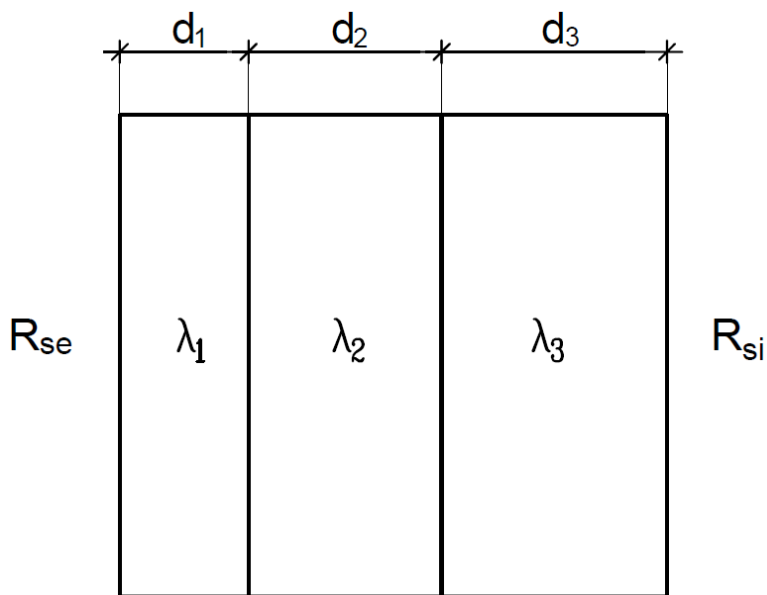
$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (3.3)$$

jossa R_T on rakenneosan kokonaislämmönvastus ($\text{m}^2\text{K/W}$),

R_{si} ja R_{se} sisä- ja ulkopuolen pintavastukset ($\text{m}^2\text{K/W}$) ja

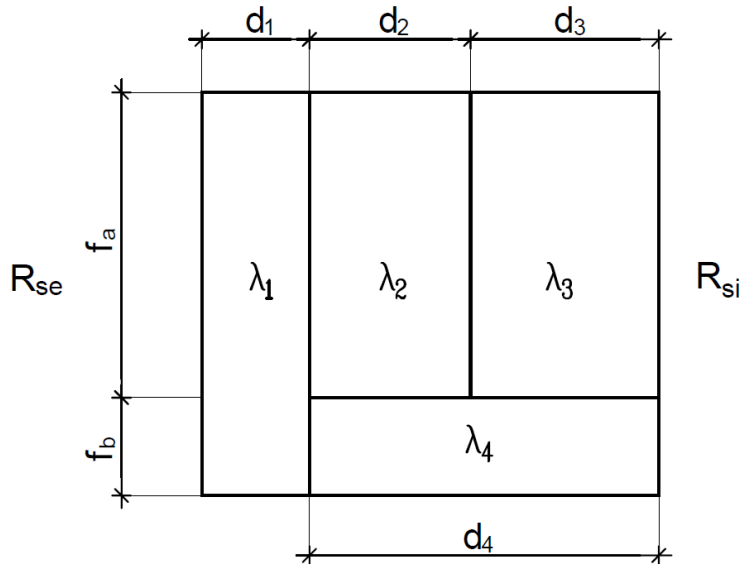
R_1, R_2, \dots, R_n rakennusosan 1, 2, ..., n lämmönvastukset ($\text{m}^2\text{K/W}$).

Kunkin yksittäisten ainekerroksen lämmönvastus R_1, R_2, \dots, R_n lasketaan ainekerroksen paksuutta ja lämmönjohtavuutta käyttäen kaavasta 3.2 ja sijoitetaan kaavaan 3.3 (C4 Lämmöneristys 2012, 7).



KUVA 1. Lämpövirran suuntaan nähden peräkkäiset ainekerrokset (C4 Lämmöneristys 2012, 9)

Mikäli rakennusosassa on lämpövirran suuntaan nähden lämmönjohtavuudeltaan erilaisia rinnakkaisia ainekerroksia, kuten kuvassa 2, rakennusosan kokonaislämmönvastukselle lasketaan yläkiiarvo R'_T ja alakiiarvo R''_T . Rakennusosan kokonaislämmönvastus R_T on tällöin näiden lukujen keskiarvo (C4 Lämmöneristys 2012, 7).



KUVA 2. Lämpövirran suuntaan nähden rinnakkaisia ainekerroksia (C4 Lämmöneristys 2012, 9)

Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen yläkiiarvon R'_T laskennassa rakennusosa jaetaan lämpövirran suuntaisiin, koko rakennusosan läpi meneviin itsenäisiin lohkoihin, jotka muodostuvat lämpövirran suuntaan nähden peräkkäin olevista lämmönjohtavuudeltaan erilaisista ainekerroksista. Lämmönjohtavuudeltaan erilaiset rinnakkaiset ainekerrokset sijoitetaan toisistaan riippumattomiin lohkoihin. Jokaisen lohkon kokonaislämmönvastus lasketaan erikseen kaavalla 3.3 pintavastukset mukaan lukien. Lopuksi lohkojen kokonaislämmönvastukset sijoitetaan kaavaan 3.4 rakennusosan kokonaislämmönvastuksen yläkiiarvon R'_T laskemiseksi. (C4 Lämmöneristys 2012, 8.)

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{Tn}} \quad (3.4)$$

jossa R'_T on rakennusosan kokonaislämmönvastuksen yläkiiarvo ($\text{m}^2\text{K/W}$), f_a, f_b, \dots, f_n lohkojen a, b, ..., n osuudet rakennusosan lämpövirran suunta nähden kohtisuorasta pinta-alasta ja $R_{Ta}, R_{Tb}, \dots, R_{Tn}$ lohkojen a, b, ..., n kokonaislämmönvastukset ($\text{m}^2\text{K/W}$).

Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen alakiiarvon R''_T laskennassa rakennusosa jaetaan lämpövirran suuntaan nähden kohtisuoriin, koko rakenneosan läpi ulottu-

viin kerrokseen siten, että jokainen kerros on lämmönjohtavuudeltaan yhtenäinen lämpövirran suunnassa. Seuraavaksi kunkin kerroksen lämmönjohtavuudeltaan erilaisten rinnakkaisten lohkojen lämmönvastukset yhdistetään kerros kerrallaan kaavaa 3.5 käyttäen. (C4 Lämmöneristys 2012, 8.)

$$\frac{1}{R_j''} = \frac{f_a}{R_{ja}} + \frac{f_b}{R_{jb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{jn}} \quad (3.5)$$

jossa R_j'' on rakennusosan kerroksessa j yhdistettävien rinnakkaisten lohkojen a,b,...,n yhteenlaskettu lämmönvastus ($\text{m}^2\text{K/W}$), f_a, f_b, \dots, f_n yhdistettävien rinnakkaisten lohkojen a,b,...,n osuudet rakennusosan lämpövirran suuntaan nähden kohtisuorasta pinta-alasta ja $R_{ja}, R_{jb}, \dots, R_{jn}$ rakennusosan kerroksessa j yhdistettävien rinnakkaisten lohkojen a,b,...,n lämmönvastukset ($\text{m}^2\text{K/W}$).

Kun käytetään kaavaa 3.5, kerroksessa j olevien lämmönjohtavuudeltaan erilaisten rinnakkaisten lohkojen lämmönvastukset lasketaan kaavalla 3.2. Paksuutena d käytetään jokaiselle yhdistettävälle lohkolle tarkasteltavan kerroksen paksuutta. Kerroksen paksuus on se matka, jonka yhdistettävät lämmönjohtavuudeltaan erilaiset lohkot kulkevat rinnan. Tämä paksuus ei välttämättä ole sama kuin ainekerroksen kokonaispaksuus, jos yhdistettävät lohkot eivät kulje rinnan koko matkaa. Yhdistettävien rinnakkaisten lohkojen osuudet ovat yhtä suuret kaavoissa 3.4 ja 3.5. (C4 Lämmöneristys 2012, 8.)

Lämmönjohtavuudeltaan erilaisten rinnakkaisten lohkojen lämmönvastuksen yhdistämisen jälkeen rakenneosan kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo R_T'' saadaan kaavalla 3.6. (C4 Lämmöneristys 2012, 8 - 9.)

$$R_T'' = R_{si} + (R_1'' + R_2'' + \dots + R_j'') + (R_1 + R_2 + \dots + R_k) + R_{se} \quad (3.6)$$

jossa R_T'' on rakennusosan kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo ($\text{m}^2\text{K/W}$), R_{si} ja R_{se} sisä- ja ulkopuolen pintavastukset ($\text{m}^2\text{K/W}$), $R_1'', R_2'', \dots, R_j''$ rakennusosan kerroksessa a,b,...,j olevien rinnakkaisten lohkojen yhdistetyt lämmönvastukset ($\text{m}^2\text{K/W}$) ja R_1, R_2, \dots, R_k rakennusosan tasa-aineisista ja tasapaksuista ainekerroksista muodostuvien kerrosten 1,2,...,k lämmönvastukset ($\text{m}^2\text{K/W}$).

Tämän jälkeen voidaan laskea kokonaislämmönvastus R_T ylä- ja alalikiarvojen keskiarvona ja tämän jälkeen lämmönläpäisevyyden U -arvo kaavalla 3.1.

Korjatun lämmönläpäisykertoimen laskenta

Rakennusosan korjattu lämmönläpäisykerroin U_c saadaan lisäämällä kaavalla 3.1 laskettuun lämmönläpäisykerroimen arvoon U lämmönläpäisykerroimen korjaustermi ΔU kaavalla 3.7 (C4 Lämmöneristys 2012, 10).

$$U_c = U + \Delta U \quad (3.7)$$

missä U_c on rakennusosan korjattu lämmönläpäisykerroin ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$), U rakennusosan lämmönläpäisykerroin ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) ja ΔU lämmönläpäisykerroimen korjaustermi ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$).

Lämmönläpäisykerroimen korjaustermi ΔU lasketaan kaavalla 3.8 (C4 Lämmöneristys 2012, 10):

$$\Delta U = \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_r + \Delta U_\psi \quad (3.8)$$

jossa ΔU on lämmönläpäisykerroimen korjaustermi ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$), ΔU_f mekaanisista kiinnikkeistä aiheutuva korjaustekijä ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$), joka saadaan kaavalla 3.9, ΔU_g ilmaraoista aiheutuva korjaustekijä ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$), joka tulee kaavasta 3.11, ΔU_r on käänteisistä katoista johtuva korjaustekijä ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) ja ΔU_ψ viivamaisista kylmäsilloista aiheutuva korjaustekijä ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$).

Lämmönläpäisykerroimen korjaustermin ΔU ollessa vähemmän kuin 3 % rakennusosan lämmönläpäisykerroimen U arvosta, lämmönläpäisykerroimen korjaustermiä ei tarvitse ottaa huomioon. Tällöin rakennusosan korjattu lämmönläpäisykerroin on rakennusosan kaavalla 3.1 laskettu lämmönläpäisykerroin. (C4 Lämmöneristys 2012, 10.)

Eristeen osittain tai kokonaan läpäisevien mekaanisten kiinnikkeiden ja muiden säännöllisten pistemäisten kylmäsiltojen korjaustekijä ΔU_f saadaan kaavalla 3.9 (C4 Lämmöneristys 2012, 11).

$$\Delta U_f = \frac{\alpha \lambda_f A_f n_f}{d_o} \left(\frac{R_{f0}}{R_{Th}} \right)^2 \quad (3.9)$$

missä α on kaavasta 3.10 saatava kerroin, λ_f kiinnikkeiden lämmönjohtavuus (W/mK), A_f yhden kiinnikkeen poikkipinta-ala (m^2), n_f kiinnikkeiden lukumäärä neliometriä kohti (kpl/m^2), d_o eristekerroksen paksuus (m), R_{f0} lämmöneristyskerroksen lämmönvastus ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$) ja R_{Th} tarkasteltavan rakenneosan kokonaislämmönvastus ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$).

Kaavalla 3.9 saatava korjaustekijä on likimääräinen. Jos korjaustekijän haluaa laskea tarkemmin, ohjeet löytyvät rakennusmääräyskokoelman osasta C4 lämmöneristys. Mekaanisten kiinnikkeiden ja muiden pistemäisten säännöllisten kylmäsiltojen aiheuttamaa korjausta ei tehdä, jos kiinnikkeet lävistävät tyhjän välitilan tai jos kiinnikkeen lämmönjohtavuus λ_f on pienempi kuin 1 W/mK. (C4 Lämmöneristys 2012, 11.)

Kaavassa 3.9 käytetty lämmöneristeen ja kiinnikkeen suhteesta riippuva kerroin α lasketaan kaavalla 3.10 (C4 Lämmöneristys 2012, 11).

$$\alpha = 0,8 \frac{d_{f0}}{d_0} \quad (3.10)$$

jossa d_0 on lämmöneristyskerroksen kokonaispaksuus (m) ja d_{f0} pituus jonka kiinnike kulkee ko. eristeessä (m).

Jos kiinnike läpäisee eristekerroksen kokonaan, kertoimen arvo on 0,8.

Lämmöneristyksessä mahdollisesti olevien ilmarakojen ja epäideaalisen asennuksen aiheuttama lisäys ΔU_g lämmönläpäisykertoimeen lasketaan kaavalla 3.11 (C4 Lämmöneristys 2012, 11).

$$\Delta U_g = \Delta U'' \left(\frac{R_1}{R_{Th}} \right)^2 \quad (3.11)$$

jossa $\Delta U''$ on ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin (W/m²K), R_1 ilmarakojen sisältävän eristyskerroksen lämmönvastus (m²K/W), ja R_{Th} tarkasteltavan rakenneosan kokonaislämmönvastus (m²K/W).

Jos tarkempia tietoja ei ole käytössä, voidaan ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin ottaa taulukosta 2 (C4 Lämmöneristys 2012, 12).

Käännetty kattorakenne toteutetaan siten, että lämmöneriste on kokonaisuudessaan vedeneristeen yläpuolella. Käännettyjen kattojen korjaustekijällä ΔU_r otetaan huomioon ylimääräinen lämpöhäviö, joka aiheutuu käännettyissä katoissa sadeveden kulkeutumisesta lämmöneristeen liitosten kautta vedeneristys- ja lämmöneristeen väliin. (C4 Lämmöneristys 2012, 12.)

TAULUKKO 2. Ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin $\Delta U''$ (C4 Lämmöneristys 2012, 12)

Taso	Ilmaraon kuvaus	$\Delta U''$ W/(m ² K)
0	Lämmöneristeessä ei ole ilmarakoja tai lämmöneristeessä on vain vähäisiä ilmarakoja, joilla ei ole merkittävää vaikutusta lämmönläpäisykertoimeen.	0,00
1	Lämmöneristeessä on eristeen läpäiseviä ilmarakoja, jotka eivät kuitenkaan aiheuta ilman kiertokulkua lämmöneristeen lämpimän ja kylmän puolen välillä.	0,01
2	Lämmöneristeessä on eristeen läpäiseviä ilmarakoja, jotka aiheuttavat ilman kiertokulkua lämmöneristeen lämpimän ja kylmän puolen välillä.	0,02

Tässä opinnäytetyössä ei käsitellä käännettyjä kattorakenteita, joten tätä laskentaa ei esitellä. Jos asiaan haluaa tutustua tarkemmin, löytyy laskenta kokonaisuudessaan rakennusmääräyskokoelman osasta C4 Lämmöneristys. Myöskään viivamaisia kylmäsiltoja, kuten teräsrankoja, ei käsitellä. Siksi viivamaisista kylmäsiltoista johtuvaa korjauskerrointa ΔU_{ψ} ei tässä luvussa esitellä. Huomioon tulee kuitenkin ottaa, että viivamaisista kylmäsiltoista johtuvat lisäkonduktanssit on voitu ottaa huomioon valmistajan määrittämässä rakenteen lämmönläpäisykertoimen arvossa, jolloin niiden vaikutusta ei tarvitse laskea erikseen.

3.2 D LVI ja energiatalous

Suomen rakennusmääräyskokoelman osa D käsittelee rakennusten vesi- ja viemäri-laitteistoja sekä sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa. Vuonna 2012 siihen lisätään rakennusten energiatehokkuutta ja lämmöneristävyttä koskevat määräykset. Tämän opinnäytetyön kannalta tärkein kohta onkin uudet energiatehokkuusmääräykset sisältävä osa D3 Rakennusten energiatehokkuus.

Tässä esitetyt määräykset ja ohjeet koskevat uusia rakennuksia, joissa käytetään energiaa tilojen ja ilmanvaihdon lämmitykseen ja sen lisäksi mahdollisesti jäähdytykseen tarkoituksenmukaisten sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseksi. Rakennukset ja tilat jaotellaan näissä määräyksissä seuraaviin käyttötarkoituksiluokkiin: (D3 Rakennusten energiatehokkuus 2012, 3.)

- luokka 1: erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot
- luokka 2: asuinkerrostalot
- luokka 3: toimistorakennukset
- luokka 4: liikerakennukset

- luokka 5: majoitusliikerakennukset
- luokka 6: opetusrakennukset ja päiväkodit
- luokka 7: liikuntahallit pois lukien uima- ja jäähallit
- luokka 8: sairaalat
- luokka 9: muut rakennukset.

Luokka 2 asuinkerrostalot jaotellaan edelleen luhtitaloihin ja muihin asuinkerrostaloihin (D3 Rakennusten energiatehokkuus 2012, 3).

Rakennusvaipan ilman pitävyys

Sekä rakennusvaipan että rakennuksen tilojen välisten rakenteiden tulee olla ilmanpitäviä siten, että vuotokohtien läpi tapahtuvat ilmvirtaukset eivät aiheuta merkittäviä haittoja rakennuksen käyttäjille, rakenteille tai rakennuksen energiatehokkuudelle. Erityistä huomiota tulee kiinnittää rakenteiden liitosten ja läpivientien suunnitteluun sekä rakentamisen huolellisuuteen. Rakenteisiin on tarvittaessa tehtävä erillinen ilmansulku. (D3 Rakennusten energiatehokkuus 2012, 10.)

Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$. Ilmanvuotoluku saa ylittää arvon $4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat ilmanpitävyyttä. Pienempi ilmanpitävyys voidaan osoittaa mittaamalla tai muulla oikeaksi todetulla menetelmällä. Asuinkerrostaloissa ilmanpitävyys voidaan osoittaa mittaamalla vähintään 20 % huoneistoista. Ilmanpitävyyden mittaus voidaan suorittaa myös rakennuksen omilla ilmanvaihtokoneilla, tällöin enintään 25 % rakennuksen tilojen lämmitetystä nettoalasta voidaan rajata pois mittauksesta. Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotoluku käytetään $4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$. (D3 Rakennusten energiatehokkuus 2012, 10.)

Rakennusosien lämmönläpäisykerrointen enimmäisarvot

Rakennuksen vaippaan kuuluvan seinän, yläpohjan ja alapohjan tai puolilämpimään tilaan rajoittuvan rakennusosan lämmönläpäisykerroin U saa enintään olla $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$. Lämpimän tilan ikkunan, oven, tai umpinaisen savunpoisto- tai uloskäyntilukun lämmönläpäisykerroin saa olla enintään $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja puolilämpimän enintään $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Lämpimän tilan kattovalokuvun ja kupumallisen savunpoistokattoikkunan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja puolilämpimässä tilassa $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. (D3 Rakennusten energiatehokkuus 2012, 11.)

Alapohjan lämmöneristys pitää suunnitella yhdessä routaeristyksen ja mahdollisen rakennuksen vaippaan kuulumattoman perusmuurin lämmöneristyksen kanssa sekä

toteuttaa siten, että vältetään routavaurioita. Asianmukaisen routaeristyksen suunnitteluun ja rakentamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota silloin, kun alapohja toteutetaan myöhemmin esitettyjä vertailuarvoja paremmin eristävänä. (D3 Rakennusten energiatehokkuus 2012, 11.)

Rakennusosan pienen osan lämmönläpäisykerroin saa olla suurempi kuin alla esitetyt, mikäli tämä on tarpeellista rakenteellisista syistä. Rakennusosan pienen osan poikkeaminen vaatimuksista ei saa aiheuttaa kosteuden tiivistymistä tai liian korkeaa suhteellista kosteutta rakenteen pinnassa tai rakenteessa rakennusta normaalisti käytettäessä. Rakennuksen lämmöneristyksen suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota rakennusosien oikeaan kosteus- ja lämpötekniiseen toimintaan. Näin on menettävä erityisesti silloin, kun rakennusosien lämmönläpäisykertoimina käytetään alla esitettyjä vertailuarvoja pienempiä arvoja. (D3 Rakennusten energiatehokkuus 2012, 11.)

Rakennuksen lämpöhäviöt

Rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon lämpöhäviötä rajoitetaan hyvän energiatehokkuuden saavuttamiseksi. Rakennuksen lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin alla esitettyjen mukaisilla vertailuarvoilla rakennukselle määritetty vertailulämpöhäviö. Lämpöhäviön määräystenmukaisuus osoitetaan tasauslaskelmalla, joka tehdään erikseen lämpimille ja puolilämpimille tiloille. (D3 Rakennusten energiatehokkuus 2012, 11.)

Rakennuksen vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään seuraavia rakennusosakohtaisia lämmönläpäisykertoimia. Lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina U käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvoa: (D3 Rakennusten energiatehokkuus 2012, 13.)

- seinä	0,17 W/m ² K
- hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,40 W/m ² K
- yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/m ² K
- ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17 W/m ² K
- maata vasten oleva rakennusosa	0,16 W/m ² K

- ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu,
savunpoisto- ja uloskäyntiluukku 1,0 W/m²K.

Puolilämpimän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina U käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvoa (D3 Rakennusten energiatehokkuus, 13):

- seinä 0,26 W/m²K
- hirsiseinä
(hirsirakenteen keskimääräinen paksuus
vähintään 180 mm) 0,60 W/m²K
- yläpohja ja
ulkoilmaan rajoittuva alapohja 0,14 W/m²K
- ryömintätilaan rajoittuva alapohja
(tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea
alapohjan pinta-alasta) 0,26 W/m²K
- maata vasten oleva rakennusosa 0,24 W/m²K
- ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu,
savunpoisto- ja uloskäyntiluukku 1,4 W/m²K.

Loppuosa D3:sta on rakennusten energialaskennan sääntöjä. Tässä opinnäytetyössä ei käsitellä kyseistä aihepiiriä sen laajuuden ja tuoreuden vuoksi.

3.3 E rakenteellinen paloturvallisuus

Rakennuksen ja muun rakennuskohteen olennaisista vaatimuksista on voimassa mitä maankäyttö- ja rakennusasetuksessa tai muutoin on säädetty tai määrätty. Paloturvallisuuden kannalta tämä erityisesti tarkoittaa, että: (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 8.)

- 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 muutoin.
- Pelastushenkilöstön turvallisuus on rakentamisessa otettavahuomi-oon.

Paloturvallisuusvaatimuksen katsotaan täyttyvän, kun rakennus suunnitellaan ja rakennetaan noudattaen suomen rakennusmääräyskokoelman mukaisia paloluokkia. Paloturvallisuusvaatimuksen katsotaan täyttyvän myös, mikäli rakennus suunnitellaan ja rakennetaan perustuen oletettuun palonkehitykseen, joka kattaa kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät tilanteet. Vaatimuksen täytyminen todennetaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen käyttö ja ominaisuudet. (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 8.)

Palokuormat ja -luokat

Palokuorma määritetään ensi sijassa palo-osaston käyttötavan perusteella. Palokuorma voidaan määrittää myös luotettavan arvion perusteella tai laskelmalla. Palonkehitystä laskettaessa huomioidaan myös palokuorman sijainti, palamisnopeus ja palamisominaisuudet. Eri käyttötavat sijoitetaan palokuormaryhmiin palokuorman tiheyden mukaan. Palokuormaryhmät ovat yli 1200 MJ/m², vähintään 600 MJ/m² ja enintään 1200 MJ/m² mutta kuitenkin alle 600 MJ/m². Kantavien ja osastovien rakennusosien palonkestovaatimukset perustuvat tässä luvussa esitettyyn palokuormaryhmittäykseen. (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 9 - 10.)

Paloluokat

Rakennuksien paloluokat ovat P1, P2 ja P3. Paloluokkaan P1 kuuluvan rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan pääsääntöisesti kestävän palossa sortumatta. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu. Paloluokkaan P2 kuuluvan rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset ovat joissain tapauksissa paloteknisesti P1-luokan tasoa matalampia. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan asettamalla vaatimuksia erityisesti seinien, sisäkattojen ja lattioiden pintaosien palo-ominaisuuksille. Lisäksi kerroslukua ja henkilömäärää on rajoitettu käyttötavasta riippuen. (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 10.)

Paloluokkaan P3 kuuluvan rakennuksen kantaville rakenteille ei aseteta vaatimuksia palonkeston suhteen. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan rakennuksen kokoa ja henkilömäärää rajoittamalla käyttötavasta riippuen. Tästä luokkajaosta voidaan poiketa vain erityisestä syystä. Rakennuksen eri osat voivat myös kuulua eri paloluokkiin edellyttäen, että palon leviäminen on estetty palomuurilla. Palomuurin erottamien rakennuksen osien uloskäytävät rakennetaan erillisiksi, ettei palomuurissa mahdollisesti olevaa ovea ole tarpeen käyttää palotilanteessa. (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 10.)

Rakennuksen kokoa koskevat rajoitukset on esitetty taulukossa 3. Enimmäiskerrosala voidaan hyväksyä taulukossa esitettyjä aloja suurempana, mikäli rakennukseen asennetaan automaattinen paloilmoinin, automaattinen savunpoistolaitteisto tai automaattinen sammutuslaitteisto. (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 11.)

TAULUKKO 3. Rakennuksen kokoa koskevat rajoitukset (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus, 11)

Rakennuksen ominaisuus	Rakennuksen paloluokka		
	P1	P2	P3
KERROSLUKU			
- yleensä	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 2
- asuinrakennus, työpaikkarakennus	ei rajoitusta	enintään 8	enintään 2
- tuotanto- tai varastorakennus, autosuoja	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 1
KORKEUS			
- yleensä	ei rajoitusta	enintään 9 m	enintään 9 m
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 3 - 4 krs.	ei rajoitusta	enintään 14 m	<i>ei sallittu</i>
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 5 - 8 krs.	ei rajoitusta	enintään 26 m	<i>ei sallittu</i>
- yksikerroksinen tuotanto- tai varastorakennus	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 14 m
KERROSALA			
Kerrosala yleensä			
- yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 2 400 m ²
- kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 1 600 m ²
- yli kaksikerroksinen	ei rajoitusta	enintään 12 000 m ²	<i>ei sallittu</i>
Kerrosala tuotanto- ja varastorakennuksissa sekä autosuojissa			
- yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
- kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	<i>ei sallittu</i>
<i>Selostus</i>	<i>Rakennuksen korkeus on julkisivupinnan ja vesikaton leikkausviivan korkeus maan pinnasta</i>		

Paloluokka ei rajoita asuinrakennusten suurinta sallittua henkilömäärää. Jos rakennuksessa on eri käyttötaparyhmiin kuuluvia tiloja, rakennuksen turvallisuustaso arvioidaan tarkastelemalla rakennusta kokonaisuutena (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus, 11).

Palon rajoittaminen

Rakennus jaetaan yleensä palo-osastoihin palon ja savun leviämisen rajoittamiseksi, poistumisen turvaamiseksi, pelastus- ja sammutustoimien helpottamiseksi sekä omaisuusvahinkojen rajoittamiseksi. Tätä palo-osastoinnin muotoa sanotaan kerrososastoinniksi. Rakennuksen eri kerrokset, kellarikerrokset ja ullakko on yleensä eri palo-osastoja. (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 13.)

Palo-osaston kokoa rajoitetaan siten, että osastossa syttyvä palo ei aiheuta kohtuuttoman suuria omaisuusvahinkoja. Asuinrakennuksissa tämä tarkoittaa, että palo-osastointi tehdään huoneistoittain. Käyttötavaltaan tai palokuormaltaan oleellisesti toisistaan poikkeavat tilat on muodostettava eri palo-osastoiksi, jos se on tarpeellista henkilöiden tai omaisuuden suojaamiseksi. Tämä palo-osastointi muoto on käyttöta-
paosastointi. (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 13.)

Asuinrakennuksissa lukuun ottamatta 3 - 8-kerroksisia P2-luokan rakennuksia, saa ullakolle sijoittaa tiloja asukkaiden irtaimiston säilytykseen ja pyykinkuivatukseen. Muissa rakennuksissa käyttöullakkoa ei sallita. Poikkeuksena on kuitenkin maatalouden tuotanto- ja varastorakennukset, joissa ullakkoa voidaan käyttää, jos tästä ei aiheudu vaaraa henkilöille ja kotieläimille. Edellä mainittu määräys ei koske ullakon tasoon muutoin sallittuja, palo-osaston vaatimukset täyttäviä tiloja. (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 13.)

Rakennus ja sen rakennusosat eivät palon vaikutuksesta saa sortumalla aiheuttaa vaaraa määrätynä aikana palon alkamisesta. Mikäli henkilöturvallisuuden takia tai vahinkojen suuruuteen nähden on tarpeellista, rakennuksen on kestettävä sortumatta koko palokuorman palaminen ja jäähtyminen. Kantavan rakenteen mitoitus perustuu joko standardoituun lämpötila-aikakäyrään perustuvaan luokitukseen tai oletetun palonkehityksen mukaisiin rasituksiin. (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 14 - 15.)

Osastoivat rakennusosat ja niihin liittyvät laitteet ja varusteet tulee tehdä siten, että palon leviäminen osastosta toiseen estyy sille määrätyn ajan. Osastoivien ja osastoa osiin jakavien rakennusosien luokkavaatimukset kerroksissa ja kellareissa on esitetty taulukossa 4. (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 17.)

TAULUKKO 4. Osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus, 17)

	Rakennuksen paloluokka ja kerrosluku				
	P1 ja P2 3-8 krs.			P2 1-2 krs.	P3
	Palokuorma MJ/m ²				
	ylä 1200	600 - 1200	alle 600		
Sarake	1	2	3	4	5
Osastoivat rakennusosat kerroksissa	EI 120	EI 90	EI 60	EI 30	EI 30
Osastoivat rakennusosat kellareissa	EI 120	EI 90	EI 60	EI 60	EI 30

Osastoivaksi rakennusosaksi voidaan hyväksyä rakenne, joka kokonaan tai joltain osin täyttää vaatimukset pelkästään tiiviiden osalta. Tämä edellyttää, että henkilöiden poistuminen ei vaarannu ja ettei palo leviä toiseen palo-osastoon vaaditun pa-

lonkestävyysajan kuluessa. Jos pelkästään tiiviysvaatimuksen täyttävän osan pinta-ala on suurempi kuin $0,1 \text{ m}^2$, edellytetään tilanteen vaatimaa suojaetäisyyttä uloskäytävän kulkureittiin ja syttyviin materiaaleihin. (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 18.)

Osastoivissa rakennusosissa käytettäville rakennustarvikkeille asetetaan luokkavaatimus A2-s1, d0 yli kaksikerroksisen P1-luokan rakennuksen uloskäytävien osastoivissa seinissä sekä kellaritilojen osastoinnissa. Tämä määräys ei koske P3-luokan rakennuksen vain yhdelle asunnolle kuuluvaa kellaria. (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 18.)

Palon kehittymisen rajoittaminen

Rakennuksessa on käytettävä rakennustarvikkeita, jotka eivät myötävaikuta palon kehittymiseen vaarallisella tavalla. Seinien, sisäkattojen ja lattioiden paloteknisiä ominaisuuksia arvioitaessa huomioidaan tarvikkeiden osallistuminen paloon, liekkien alkamiseen kuluva aika, lämmön vapautuminen ja savun sekä palavien pisaroiden muodostuminen. (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 20.)

Taulukossa 5 esitetyt sisäpuolisten pintojen luokkavaatimukset eivät koske pinta-alaltaan vähäisiä rakennusosia, kuten tavanomaisia ovia, ikkunoita, kiinnityspintoja, käsijohteita, jalkalistoja ja levyjen välisiä saumoja. Vaatimukset eivät myöskään koske 1 - 2 kerroksisen rakennuksen vähintään R 30-luokkaisia palkkeja ja pilareita, jotka ovat vähintään D-s2, d2 -luokkaa. Vaatimusten selitykset on esitetty kohdassa 2.3. (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 20.)

P2-luokan 3–4 kerroksisen rakennuksen sisäpuoliset seinä- ja kattopinnat on varustettava vähintään A2-s1, d0 -luokan tarvikkeista tehdyllä vähintään K₂ 10-luokan suojaverhouksella, kun rakenne on tehty tarvikkeista, jotka eivät ole vähintään A2-s1, d0 -luokkaa. P2-luokan 5 - 8 kerroksisen rakennuksen sisäpuoliset pinnat ovat, palo-osaston kantamattomia sisäisiä väliseiniä lukuun ottamatta, varustettava vähintään A2-s1, d0 -luokan tarvikkeista tehdyllä vähintään K₂ 30-luokan suojaverhouksella, kun rakenne on tehty tarvikkeista, jotka eivät ole vähintään A2-s1, d0 -luokkaa. (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus 2011, 22.)

TAULUKKO 5. Sisäpuolisten pintojen luokkavaatimukset (E1 Rakenteellinen paloturvallisuus, 21)

Käyttötapa	Kohde	Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2	P3
Asunnot	seinät ja katot	D-s2, d2 ¹⁾	B-s1, d0 ²⁾	D-s2, d2 ¹⁾
	lattiat	-	-	-
Majoitustilat	seinät ja katot	D-s2, d2	B-s1, d0	D-s2, d2
	lattiat	-	-	-
Hoitolaitokset	seinät ja katot	B-s1, d0	B-s1, d0	D-s2, d2
	lattiat	D _{FL} -s1	D _{FL} -s1	-
Kokoontumis- ja liiketilat				
- palokuorma alle 600 MJ/m ² ja				
- pinta-ala on ≤ 300 m ²	seinät ja katot	D-s2, d2	D-s2, d2	D-s2, d2
	lattiat	-	-	-
- pinta-ala on yli 300 m ²	seinät ja katot	C-s2, d1	C-s2, d1	D-s2, d2
	lattiat	-	-	-
- palokuorma ≥ 600 MJ/m ²				
	seinät ja katot	B-s1, d0	B-s1, d0	B-s1, d0
	lattiat	D _{FL} -s1	D _{FL} -s1	-
Työpaikkatilat	seinät ja katot	D-s2, d2 ¹⁾	B-s1, d0 ²⁾	D-s2, d2 ¹⁾
	lattiat	-	-	-
Tuotanto- ja varastotilat				
- palovaarallisuusluokka 1				
	seinät	D-s2, d2	D-s2, d2	D-s2, d2
	katot	D-s2, d2	B-s1, d0	D-s2, d2
	lattiat	D _{FL} -s1	D _{FL} -s1	-
- palovaarallisuusluokka 2				
	seinät ja katot	B-s1, d0	B-s1, d0	B-s1, d0
	lattiat	A _{2FL} -s1	A _{2FL} -s1	A _{2FL} -s1
Autokorjaamot ja -huoltamot, autosuojat (autosuojissa on lievennysmahdollisuus RakMK osan E4 mukaisesti)				
	seinät ja katot	B-s1, d0	B-s1, d0	B-s1, d0
	lattiat	A _{2FL} -s1	A _{2FL} -s1	A _{2FL} -s1
Ullakot ja kellarit				
- käyttöullakot				
	lattiat	A _{2FL} -s1	D _{FL} -s1	D _{FL} -s1
- käyttämättömät ullakot sekä matalat ullakkotilat ja ontelot				
	yläpohjan yläpinta	B-s1, d0	B-s1, d0	-
- kellaritilat yleensä				
	seinät ja katot	C-s2, d1	B-s1, d0	D-s2, d2
	lattiat	D _{FL} -s1	D _{FL} -s1	D _{FL} -s1
- teknisen huollon tilat				
	seinät ja katot	B-s1, d0	B-s1, d0	B-s1, d0
	lattiat	D _{FL} -s1	D _{FL} -s1	D _{FL} -s1
	kattihuoneen lattiat	A _{2FL} -s1	A _{2FL} -s1	A _{2FL} -s1
Uloskäytävät				
	seinät ja katot	A2-s1, d0 ³⁾	A2-s1, d0	B-s1, d0
	lattiat	D _{FL} -s1	D _{FL} -s1	D _{FL} -s1
Sisäiset käytävät majoitus- ja työpaikkatiloissa				
	seinät ja katot	B-s1, d0	B-s1, d0	B-s1, d0
	lattiat	D _{FL} -s1	D _{FL} -s1	-
Saunat	seinät ja katot	D-s2, d2	D-s2, d2	D-s2, d2
	lattiat	-	-	-

4. TOIMIVIA RAKENNERATKAISUJA

Tässä luvussa käsitellään suunnittelun ja rakentamisen lähtökohtia ja annetaan periaate-esimerkkejä toimivista rakenneratkaisuista. Kosteuden hallinnassa keskitytään ilman- ja höyrynsulun suunnitteluun ja märkätilojen rakenteisiin. Lämmöneristyksessä esitellään tyypillisimmät eristeet ja niiden suunnittelu- ja rakentamisvaatimukset. Paloturvallisuudessa ja ääneneristävyudessa keskitytään eri rakenneosien määräysten mukaisuuteen ja liitosten suunnitteluun liittyviä asioita.

Suurin osa tässä kohdassa esitellyistä ratkaisuista on yleisesti käytössä asuinkerrostaloissa, mutta mukana on myös muita esimerkkejä. Detaljeja ja rakennetyyppejä piirrettäessä käytettiin myös muita ratkaisuja kuin tässä luvussa esitettyjä.

4.1 Kosteuden hallinta

Rakenteisiin kertyvä kosteus voi aiheuttaa vakavia sisäilmaongelmia ja rakenteiden nopeaa vanhenemista. Kosteutta voi tulla useasta eri lähteestä. Yleisimmät ovat ulkona esiintyvä sade ja sisällä ilmankosteus. Sisätiloissa oleva kosteampi ilma pyrkii siirtymään rakenteiden läpi kuivempaa ulkoilmaa kohti. Tämä saadaan ainakin osittain estettyä rakenteissa olevalla höyrynsululla, joka voi samalla toimia myös rakennuksen ilmasulkuna.

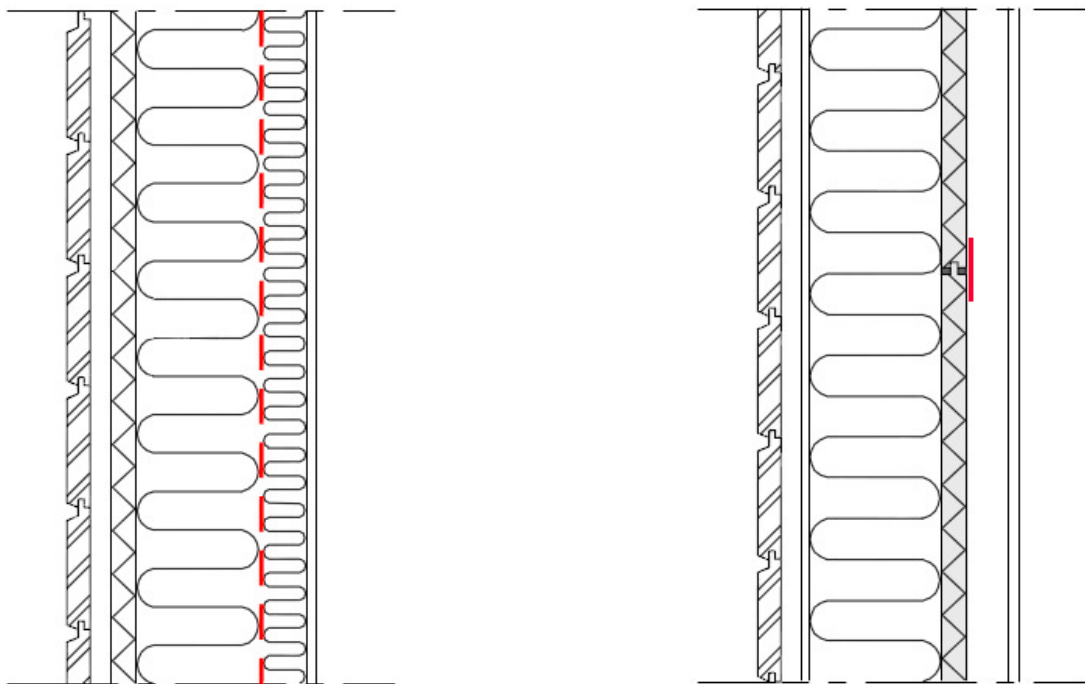
Muuratuissa harkkorakenteissa sulkukerros on yleensä tasoitekerros ja puurankarakenteissa erillinen kalvomainen tai levymäinen ilman- ja höyrynsulkukerros. Massiivisissa rakenteissa, kuten betoniseinässä, ei välttämättä tarvita erillistä sulkukerrosta, mikäli rakenteen ilmatiiviys itsessään on riittävä. Tällöinkin on kiinnitettävä erityistä huomiota rakenteen liitoskohtiin. Puurankarakenteissa ilmansulku ja höyrynsulku toteutetaan yleensä yhdellä yhteisellä kerroksella, jolloin sulun tulee olla lähellä rakenteen lämmintä sisäpintaa. (Aho & Korpi2009, 10.)

Höyrynsulkukerroksen tulee jatkua yhtenäisenä koko rakennuksen vaipan ympäri, joten eri rakenneosien höyrynsulkujen tulee liittyä tiiviisti toisiinsa. Heikosti toteutetut liitoskohdat aiheuttavat erilaisia ongelmia riippuen vuotokohdan sijainnista rakennuksessa. Jokaisessa rakennuskohteessa tarvitaankin huolellinen yksityiskohtien suunnittelu, etenkin sekarakenteiden yhteensovittaminen on ongelmallista rakennuksen ilmanpitävyydelle ja höyrynsululle, koska ratkaisuja ei ole ohjeistettu riittävästi. (Aho, Korpi, 2009, 10.)

Seinärakenteista

Sulkukerros sijoitetaan yleensä lähelle rakenteen sisäpintaa ja sen pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen ilmavirtaus rakenteen läpi. Puurankaseinissä tarvitaan rakenteen sisäpinnassa ilmansulun lisäksi aina riittävän vesihöyrytiivis höyrinsulku. Yleensä sama ainekerros toimii sekä ilman- että höyrinsulkuna. Ilman-/höyrinsulkukerros toteutetaan puurankaseinissä tavanomaisesti kalvomaisilla tuotteilla, jotka ovat joko muovikalvoja tai riittävän vesihöyrynvastuksen omaavia paperipohjaisia ilmansulkukalvoja. Sulkukalvo voidaan sijoittaa joko suoraan sisäpinnan levyn taakse tai noin 50 mm etäisyydelle lämmöneristeen sisään. Jälkimmäinen on hyvän tiiveyden saavuttamiseksi parempi vaihtoehto, koska ilmansulkukerros on paremmin suojassa, koska esimerkiksi seinään lyödyt naulat tee siihen reikiä. Tällöinen ratkaisu on esitetty kuvassa 3. (Aho & Korpi2009, 12.)

Mikäli sulkukerroksen sisäpuolelle tulee lämmöneriste, se asennetaan vasta, kun sisäpuoliset suurta kosteusrasitusta aiheuttavat työvaiheet, kuten lattialaatan valu, on tehty ja suurin osa rakennusaikaisesta kosteudesta on kuivunut. Jos sisäpuolinen lämmöneriste asennetaan liian aikaisin, rakennusaikainen kosteus saattaa kondensoitua ilman-/höyrinsulkukerroksen sisäpintaan ja aiheuttaa kosteuden kertymistä seinän sisäpinnan levyn taakse. Kalvomaisen sulkukerroksen upottaminen lämmöneristeen sisään soveltuukin näin ollen paremmin paikalla rakennettaviin kohteisiin kuin elementtirakentamiseen. (Aho & Korpi2009, 12.)



KUVA 3. Kalvomainen ilman-/höyrinsulku 50 mm:n päässä pintalevystä (vas.) ja levyäinen ilman-/höyrinsulku (oik.) (Aho & Korpi2009, 13 - 14.)

Kalvomaisen ilman-/höyrynsulkukerroksen jatkoskohdat aiheuttavat seinärakenteeseen potentiaalisen vuotokohdan. Jatkokset saadaan suoralla seinänosalla ilmanpitäviksi limittämällä vierekkäiset kalvot ja puristamalla limityskohta kahden puun, esimerkiksi runkotolpan ja sisäpuolisen pystykoolauksen, väliin. Suositeltava limityksen leveys on vähintään 150 mm. Vaihtoehtoisesti limityksen reuna voidaan teipata riittävän kestävyuden omaavalla ja tarkoitukseen sopivalla teipillä toiseen kalvoon. Tällöin riittää lyhyempikin limitysleveys, kunhan varmistetaan jatkoksen yhtenäisyys koko seinän korkeudelta. Ellei teipin tartuntakyvystä ja kestävyydestä ole varmuutta, tulee liitos teippauksen lisäksi vielä puristaa tiiviiksi. Varmin vaihtoehto on yhdistelmä, jossa jatkos on sekä teipattu että puristettu. Ilmansulun yhtenäisyys nurkissa tulee varmistaa riittävällä limitysleveydellä ja puristuksella tai teippauksella. Tiivistyskohdan tulee nurkkajatkoksessa olla aina jommankumman seinän puolella. (Aho & Korpi2009, 14.)

Ilmansulkukerros voidaan toteuttaa kalvon sijaan myös levymäisillä tuotteilla. Sulkuna voidaan käyttää esimerkiksi yhtenäistä riittävän tiivistä solumuovieristyslevyä, jonka saumat on vaahdotettu polyuretaanivaahdolla tai teipattu riittävän tartuntakyvyn omaavalla teipillä. Teippaus parantaa saumakohdan kestävyyttä, mikäli puurakenteen kosteus liikkeet aiheuttavat saumakohdan vaahdotukseen halkeaman. Solumuovieristyslevy sijoitetaan kalvomaisen höyrynsulun paikalle rakenteeseen ja sen eristyskyky voidaan ottaa huomioon seinärakenteen U-arvon laskennassa. Ilmansulun sisäpuolelle jätetään asennusvara sähköasennuksia varten. Levymäisen sulun suositeltava paksuus on vähintään 20 mm ja sauman leveys vähintään 10 mm, jotta saumat, liitokset ja erityisesti läpiviennit voidaan tiivistää luotettavasti. (Aho & Korpi2009, 13.)

Betonelementtiseinä on yksittäisenä rakenneosana ilmanpitävä, kunhan suurten halkeamien syntyminen on estetty sopivan tiheällä raudoituksella. Rakenteeseen käytön aikana syntyneet halkeamat voidaan ilmanpitävyyden parantamiseksi tiivistää esimerkiksi pintakäsittelyllä tai tiivistysaineella. Koko seinärakenteen ilmanpitävyys riippuu suurelta osin elementtien välisistä liitoksista sekä ikkuna- ja oviaukkojen tiivistyksestä. Seinäelementtien väliset saumat tehdään juotosvaluilla tai joustavien elastisten saumojen avulla, esimerkiksi kittaamalla. Juotosvalujen ilmanpitävyyden varmistamisessa olennaisin osuus on työn suorituksella. Huolellisuutta tarvitaan etenkin seinäelementtien alasaumojen täytöissä. (Aho & Korpi2009, 17.)

Kivirakenteiset yläpohjat

Kivirakenteiset yläpohjat tehdään asuinrakennuksissa yleensä ontelolaatoista. Ontelolaatta ja muut teräsbetonelementit sekä kevytbetonelementit ovat rakenteena pää-

sääntöisesti ilmanpitäviä, mutta elementtien väliset saumat on yläpohjissa ilmanpitävyyden varmistamiseksi tiivistettävä erikseen. Saumavaluihin tulee käytännössä aina halkeamia, joista ilmaa pääsee läpi. Erityisesti halkeamia havaitaan elementtien päätysaumoissa. Tiivistämättömistä elementtisaumoista pääsee konvektion mukana yläpohjan lämmöneristekerrokseen helposti suuria määriä kosteutta, koska rakennuksen yläosa on yleensä ylipaineinen. Etenkin pelkästään ylimmän eristekerroksen unen kautta tuuletetuissa umpikatoissa tämä aiheuttaa ongelmia. Ontelolaattayläpohjan ilmanpitävyyden ja erityisesti yläpohjan kosteusteknisen toimivuuden varmistamiseksi elementtien välisten saumojen yläpuolelle tulee asentaa ilmansulkukaistat, esimerkiksi joustavat bitumikermit. (Aho & Korpi2009, 20.)

Märkätilojen rakenteet

Märkätilojen vedenpoisto ja rakenteet on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei vettä pääse valumaan tai siirtymään kapillaarivirtauksena ympäröiviin rakenteisiin ja huonetiloihin. Mikäli rakenteeseen pääsee kosteutta, sen on voitava poistua aiheuttamatta vaurioita rakenteelle. Märkätilojen lattioihin ja seiniin tehdään aina vedeneristys. Tämä koskee myös maanvaraisia teräsbetoni-laattalattioita. Märkätiloista tehdään suunnitelmat, joissa esitetään ainakin: (RT 84-10759 Märkätilojen rakenteet 2001, 2.)

- alus- ja pintarakenteiden vaatimukset alustan kosteudelle
- kosteuspitoisuuden määrittäminen
- alustan esikäsitteleminen
- työohjeet
- vedeneristyskerros liittymiseen ja läpivienteineen sisältäen lattiakairo- ja läpivientidetallit
- tarvikkeet, joihin käytetään testattuja, toisiinsa yhteensopivia tuotesertifioituja tarvikkeita, mikä osoitetaan tuotesertifikaatilla
- vedeneristyskerroksen paksuus, lukumäärä ja kiinnitystapa
- märkätilojen käyttö- ja huolto-ohjeet
- lattialämmitys.

Pesutiloihin suositellaan suihkukaappia, sillä se suojaa märkätilan seinää ja lattiaa kosteusrasitukselta. Vedeneriste valitaan alustan vedeneristeelle asettamien vaatimusten mukaan. Päällysteen suunnittelussa otetaan huomioon vedeneristystarvikkeen valmistajan ohjeet. Erityistä huomiota kiinnitetään vedeneristysten joustavuuteen ja kestävyysrakennusosien liitoksissa. Kun vedeneristys tehdään nestemäisenä levitettävästä vedeneristeestä, rakenteen suunnittelussa tulee ottaa huomioon vedeneristeen höyrynläpäisyvyys. (RT 84-10759 Märkätilojen rakenteet 2001, 2.)

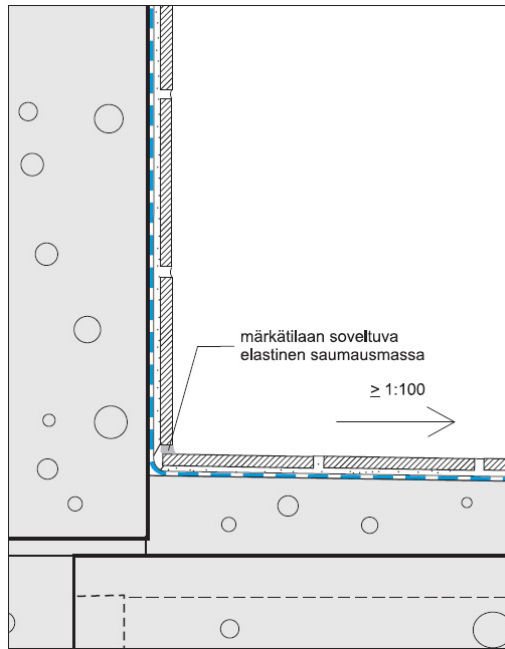
Märkätilojen rakenteista tehdään riittävän lujia ja liikkumattomia, jotta niiden päälle voidaan asentaa vedeneristys ja päällyste luotettavasti. Kiviaineiset rakenteet ovat lujia ja niiden kosteusliikkeet ovat suhteellisen vähäiset. Kiviaineiseen alustaan saadaan vedeneristeille ja päällysteille hyvä tartunta. Uudisrakentamisessa betonirakenteiden kutistuminen otetaan huomioon pintarakenteiden, lähinnä laatoituksen, asentamisajankohdassa. Vedeneristuksen tartuntaa heikentävät kerrokset, kuten pöly, poistetaan ennen asennuksen aloitusta. Alustan kosteus mitataan ennen eristystyön aloittamista. Kosteuspitoisuuden määrittämisessä on otettava huomioon koko rakenteen toiminta. (RT 84-10759 Märkätilojen rakenteet 2001, 4.)

Esimerkkejä märkätilanrakenteista

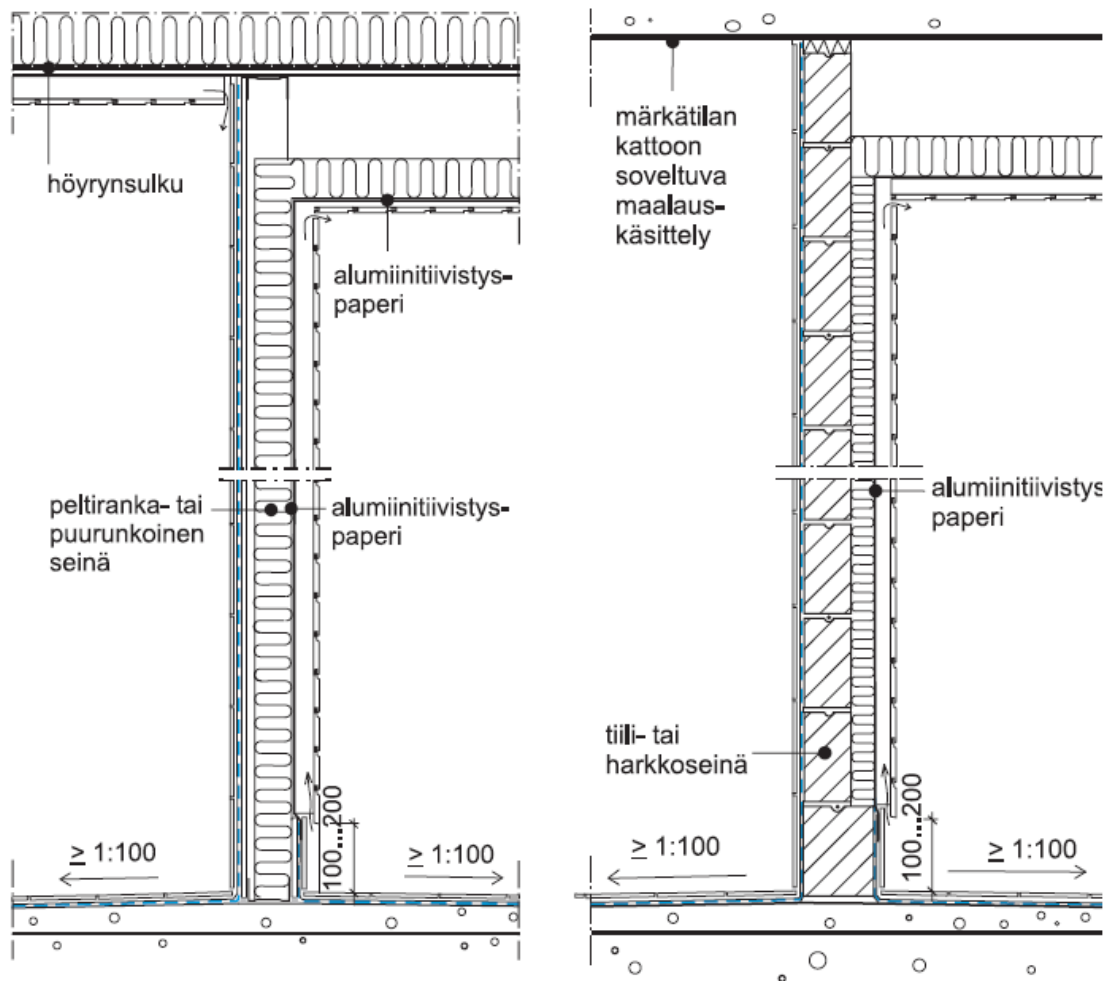
Märkätilojen lattian suositeltava kaltevuus veden poisjohtamiseksi on lattiakaivoon päin yleensä 1:80 ja suihkun alueella 1:50. Määräysten mukainen vähimmäiskaltevuus on 1:100. Kantavan betonilaatan päälle valetaan yleensä erillinen kallistusvalu. Lattioiden pinnan tasaisuuden tulee olla sellainen, että vedeneristys voidaan asentaa sitä vaurioittamatta. Betonialustan tulee olla riittävän kuiva, mikä tulee tapauskohtaisesti selvittää ottaen huomioon valmistajan ohjeet päällysteelle soveltuvasta alustan kosteudesta. Tavoitteena on se, että kuivumisen aiheuttama betonin kutistuminen ei aiheuta halkeamia tai muita vaurioita vedeneristykseen. Tällöin betonin kuivumisesta johtuvat pakkovoimat eivät aiheuta lattian päällysteen irtoamista eikä vaurioita vedeneristystä tai muita rakenteita. (RT 84-10759 Märkätilojen rakenteet 2001, 4 - 5.)

Vedeneristys on kokonaisuus, joka on vesitiivis kauttaaltaan. Kaikki läpiviennit, saumat ja liittymät muodostavat yhdessä vedeneristystarvikkeen kanssa vesitiiviin kerroksen, joka johtaa veden viemäriin. Vedeneristys tehdään kallistusrakenteen päälle. Märkätilan lattiaan saa tehdä vain läpivientejä, jotka ovat tarpeen viemäröinnin järjestämiseksi. Vedeneriste nostetaan seinä- ja muille pystypinnoille valmiin lattiapinnan yläpuolelle vähintään 100 mm. Seinän vedeneristys limitetään vesitiiviisti lattian vedeneristuksen päälle. (RT 84-10759 Märkätilojen rakenteet 2001, 5.)

Märkätilojen seiniksi soveltuvat parhaiten kiviaineiset seinät, kuten betoni-, kevytsoharkko- tai tiiliseinät, kuten esitetty kuvassa 5. Märkätilan seinä voi olla myös puu- tai teräsrunkoinen levyseinä. Kuvassa 5 esitetään esimerkki myös puu- ja teräsrunkoisesta seinästä. Seinässä käytettävän rakennuslevyn tulee olla käyttötarkoitukseensa soveltuva. Seinän on oltava riittävän jäykkä, jottei vedeneristys ja päällyste vaurioitu. (RT 84-10759 Märkätilojen rakenteet 2001, 7.)



KUVA 4. Esimerkki märkätilan lattian ja seinän liitoksesta (RT 84-10759 Märkätilojen rakenteet 2001, 3)



KUVA 5. Kaksi esimerkkiä saunan ja pesuhuoneen välisestä seinästä (RT 84-10759 Märkätilojen rakenteet 2001,6)

Märkätilojen ja niihin rajoittuvien kuivien tilojen seinärakenteet suunnitellaan niin, että niiden sisään mahdollisesti kertynyt kosteus pääsee poistumaan. Jos rakenteessa on kaksi höyrytiivistä pintaa, kuten saunan ja pesuhuoneen välisessä seinässä, tulee niiden välitilan olla tarvittaessa tuulettuva. Kiviaineiset seinät tasoitetaan ja oikaistaan märkätiloihin soveltuvalla tasoitteella. Märkätilan seinään suositellaan samaa vedeneristettä kuin lattiaan, jos se vain soveltuu seinään. Jos vedeneristykseen seinän ja lattian rajakohtaan tehdään sauma, seinän vedeneristys limitetään lattian seinälle nostetun vedeneristyksen päälle niin, että seinää pitkin valuva vesi ei pääse lattian vedeneristyksen alle. Vedeneristeen valinnassa huomioidaan, että rakennekerrosten vesihöyrynläpäisevyyden tulee olla pienempi märkätilan puolella kuin kuivan tilan puolella. (RT 84-10759 Märkätilojen rakenteet 2001, 8.)

4.2 Lämmöneristys

Lämmöneristykseen suunnittelun tärkeimmät vaiheet ovat rakenneosan U-arvon laskenta ja liitosten suunnittelu. Tärkeää on myös rakenneosan kosteustekninen toiminta, jota käsitellään kohdassa 4.1. Rakenneosan U-arvon laskentaa on esitelty kohdissa 3.1.3 ja 5.3.5, joissa esitellään laskennan periaatteet ja annetaan yksi laskenta esimerkki. Tässä kohdassa käsitelläänkin lämmöneristykseen tyypillisimpiä eristeitä ja työn laatua.

Mineraalivillaeristeet

Mineraalivillaa on kahdenlaista kivivillaa ja lasivillaa. Kivivilla valmistetaan emäksistä kivilajeista ja lasivilla kvartsihiekasta, soodasta ja kalkkikivestä. Lasivillan raaka-aineesta 50 - 60 % on kierrätyslasia. Kuituraaka-aine sulatetaan +1 400 - +1 500 °C:n kuumuudessa ja lingotaan kuiduiksi. Kuitujen keskipaksuus on 3 - 12 µm. Kivivillan kuitupituus on 2 - 4 mm ja lasivillan 5 - 10 mm. Kuituihin lisätään öljyä ja sideaineeksi fenolihartsia, minkä jälkeen niistä muodostettu villamatto siirretään uuniin + 250 °C:n lämpötilaan. Tällöin sideaine kovettuu ja kuidut kiinnittyvät toisiinsa. (RT 36-10689 Mineraalivillaeristeet 1999, 2.)

Mineraalivillaeristeitä käytetään rakennuseristeinä, teknisinä eristeinä ja äänenvaimennuksessa. Rakennuseristeet voidaan jakaa neljään eri tyyppiin. Pehmeitä eli keveitä eristyslevyjä ja -mattoja käytetään puu-, tiili- ja teräsrunkoisten rakenteiden lämmöneristämiseen. Niillä eristetään myös palo- ja ääniteknisesti luokiteltuja seiniä. Kuormitusta kestäviä, jäykkiä eristyslevyjä käytetään lämmön-, palon- ja ääneneristeinä esimerkiksi vesikattorakenteissa, betonielementeissä, paikalla valurakenteissa ja uivissa lattioissa. Tuulensuojalevyjä käytetään pääasiallisesti pehmeillä eristyslevyillä eristettyjen rakenteiden tuulensuojaukseen ja lisälämmöneristämiseen. Puhal-

lettavaa mineraalivillaeristettä taas käytetään pääasiassa yläpohjien lämmöneristämiseen uudis- ja korjausrakentamisessa. (RT 36-10689 1999, 1.)

Mineraalivillan väri riippuu perusraaka-aineesta ja käytetystä sideaineesta. Kivivilla on väriltään ruskeanharmaata ja lasivilla tavallisesti keltaista, mutta ilman sideainetta valkoista. Käyttötarkoituksen mukaan mineraalivillaa voidaan värjätä minkä väriseksi tahansa, kuten myös mineraalivillatuotteiden muoto ja mahdollinen päällyste vaihtelee. Eristyslevyt voivat olla uritettuja, pitkiltä sivuiltaan pontattuja tai yksi- tai kaksipuolisesti päällystetty esimerkiksi kuitukankaalla, alumiinifoliolla tai metalliverkolla. (RT 36-10689 Mineraalivillaeristeet 1999, 2.)

Mineraalivillaeristeen lämmöneristävyys perustuu sen huokoiseen rakenteeseen ja paikallaan pysyvän ilman alhaiseen lämmönjohtavuuteen. Normaalisella lämmönjohtavuudella λ_n tarkoitetaan rakenteessa olevan lämmöneristekerroksen keskimääräistä, tehollista lämmönjohtavuutta käyttöolosuhteissa. Mineraalivillaeristeille on hyväksytty asennus- ja suojaustavan mukaisia normaalisia lämmönjohtavuuksia. Siksi samalla tuotteella voi olla useita eri λ_n -arvoja. Tyyppihyväksytyt lämmöneristeet mainitaan tyyppihyväksyntäluettelossa. (RT 36-10689 Mineraalivillaeristeet 1999, 4.)

Rakennuksen lämmöneristys suunnitellaan niin, että rakennusosan lämmönläpäisykerroin on Suomen rakennusmääräyskokoelman D3 Rakennusten energiatehokkuus -mukainen. Lämmönläpäisykerroimen laskeminen ja rakennusaineiden ja -tarvikkeiden lämmönjohtavuuksia ja lämmönvastuksia on esitetty osassa C4 Lämmöneristys. Mineraalivillatuotteita käytetään rakenteissa lämmöneristeenä niiden normaalista lämmönjohtavuutta koskevien tyyppihyväksyntäpäätösten mukaisesti. Niitä käytetään myös paloteknisesti luokitelluissa rakennuksissa, rakennusosissa ja palosuojauksissa rakennusmääräyskokoelman osan E1 määräysten ja tuotteiden paloteknisen tyyppihyväksyntäpäätöksen mukaisesti. Rakennusten ja rakennusosien ääniteknisessä suunnittelussa noudatetaan osan C1 määräyksiä. (RT 36-10689 Mineraalivillaeristeet 1999, 4.)

Mineraalivillatuotteiden vakioitoimituskoot vastaavat nykyistä rakentamiskäytäntöä. Tarvittaessa voidaan pehmeitä eristeitä leikata terävällä veitsellä ja jäykkiä käsisahalla. Mineraalivillaeristeet asennetaan paikoilleen niin, että ne liittyvät tiiviisti ympäröiviin rakenteisiin, toisiinsa ja lämpimään pintaan. Asennuksessa tulee ottaa huomioon, että: (RT 36-10689 Mineraalivillaeristeet 1999, 4.)

- liitosten vähentämiseksi eristyslevyjä käytetään mahdollisimman suurina kappaleina,

- pehmeät eristyslevyt ovat mitoiltaan hieman suurempia kuin eristetila ja jäykät eristyslevyt mittatarkkoja,
- eristyslevyt asennetaan tiiviisti toisiaan vasten ja siten, että useampikerroksissa eristyksissä saumat eivät ole kohdakkain,
- eristyslevyjä ei saa kuormituksella vahingoittaa,
- eristeet pidetään kuivina rakentamisen aikana,
- eristyksessä olevien läpivientien kohdalla eristyksen tiiviys tulee varmistaa erityisen huolellisesti.

Mahdollisesti tuleva kiinnitys suoritetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti ja tätä tarkoitusta varten tarkoitettuja kiinnitystarvikkeita käyttäen. Puhallettavat mineraalivillaeristeet asennetaan tarkoitukseen kehitetyllä asennuskalustolla. Kuivapuhallusasennuksessa eriste puhalletaan joko vapaasti vaakarakenteiden päälle tai onteloihin. Vaakarakenteiden päälle vapaasti puhallettaessa on otettava huomioon eristeen painuminen, joten puhallettavan eristepaksuuden tulee olla noin 5 % suurempi kuin haluttu eristepaksuus. Ala- ja yläpohjien eristeet suojataan rakennusaikana tuulelta ja sateelta. Onteloihin asennettaessa eriste puhalletaan paineella sitä rajoittavien pintojen muodostamaan onteloon. Onteloasennusta käytetään vesikaton myötäisissä yläpohjissa ja seinärakenteissa. Onteloasennuksessa mineraalivillaeriste asennetaan suoraan niin suureen tiheyteen, ettei eriste painu rakenteessa. (RT 36-10689 Mineraalivillaeristeet 1999, 4.)

EPS-eristeet

EPS-eristeitä käytetään rakennuseristeinä, teknisinä eristeinä ja äänenvaimennustuotteina. Rakentamisessa käytetyt EPS-eristeet jaetaan tyypeihin niiden puristuslujuuden ja tiheyden mukaan. Seuraavassa esitetään eristetyyppien yleisimpiä käyttökohteita. Suluissa ilmoitetaan eristetyypin yleisesti käytössä oleva kauppanimike: (RT 36-10690 EPS-eristeet 1999, 1.)

- EPS 65 (N) -eristeitä käytetään kevyesti kuormitetuissa kohteissa kuten puu-, teräs- ja betonirunkoisten rakenteiden lämmön- ja tuulensuojaeristeenä sekä myös loivien bitumikermikattojen lämmöneristeenä.
- EPS 100 (R) -eristeet soveltuvat käytettäväksi maanvaraisten lattoiden, kellarin seinien sekä sokkelihalkaisujen, perustusten ja maa-rakenteiden lämmöneristeenä. Eristetyypistä valmistetaan myös mittatarkkoja erityistuotteita, joita käytetään esimerkiksi vesikattojen tai sandwich-elementtien lämmöneristeenä.

- EPS 120 (RR, Routa) -eristeet soveltuvat roudaneristämiseen ja muiden samanlaisissa kosteusoloissa olevien rakenteiden kuten kellarinseinien lämmöneristämiseen.
- EPS 200 - EPS 400 (J, P) -eristeitä käytetään raskaasti kuormitetuissa kohteissa kuten kuormitetuissa latioissa ja tie- ja katurakentamisessa.

S-kirjain eristeen tyyppimerkinnän yhteydessä tarkoittaa itsestään sammuvaa eristettä, jota käytetään paloteknisten vaatimusten edellyttämässä kohteissa. Ö-kirjain eristeen tyyppimerkinnän yhteydessä tarkoittaa öljynkestävää eristettä. Muita EPS-eristeiden käyttökohteita ovat esimerkiksi lämpöharkot, kipsilevyypintaiset sisäpuoliset lämmöneristeet, ohutlevypintaiset sekä seinä- ja kattoelementit. Äänenvaimennustuotteina käytetään elastisia, askeläänen vaimennukseen hyväksytyjä EPS-tuotteita. (RT 36-10690 EPS-eristeet 1999, 1.)

EPS-eristeen lämmöneristyskyky perustuu sen umpisoluiiseen rakenteeseen ja paikallaan pysyvän ilman alhaiseen lämmönjohtavuuteen. EPS-eristeessä lämpö siirtyy johtumisena soluseinien kautta, huokospintojen lämpösäteilynä ja solun sisäisten ilmavirtojen konvektoimana. EPS-eristeen lämmöneristävyys paranee lämpötilan alentuessa. Lämmönjohtavuuden kannalta paras tiheys on 30...40 kg/m³. (RT 36-10690 EPS-eristeet 1999, 1.)

EPS-eristyslevyjien vakiokoot vastaavat nykyistä rakentamiskäytäntöä. EPS-levyjä voidaan tarvittaessa työstää tavallisilla puuntyöstötyökaluilla, kuten käsisahalla. EPS-eristyslevyt asennetaan paikoilleen niin, että ne liittyvät tiiviisti ympäröiviin rakenteisiin ja toisiinsa. Asennuksessa otetaan huomioon, että: (RT 36-10690 EPS-eristeet 1999, 4.)

- liitosten vähentämiseksi eristyslevyjä käytetään mahdollisimman suurina kappaleina,
- eristyslevyt asennetaan tiiviisti toisiaan vasten siten, että useampi-kerroksissa eristyksissä käytetään pontattuja levyjä tai eristyslevyjien saumat eivät ole kohdakkain,
- eristyslevyjä ei saa kuormituksella vahingoittaa,
- eristyslevyt pidetään kuivina rakennusaikana,
- eristyksessä olevien läpivientien kohdalla eristyksen tiiviys tulee varmistaa erityisen huolellisesti.

EPS-eristeet kiinnitetään muihin rakenteisiin mekaanisesti tai liimaamalla käyttökohteesta riippuen. Liimauksessa on noudatettava liiman valmistajan ohjeita. Mekaan-

nen kiinnitys suoritetaan eristyslevyjen valmistajan ohjeiden mukaan tätä tarkoitusta varten suunnitelluilla kiinnitystarvikkeilla. EPS-eristeiden työstö ja asentaminen eivät edellytä erityisten suojarusteiden käyttöä. (RT 36-10690 EPS-eristeet 1999, 4.)

4.3. Paloturvallisuus

Paloturvallisuussuunnittelu on osa koko rakennuksen suunnittelua. Seuraavassa on kerrottu tärkeimpiä oletettuun palonkehitykseen perustuvan suunnittelun tapahtumia: (RIL 221 Paloturvallisuus suunnittelu 2003, 24.)

- Hankkeeseen ja sen riskeihin tutustuminen
- Hankkeeseen liittyvien eri intressitahojen informointi
- Hankkeen intressitahojen turvallisuustavoitteiden kartoitus
- Alustava ehdotus turvallisuusratkaisuista
- Aloitusneuvottelu
- Lähtöarvojen määrittäminen
- Laskenta ja raportointi
- Tulosten vertaaminen hyväksymiskriteereihin
- Mahdolliset lisäselvitykset
- Suunnitelman hyväksyttäminen

Alustavat paloturvallisuussuunnitelmat laaditaan sovituksessa ajassa ja esitetään edellä mainituille tahoille. Lopulliset paloturvallisuussuunnitelmat laaditaan ja esitetään edelleen hyväksyttäväksi. Jokainen taho tarkastaa suunnitelmat ja esittää niihin omat näkemyksensä. Suunniteltavasta kohteesta riippuen rakennuskohteen tilaajan hyväksynnän lisäksi suunnitelmille voidaan edellyttää esimerkiksi asianomaisten tarkastusviranomaisten tai vakuutusyhtiön tai muiden mahdollisten tahojen hyväksyntää. (RIL 221 Paloturvallisuus suunnittelu 2003, 25.)

Ensimmäinen tavoite rakentamisessa on syttymisen estäminen. Tämä tarkoittaa sitä, että palovaarallisia tiloja ei sijoiteta samaan rakennukseen tai toisen rakennuksen läheisyyteen. Jos palovaarallinen tila on jostain syystä sijoitettava muiden tilojen yhteyteen, tulee osastoinnilla ja muilla tavoilla huolehtia siitä että palo ei pääse leviämään muihin tiloihin. Korkeita lämpötiloja tuottavien laitteiden, kuten lämmittimien, läheisyyteen ei saa sijoittaa helposti syttyviä materiaaleja tai ne tulee suojata palosuojalla.

Palosuojainti

Osastoinnin tarkoitus on henkilöturvallisuuden, erityisesti poistumismahdollisuuksien turvaaminen rajoittamalla savun ja kuumuuden leviämistä. Osastoinnin pyrkimys on

myös pelastus- ja sammutustoimien helpottaminen muodostamalla rajalinjoja, joihin palon leviäminen voidaan pysäyttää sekä omaisuusvahinkojen rajoittaminen, erityisesti naapurin omaisuuden suojaaminen. Määräykset esittävät kolme osastointitapaa: kerrososastointi, käyttötapaosastointi ja pinta-alaosastointi, joita sovelletaan tapauksesta riippuen. Lisäksi palo-osastot jaetaan osiin hoito- ja majoitustiloissa majoitus-huoneittain sekä ullakoilla ja yläpohjan onteloissa pinta-alan perusteella.

Kerrososastoinnilla tarkoitetaan rakennuksen eri kerrosten, kellarikerrosten ja ullakon osastointia toisistaan. Myös uloskäytävien ja palokunnan sammutusreittien osastointi rinnastetaan kerrososastointiin. Osastointi vaatimus ei ole ehdoton kerrostenosalta: palo-osasto voi käsittää useampia kerroksia, jotka saavat olla avoyhteydessä keskenään. Majoitus- ja potilashuoneita sisältävät tilat tulee kuitenkin aina osastoida kerroksittain. Savun leviäminen avotilassa tekee mahdottomaksi päästä kerroksista avoportaita pitkin turvaan. Kustakin kerroksesta tuleekin järjestää pääsy osastoituihin uloskäytäviin. (YO 39 Rakennusten paloturvallisuus 2003, 57.)

Peruslähtökohtana monikerroksisten palo-osastojen tapauksissa pidetään esimerkiksi seuraavia asioita: (YO 39 Rakennusten paloturvallisuus 2003, 57.)

- jokainen yksittäinen asunto muodostaa aina yhden erillisen poistumisalueen, vaikka huoneisto olisi monikerroksinenkin,
- muissa käyttötavoissa jokainen kerrostaso, jossa oleskellaan tai työskennellään vakinaisesti, muodostaa yleensä oman poistumisalueensa, josta kustakin järjestetään välittömät yhteydet uloskäytäviin. Eri kerroksessa voi toisen tason poistumisalueeseen liittyvänä olla vain tiloja, joissa ei ole pysyvästi,
- kellaria ei voi yhdistää kerrosten kanssa lukuun ottamatta yhdelle asunnolle kuuluvaa kellaria.

Pinta-alaosastointi koskee enemmän tuotanto- ja varastorakennuksia ja ei siksi juuri liity tämän opinnäytetyön aiheeseen. Pinta-alaosastoinnista voidaan kuitenkin todeta, että samaan osastoon kuuluvien kerrosten pinta-alat lasketaan yhteen.

Käyttötapaosastoinnilla taas tarkoitetaan sekä käyttötavan luonteeseen ja että palokuorman määrään perustuvaa osastointitarvetta. Huoneistojako tai tilan hallinta ei sinänsä ole osastoinnin peruste saman käyttötaparyhmän sisällä. Asuinhuoneistot erotetaan kuitenkin aina omiksi osastoikseen. Perussääntöinä voidaan pitää, että seuraavan tyyppiset tilat osastoidaan: (YO 39 Rakennusten paloturvallisuus 2003, 60.)

- tilat, jotka voivat aiheuttaa vaaraa ympäristölleen palokuormasta, palovaarallisuudesta, vähäisestä valvonnasta tai muusta vastaavasta syystä,
- tilat, joissa on suuria omaisuusarvoja, korvaamattomia kulttuuriaarteita tai muuta poikkeuksellista suojeltavaa,
- osaston sisällä olevat tilat, jotka erityisen palovaarallisuuden takia on syytä erottaa muusta huoneistosta.

Lisää käyttötapaosastoinnin perusteella osastoitavia tiloja löytyy rakennusmääräyskokoelman ohjeosasta.

Käyttötapaosastointi perustuu suurelta osalta kokemuksiin palon syttymissyistä ja syntyneistä vaaratilanteista, joten onnistunut suunnittelu vaatii tapauskohtaista harkintaa. Käyttötapaosastointia suunniteltaessa on aiheellista olla yhteydessä kunnan pelastusviranomaiseen ja tarvittaessa vakuutusyhtiöön. Käyttötapaosastoinnissa on muistettava sen tarkoitus estää palon leviämistä rakennuksessa ja helpottaa palokunnan palonrajoitustoimia. Osastoja on kuitenkin tältä kannalta epätarkoituksenmukaista muodostaa muutaman kymmenen neliön kopeiksi, poikkeuksena tietysti vaaralliset tilat. Tilajärjestelyjen selvyys ja väljyys edesauttavat sekä henkilöiden pelastautumista palavasta rakennuksesta että palokunnan toimintaa. Käyttötaparyhmittely lähtee peruskäyttötavoista toiminnallisina kokonaisuuksina ja niiden keskimääräisestä palokuormasta. (YO 39 Rakennusten paloturvallisuus 2003, 60 - 61.)

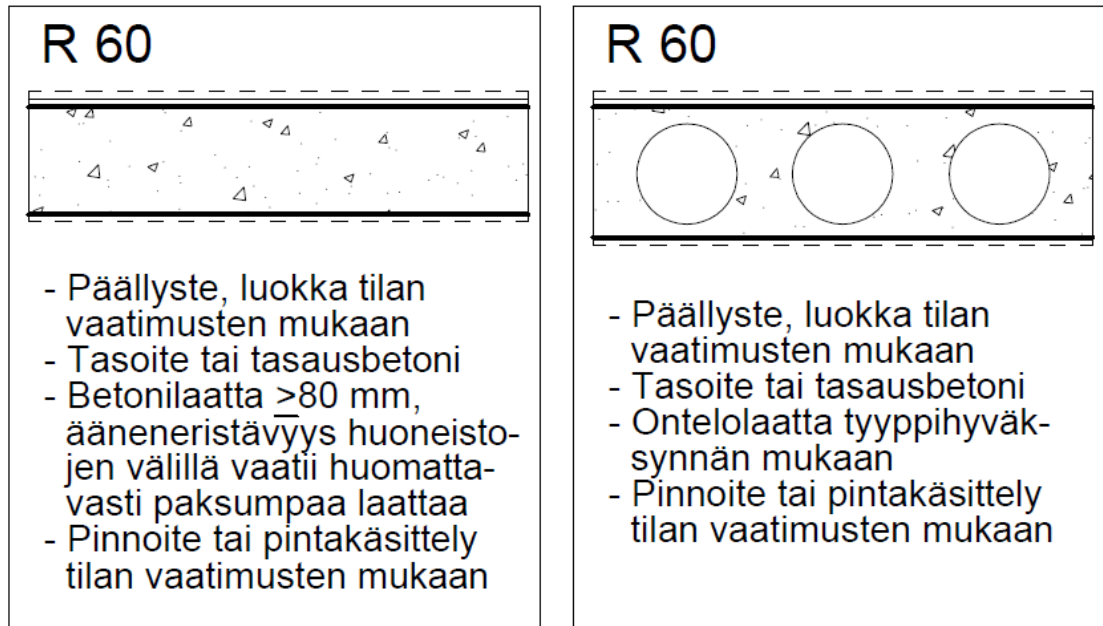
Rakenteiden kantavuuden säilyttäminen

P1- ja P2-luokan rakennuksissa kantavien rakenteiden luokka vaihtelee R 30:sta R 240:een rakennuksen paloluokan, palokuorman ja rakenteen sijainnin mukaan. Yläpohjan vaatimukset ovat lievemmat enintään kaksikerroksisissa ullakottomissa rakennuksissa, jos yläpohjan eristeet ovat vähintään paloluokkaa A2. P3-luokan rakennuksissa kantavilla rakenteilla ei ole palonkestävyysvaatimuksia paitsi alakellareilla talossa, jossa on useita maanalaisia kellarikerroksia. Puun lisäksi esimerkiksi teräsrakenteita voidaan käyttää suojaamattomina näissä rakennuksissa. (YO 39 Rakennusten paloturvallisuus 2003, 65.)

Osassa tapauksia rakenteelta vaaditaan pidempää palonkestävyysaika tiiviiden ja eristävyiden kuin kantavuuden suhteen. Tällöin käytetään pidempää palonkestävyysaika myös kantavuuden osalta. Esimerkiksi osastoivan välipohjan on pysyttävä ylhäällä ja koossa koko osastointiajan, jotta se täyttäisi eristävyys tehtävänsä. Rakenteen palonkestävyysaika osoitetaan viranomaiselle yleensä tyyppihyväksynnän tai laskennan perusteella. Palomitoitusohjeita eri materiaaleista tehdyille rakenteille on

rakennusmääräyskokoelman B-osissa ja Eurokodeissa. (YO 39 Rakennusten paloturvallisuus 2003, 65.)

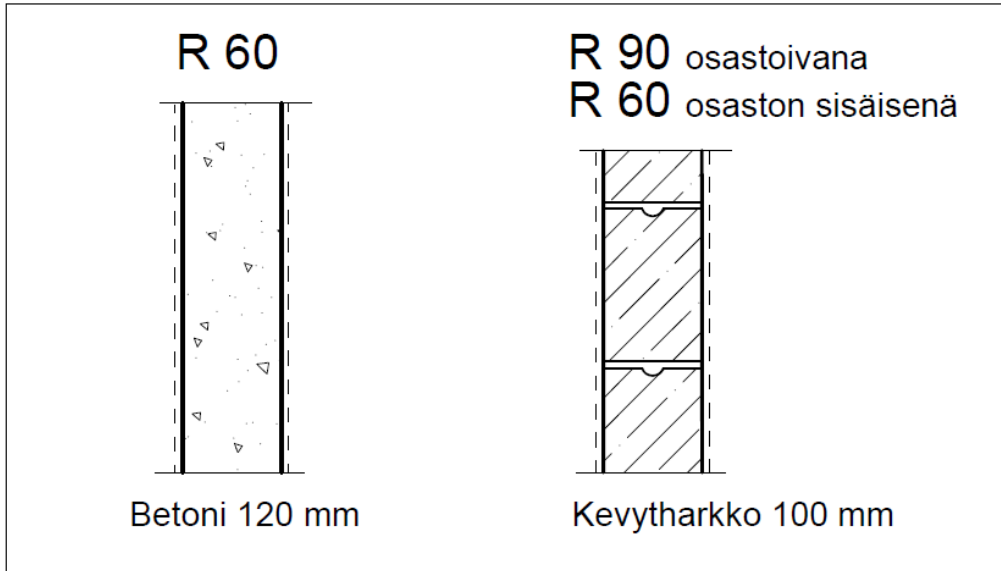
Kuvassa 6 on esitetty kahden tyyppillisimmän välipohjarakenteen periaate-esimerkit kun rakenteiden kantavuus R palossa on 60 minuuttia. Kuten vasemmanpuolisesta kuvasta voidaan havaita, palon kestollisesti teräsbetonilaatta voisi olla huomattavasti ohuempi kuin ääneneristävyyden kannalta. Ontelolaattojen palonkesto aika taas määräytyy valmistajan hakeman tyyppihyväksynnän mukaan.



KUVA 6 Esimerkkejä R60 välipohja rakenteista (YO 39 Rakennusten paloturvallisuus 2003, 65)

Samoin kuin välipohjissa myös huoneistojen välisissä seinissä palonkestoajan R 60 aiheuttamat vaatimukset ovat vähäisemmät kuin ääneneristävyydestä johtuvat vaatimukset. Kuvassa 7 on esitetty periaate-esimerkit kahdelle kantavalle seinälle.

Rakennuksen kantavan rungon olennaisia osia ovat pääkannattajat ja runkoa jäykistävät rakenteet. Myös sekundaarikannattajat, jotka toimivat pääkannattajien stabiiliiteetin säilyttämiseksi, ovat rungon olennaisia osia. Kantavan rungon ei-olennaisen osan aikaisempi sortuminen tulipalossa ei saa aiheuttaa kantavan rungon olennaisen osan sortumista. Kantavan rungon ei-olennaisen osan kantaman pinnan ohjearvona voidaan pitää pääkannattajien väliä, jonka koko voi rakenteesta ja jännevälistä riippuen vaihdella muutamasta kymmenestä neliöstä isojen hallien useaan sataan neliömetriin. Rakennesuunnittelijan tehtävä on määritellä, mikä on kantavan rungon olennainen osa ja miten sille asetetut rakenteelliset vaatimukset toteutetaan. (YO 39 Rakennusten paloturvallisuus 2003, 67.)

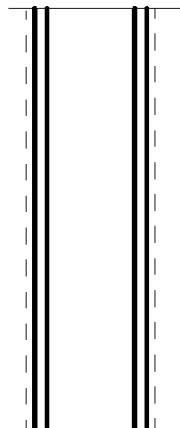
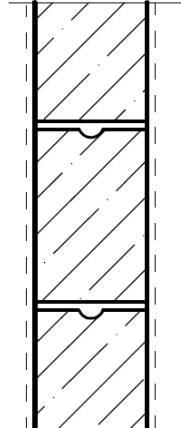


KUVA 7. Kantavien seinien esimerkkejä (YO 39 Rakennusten paloturvallisuus 2003, 66)

Palon leviämisen estäminen osastosta

Osastoivan rakennusosan tarkoituksena on estää tulipalon leviäminen sen läpi. Rakennusosan on oltava riittävän tiivis, jotta tuli ja savukaasut eivät pääse suoraan rakenteen läpi. Lisäksi lämmön siirtyminen rakenteen kautta tulee olla riittävästi estetty. Osastoivassa rakennusosassa lämpö siirtyy ensin itse rakenteen sisällä ja vasta sitten osastoivasta rakennusosasta toiseen palo-osastoon. Lämmön siirtymistä voidaan arvioida mittaamalla rakenteen pintalämpötila tulen vastakkaiselta pinnalta. (YO 39 Rakennusten paloturvallisuus 2003, 74.)

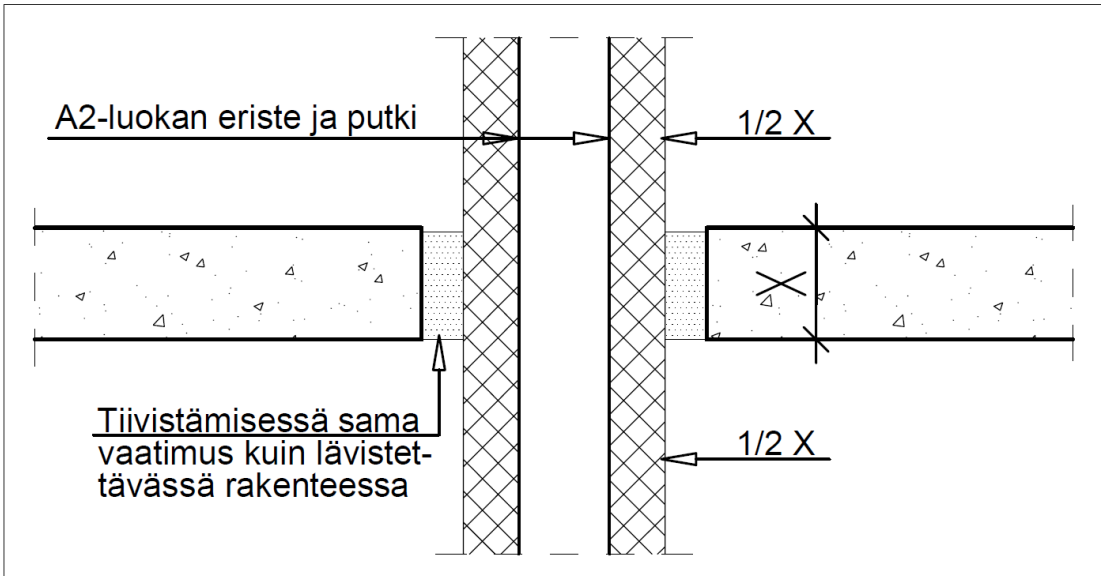
Erityyppisiä tiloja erottavien osastoivien rakenteiden mitoituksessa tarkastellaan kummankin puolen vaatimuksia. Jos ullakon tasolla on kerrosalaan laskettavaa käyttötila, noudatetaan sen erottamisessa ullakosta kerroksen palonkestävyysaika-vaatimusta. Tämä on yleensä pidempi kuin ullakolta vaadittu EI 30, esimerkiksi vähintään kolmikerroksisessa asuintalossa EI 60. Kun P1-luokan rakennuksessa osastoidaan eri palokuormaryhmiin liittyviä tiloja toisistaan, on suurempi palokuorman tiheys mitoituksessa määräävä. (YO 39 Rakennusten paloturvallisuus 2003, 74.)

Kipsilevyseinä EI 30	Kevytharkkoseinä	
		
- Kipsikartonkilevyt 13 mm	100 mm	EI 120
- Teräsranka 70, k600	125 mm	EI 180
	150 mm	EI 240

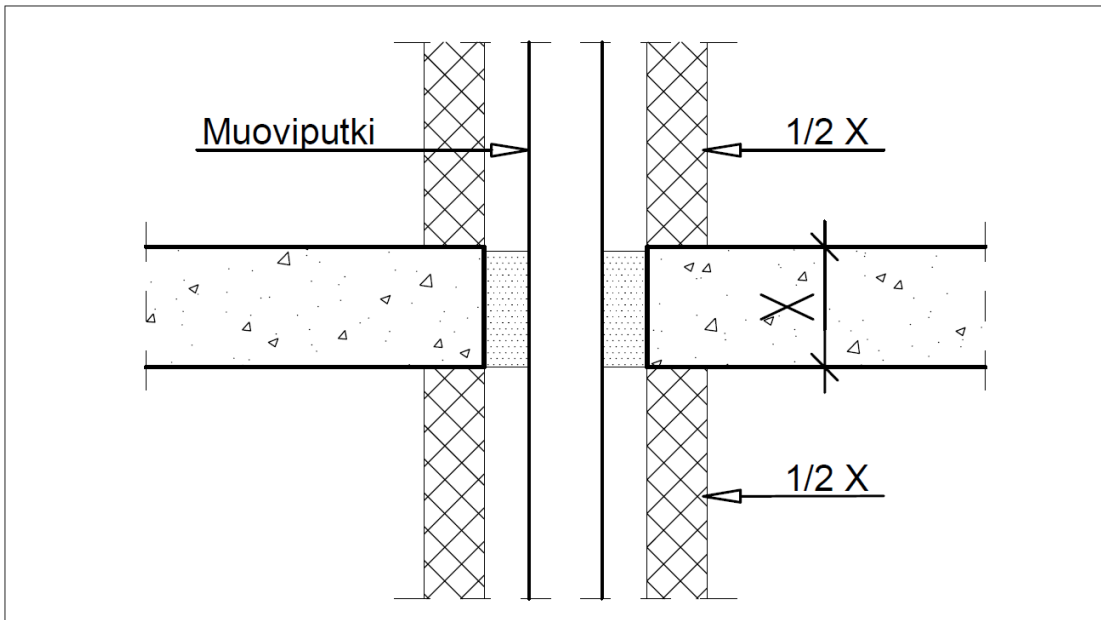
KUVA 8. Esimerkkejä osastoivasta ei-kantavasta seinästä (YO 39 Rakennusten paloturvallisuus 2003, 74)

Läpivientien tiivistäminen

Osastoivien rakennusosien läpiviennit voidaan tiivistää joko paikallaan tai käyttäen valmiita sitä tarkoitusta varten tehtyjä tuotteita. Periaatteessa pyritään samaan palonkesto-aikaan kuin läpäistävässä rakenteessa, mutta tiivistystavan valintaan vaikuttaa mm. läpiviennin koko. Mikäli roiloon sijoitetaan putkia, johtoja tai eristeitä, jotka eivät ole vähintään A2-luokan tarvikkeista, tulee roilo yleensä katkaista osastoivien rakennusosien kohdalla. Palonkesto-aikavaatimus voidaan tapauksesta riippuen jakaa roilon seinämien ja välipohjassa olevan palokatkon osalle. Kun osastoivan rakennusosan läpäisevä laite on A2-luokkaa huonompaa materiaalia, tulee erityistoimin estää palon leviäminen. Laite voidaan esimerkiksi ympäröidä itsekantavalla suojarakenteella. (YO 39 Rakennusten paloturvallisuus 2003, 83.)



KUVA 9. Osastoivan rakenteen lävistävä laite, jonka paloluokka vähintään A2 (YO 39 Rakennusten paloturvallisuus 2003, 83)



KUVA 10. Osastoivan rakenteen lävistävä laite, jonka paloluokka vähemmän kuin A2 (YO 39 Rakennusten paloturvallisuus 2003, 83)

Kuten kuvista 9 ja 10 voidaan havaita, läpivientien tiivistäminen on tärkeä osa rakenteiden palonkestävyysvaatimuksen täyttämistä. Huolimattomasti ja määräysten vastaisesti tehdyt tiivistykset pilaavat muuten täysin toimivan rakenneosan toiminnan palotilanteessa.

4.4 Ääneneristys

Asuinkerrostaloissa merkittävin äänitekkinen ongelma on äänien kulkeutuminen huoneistosta toiseen. Asumisen äänistä valitetaan paljon: mm. TV:n, radion ja musiikin kuuntelusta, kovaäänisestä puheesta ja kodinkoneiden toiminnan aiheutumista äänistä. Näihin äänilähteisiin ei voida vaikuttaa määräyksillä, joten niiden häiritsevyyttä pyritään vähentämään hyvällä huoneistojen välisellä ääneneristyksellä. Asuinrakennuksessa myös vesijohto- ja viemäriverkosto sekä ilmanvaihtojärjestelmä aiheuttavat ja johtavat ääniä. Niiden aiheuttamia ääniä voidaan vähentää hyvällä LVI-suunnittelulla ja ääneneristyksellä. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 15.)

Asuinrakennuksessa tilojen sijoittelu on äänitekkinen suunnittelun tärkein asia. Hiljaisuutta vaativat huoneet, kuten makuu- ja olohuoneet, tulisi sijoittaa mahdollisimman kauas tiloista, joissa on äänekkäämpää toimintaa, kuten porrashuoneista ja viereisen tai yläpuolisen huoneiston wc- ja kylpyhuonetiloista. Kylpyhuoneet, keittiöt, vaatehuoneet yms. porrashuoneen ja makuuhuoneen välillä suojaavat makuuhuoneita porrashuonemelulta. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 15.)

Hyvän suunnittelukäytännön mukaan meluisia tiloja ei yleensä sijoiteta asuinrakennukseen. Mikäli näin kuitenkin tehdään, varmistetaan äänitekkinen toimenpitein, että asuinhuoneistoissa saavutetaan meluisista tiloista aiheutuvasta äänihäiriöstä huolimatta riittävän hyvät ääniolosuhteet. Hyvät ääniolosuhteet on taattava myös silloin, jos meluisan tilan käyttö myöhemmin ehkä muuttuu alkuperäistä. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 15.)

Tilojen välinen ääneneristys

Tilojen välinen ilmaääneneristys rakennuksessa on heikompi kuin tiloja erottavan rakenteen äänen eristävyys. Sitä heikentävät tiloja erottavaan rakenteeseen liittyvien rakenteiden sekä LVIS-järjestelmien kautta tapahtuva äänen sivutiesiirtymä. Äänen sivutiesiirtymä riippuu esimerkiksi rakenteiden liitoksista ja niiden toteutustavasta, liittyvistä rakenteista ja mahdollisista läpivienneistä. Sivutiesiirtymästä johtuen huoneistojen välisen seinä- tai lattiarakenteen hyvä ääneneristävyys voidaan menettää, jos ääntä siirtyy paljon sivutiereittejä pitkin erottavan seinän läpi. Erityisesti, jos erottavan rakenteen ääneneristävyys on korkea, äänen sivutiesiirtymillä on suuri vaikutus tilojen väliseen todelliseen ääneneristykseen. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 19.)

Liittyviä rakenteita ovat kahden tilan väliseen, tiloja erottavaan seinään tai välipohjaan liittyvät muut tiloja rajoittavat seinät ja ylä-, ala- tai välipohjat. Liittyvien rakenteiden

vaikutus ilmaääneneristykseen on suuruusluokaltaan 7 - 4 dB, mutta se voi olla myös huomattavasti suurempi. Raskaiden liittyvien rakenteiden kautta tapahtuvan sivutiesiirtymän vaikutus on yleensä vähäinen. Kevyet kivirakenteiset seinät ovat taas erityisen tehokkaita äänen säteilijöitä ja voivat aiheuttaa hyvin voimakasta sivutiesiirtymää jopa 15 dB:n tai enemmän. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 19.)

Massiiviset kiviaineiset ulkoseinät eivät aiheuta huomattavaa sivutiesiirtymää. Sen sijaan kevyet kiviaineiset ulkoseinät tai niiden osat voivat heikentää merkittävästi huoneistojen välistä ääneneristävyttä, koska ne värähtelevät helposti ja säteilevät värähtelyn tehokkaasti ilmaääneksi. Rakenteiden katkaisu erottavan seinän ja välipohjan ja kevyen kiviaineisen ulkoseinän liitoksessa vähentää sivutiesiirtymää merkittävästi. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 19.)

Tärkein yksinkertaisen rakenteen ääneneristävyteen vaikuttava ominaisuus on massa. Massalain mukaan rakenteen ilmaääneneristävyys paranee 6 dB massan kaksinkertaistuesssa. Rakenteen massaa voidaan kasvattaa lisäämällä rakenteen paksuutta tai valitsemalla tiheydeltään painavampia materiaaleja. Koska rakennetta ei kannata paksuntaa runsaasti, on ääneneristävyttä käytännöllisintä parantaa käyttämällä kaksinkertaisia rakenteita. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 19.)

Ääneneristys on aaltovastuslain mukaan sitä parempi mitä erilaisemmat aineiden aaltovastukset ovat. Esimerkiksi ilman aaltovastus on pieni, joten materiaaleilla, joilla on suuri aaltovastus, saadaan hyviä eristävyksiä. Ilmiö tapahtuu tavallisesti kaksi kertaa eli rakenteen molemmilla puolilla. Aaltovastuslaki ilmoittaa ylärajan äänen eristävyydelle, johon rakenteella voidaan päästä eikä rakenteen paksuuden lisääminen paranna enää ääneneristystä. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 20.)


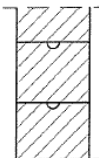

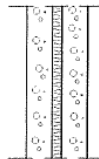
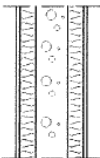
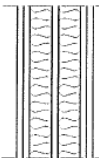
Esimerkkejä rakenteiden äänieristyksestä

Taulukossa 5 on esitetty eräitä erottavan seinän rakenneratkaisuja, jotka täyttävät ilmaääneneristys vaatimuksen $R'_w \geq 55$ dB. Aina kun rakenteita suunnitellaan ja rakennetaan tulee seuraavien vaatimusten täytyä: (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 20.)

- Rakennustyö ja suunnittelu suoritetaan huolellisesti.
- Seinien ja välipohjien liitokset ulkoseiniin ja muihin liittyviin rakenteisiin sekä putkien ja johtojen läpiviennit tiivistetään huolellisesti.
- Äänen kulkeutuminen LVIS-laitejärjestelmien kautta on estetty.
- Erottavan väliseinän ja välipohjan liitokset toisiinsa sekä ylä- ja alapohjaan noudattavat myöhemmin kerrottavia esitettyjä periaatteita.

- Erottavan väliseinän ja välipohjan liitokset ulkoseinään sekä ulkoseinän rakenne noudattavat tässä esitettyjä periaatteita.
- Välipohja katkaistaan kaksinkertaisen seinän kohdalla. Kaksinkertainen levyrakenteinen seinä voidaan kuitenkin rakentaa yhtenäisen laataston päälle, mikäli laatasto on riittävän massiivinen.
- Sivutiesiirtymä keveiden kiviaineisten huoneiston sisäisten seinien kautta on tehokkaasti estetty.
- Kaksinkertaisten kiviaineisten seinien puoliskot rakennetaan kokonaan erillisille perustuksille tai perustus viedään erillisenä vähintään 400 mm syvyyteen. Kaksinkertainen levyrakenteinen seinä voidaan perustaa myös yhtenäiselle riittävän massiiviselle perustukselle, kun liittyvä alapohja on riittävän massiivinen.
- Kaksinkertaisten seinien erillisten runkojen välillä ei ole äänisiltoina toimivia kiinteitä sidoksia, kuten muurauslaastia tms.

TAULUKKO 5. Erottavilla seinillä saavutettavia ilmanääneneristävyyksiä (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 20)

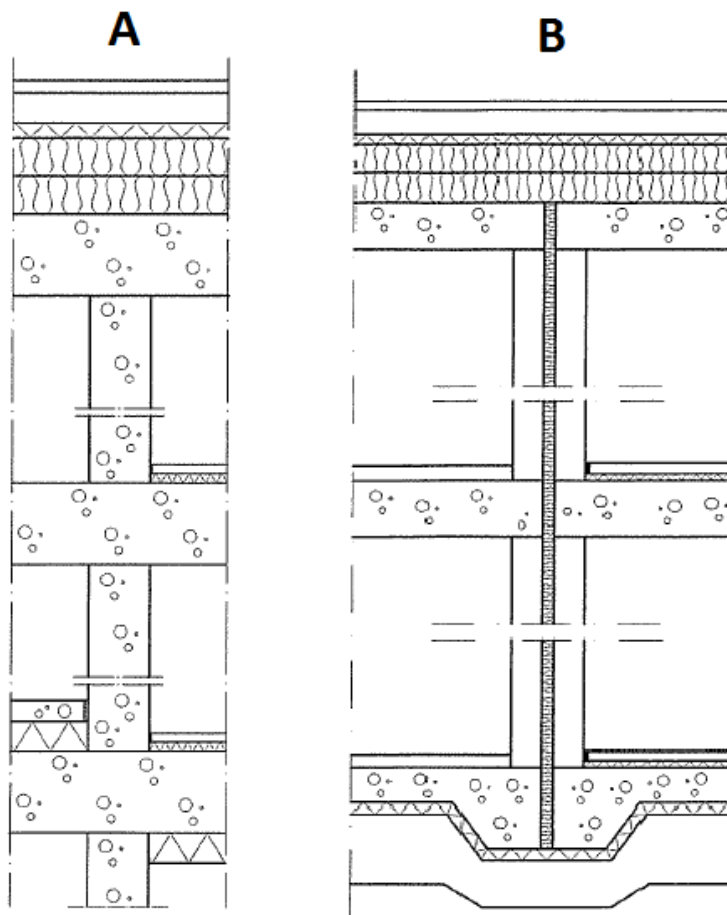
Seinät, ilmanääneneristysluku $R'_w \geq 55$ dB	
Erottava seinärakenne	
	$\geq 180...200$ mm betoni
	tasoite ≥ 235 mm kalkkiahkakaharkko tasoite - kalkkiahkakaharkon tiheysluokka $\geq 1,7$ - muuraus täysin saumoin
	≥ 140 mm betoni 50 mm runko k 600, jossa 50 mm mineraalivillaa rakennuslevy
	≥ 80 mm betoni ≥ 30 mm mineraalivillaa ≥ 80 mm betoni
	rakennuslevy 50 mm runko k 600, jossa 50 mm mineraalivillaa 100 mm betoni 50 mm runko k 600, jossa 50 mm mineraalivillaa rakennuslevy
	2 rakennuslevyä 70 mm erillisrunko, jossa 70 mm mineraalivillaa 20 mm ilmaväli runkojen välissä 70 mm erillisrunko, jossa 70 mm mineraalivillaa 2 rakennuslevyä

Taulukossa 5 esitetyistä rakenteista asuinkerrostaloissa yleisin on $\geq 180...200$ mm:n betoniseinä, jota käytetään esim. huoneistojen väliseinänä.

Rakenneliitosten suunnitteluperiaatteita

Rakenneliitosten suunnittelussa tulee ottaa erityisesti huomioon äänen sivutiesiirtymän estäminen. Seuraavia periaatteita noudattamalla tähän tavoitteeseen päästään. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 25 - 26.)

- Massiivisten yksinkertaisten erottavien seinärakenteiden, kuten 180 mm betoni-seinän kanssa voidaan käyttää jatkuvaa paikalla valettua teräsbetonivälipohjaa (≥ 200 mm) tai ontelolaattavälipohjaa (≥ 265 mm) jäykästi toisiinsa kiinnitettynä, koska sivuavan rakenteen ääneneristävyys on suunnilleen yhtä hyvä kuin erottavan rakenteen.
- Kaksinkertaisia erottavia rakenteita käytettäessä sivuava rakenne katkaistaan erottavan rakenteen kohdalla. Katkaisu tehdään niin, ettei sivuava rakenne toimi äänisiltana kaksinkertaisen erottavan rakenteen erillisten runkojen välillä.
- Kaksinkertaisen kiviaineisen erottavan seinän perustuksena käytetään halkaistua perustusta.
- Kevyet kiviaineiset huoneiston sisäseinät irrotetaan joustavasti rakennuksen rungosta ja muista erottavista rakenteista.
- Erottavan seinän ja yläpohjan liitos tiivistetään huolellisesti Erottavaseinän ja yläpohjan liitosta suunniteltaessa ja toteutettaessa on otettava huomioon myös paloturvallisuusvaatimukset.
- Kelluva lattia rakennetaan täysin irti kaikista runkorakenteista ja talotekniikan asennuksista.
- Erottavaan tai liittyvään kiviaineiseen seinään voidaan lisätä säteilyä vähentävä verhous tai erottavaan välipohjaan alaslaskettu katto, jotka estävät myös sivutiesiirtymää.
- Kevyet ulkoseinän sisäkuorirakenteet irrotetaan aina erottavasta rakenteesta joustavin liitoksin. Erottava seinärakenne viedään kevytrakenteisen sivuavan rakenteen sisään.
- Ulkoseinän sisäkuoret liitetään mahdollisimman jäykästi erottavaan massiiviseen seinään ja välipohjaan.
- Kaikki rakenteiden saumat ja liitokset tiivistetään huolellisesti tarkoituksen mukaisesti.

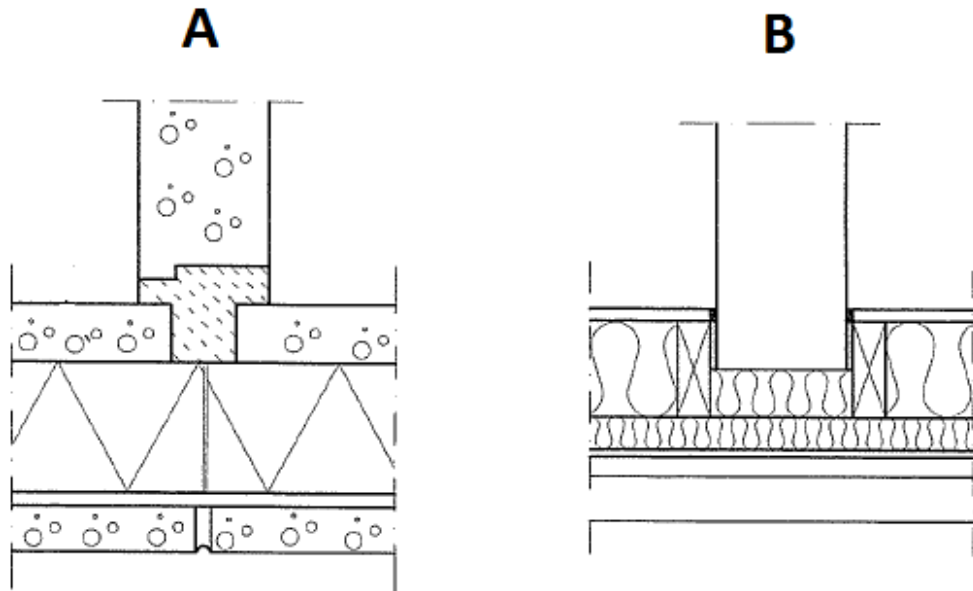


KUVA 11. Betoniväliseinän ja ylä-, ala- ja välipohjan liitoksia (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 25 - 28)

Kuvan 11 leikkaus A on esitetty esimerkkitarkaisu erottavan väliseinän liittymisestä ylä-, ala ja välipohjaan. Ratkaisussa on voitu käyttää jatkuvaa paikallaan valettua teräsbetonivälipohjaa, koska sen ääneneristävyys on lähes sama kuin erottavalla seinärakenteella. Kuvan 11 leikkaus B on taas esitetty kaksikerroksinen kiviaineinen erottava seinä. Ratkaisussa on halkaistu perusta ja välipohja on katkaistu jokaisen seinän puolikkaan päälle.

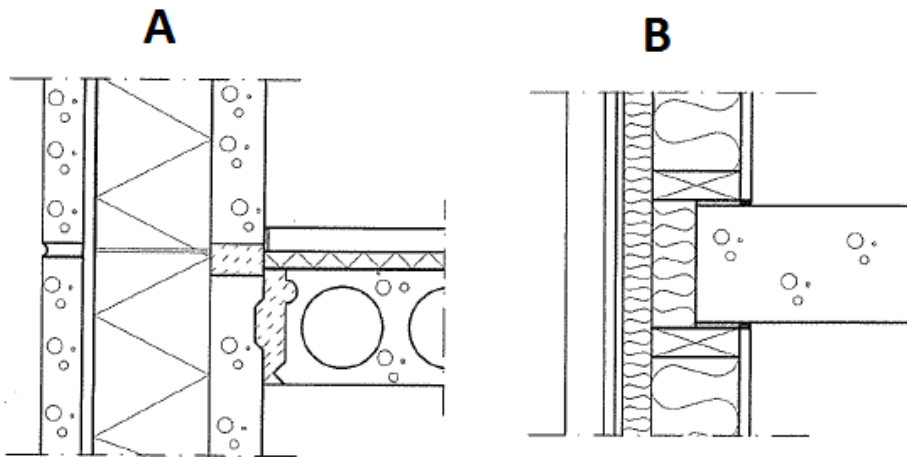
Läpivientien ja liittymien tiivistäminen

Rakenteissa olevat raot heikentävät ääneneristävyttä tilojen ja huoneistojen välillä. Siksi kaikki rakenteissa olevat saumat, putkien ja kanavien läpiviennit yms. tiivistetään huolellisesti. Suuremmat aukot suljetaan yleensä samalla materiaalilla kuin itse rakenne, siis esimerkiksi betonilla. Esimerkiksi pienet raot, putkien ja johtojen läpiviennit tiivistetään elastisella saumamassalla. Muuratut rakenteet rapataan tai tasoitetaan. Elementit saumataan ja tasoitetaan. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 26.)



KUVA 12. Yksinkertaisen erottavan väliseinän liittyminen ulkoseinään (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 27)

Kuvassa 12 detaljissa A on esitetty elementtiulkoseinän ja betonirakenteisen väliseinänliitos. Detaljissa B on ei-kantavan ulkoseinän liitos väliseinään. Tämä liitos on tyypillinen asuinkerrostaloissa, joissa kantavat ulkoseinät ovat betonista. Molemmissa liitoksissa väliseinä menee ulkoseinän sisään lisäämään liitoksen ääneneristävyttä.



KUVA 13. Erottavan välipohjan liittyminen ulkoseinään (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 28)

Kuvan 13 detalji A on ontelolaatan liitos elementtirakenteiseen ulkoseinään. Ontelolaattojen päällä on kelluvabetonilattia. Detaljissa B on betonirakenteisen välipohjan liitos kevytrakenteiseen ulkoseinään. Tämäntyyppinen detalji on esitelty tarkemmin kohdassa 5.3.1.

Askeläänten eristäminen

Kaikki askeläänet johtuvat askelääniherätteestä, joka on rakenteeseen kohdistuva mekaaninen isku. Tästä johtuen tehokas tapa askelääneneristykseen toteuttamiseksi on iskun vaimentaminen. Välipohjan askelääneneristävyyteen vaikuttavat pitkälti samat seikat kuin ilmaääneneristävyyteenkin eli mm. massa. Tämän lisäksi askeläänitasoon vaikuttaa lattian päällyste ja välipohjan rakenne kokonaisuudessaan. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 30.)

Mitä massiivisempi ja jäykempi lattia on, sitä vähemmän se värähtelee ja säteilee askelääntä. Jäykkyyden vaikutus on yleensä massan vaikutusta selvästi vahaisempi. Välipohjassa massaa voidaan lisätä itse kantavaan rakenteeseen, kelluvaan lattiaan tai kattolevytykseen. Ilman joustavaa lattianpäällystettä tai kelluvaa lattiaa eivät massiivisetkaan välipohjat täytä asuinhuoneen askeläänitasovaatimusta. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 30.)

Lattianpäällysteen tärkein askelääneneristävyyttä parantava ominaisuus on joustavuus. Mitä joustavampi päällyste tai päällysteen alusmateriaali on, sitä enemmän se vaimentaa askelääniä ja alentaa askeläänitasoa. Joustava lattianpäällyste, joustavan alusmateriaalin kanssa toteutettu lautaparketti tai kelluva lattia parantavat välipohjan askelääneneristävyyttä. Niiden toimintamekanismit ovat kuitenkin erilaisia. Yhteistä niille on että parannusvaikutus alkaa tietyn rajataajuuden jälkeen. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 30.)

Jos askeläänitasovaatimuksen täytyminen perustuu lattian päällysteen ominaisuuksiin, tulee valita päällyste jonka askelääneneristävyyden parannusvaikutus on riittävä käytettävälle välipohjalle. Päällystettä valittaessa on huomioitava, että se ajan mittaan menettää joustavuuttaan tai heikentyy niin, että sen kyky vaimentaa askelääniä on olennaisesti huonompi kuin uutena. Esimerkiksi muovimattojen askelääneneristävyys saattaa heiketä kymmenessä vuodessa neljä desibeliä ja linoleumin kaksi desibeliä. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 30.)

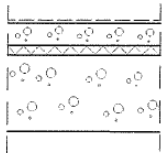
Kelluvan lattian askeläänepainetason alennus perustuu pintalattian massaan, välimateriaalin dynaamiseen jäykkyyteen ja välimateriaalin vaimennusominaisuuksiin. Askelääneneristävyys on sitä parempi, mitä suurempi pintalattian massa on, ja mitä pienempi joustokerroksen jäykkyys on. Jos kelluvan lattian pintalevytys on joustava, alla oleva joustokerros ei saa paikallisten taipumien takia kuitenkaan olla turhan joustava. Kelluvan betonilaatan alla voidaan käyttää hyvinkin joustavia materiaaleja. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 31.)

Taulukossa 6 esitettyjen välipohjien askeläänitasot saavutetaan, kun noudatetaan soveltuvin osin edellä esitettyjä suunnittelun ja työn laadun ohjeita. Askeläänitasoluku $L'_{n,w} \leq 53$ dB tulee saavuttaa asuinhuoneistoa ympäröivistä tiloista keittiöön ja muuhun asuin huoneeseen yleensä. Taulukon 6 välipohjista yleisimmin käytetään ≥ 240 mm:n paikalla valettua betonilaattaa, jonka päällä on joustava lattia päällyste ja ≥ 265 mm:n ontelolaattaa jonka päällä on tasoite- tai pintabetoni ja lattiapäällyste.

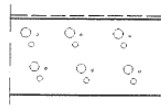
TAULUKKO 6. Välipohjissa saavutettavia askelääneneristävyyksiä (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 32 - 33)

Välipohjat, askeläänitasoluku $L'_{n,w} \leq 53$ dB

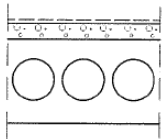
Erottava välipohjarakenne



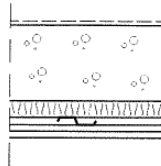
lattianpäällyste
 ≥ 70 mm betoni **tai** 40 mm tasoite
tai ≥ 22 mm rakennuslevy
 joustava kerros
 ≥ 200 mm teräsbetonilaatta tai masaltaan ja jäykkyydeltään sitä vastaava teräsprofiilin (korkeus ≤ 50 mm) päälle valettu liittolaatta **tai** ≥ 265 mm ontelolaatta; ontelolaatan paino saumattuna ja tasoitettuna ≥ 380 kg/m², ontelon muoto pyöreä tai hieman soikea



lattianpäällyste
 ≥ 240 mm paikalla valettu teräsbetonilaatta
 – lattianpäällysteen tulee olla joustava tai päällyste tulee asentaa joustavan alusmateriaalin päälle (askelääneneristävyyssominaisuudet osoitettava erikseen)



lattianpäällyste
 5–20 mm tasoite **tai** 50–70 mm pintabetoni
 ≥ 265 mm ontelolaatta; ontelon muoto pyöreä tai hieman soikea
 – ontelolaatan ja pintavalun/tasoitteen paino ≥ 500 kg/m²
 – lattianpäällysteen tulee olla joustava tai päällyste tulee asentaa joustavan alusmateriaalin päälle (askelääneneristävyyssominaisuudet osoitettava erikseen)



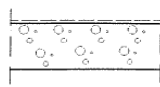
lattianpäällyste
 5–20 mm tasoite
 ≥ 240 mm paikalla valettu teräsbetonilaatta **tai** ≥ 265 mm ontelolaatta; ontelolaatan paino saumattuna ja tasoitettuna ≥ 380 kg/m², ontelon muoto pyöreä tai hieman soikea
 50 mm puusoirot tai teräsranka (k 600), ilmavälissä mineraalivilla
 25 mm akustinen jousiranka (k 400)
 1–2 rakennuslevyä
 – lattianpäällysteen tulee olla joustava tai päällyste tulee asentaa joustavan alusmateriaalin päälle (askelääneneristävyyssominaisuudet osoitettava erikseen)

Taulukossa 7 on esitetty välipohjarakenteita joilla saavutetaan suurimmat sallitut askeläänitasoluvut uloskäytävästä asuinhuoneisiin. Molempia esitettyjä välipohjia käytetään yleisesti asuinkeuhkaloissa. Vähintään 160 mm:n teräsbetonilaatta hieman joustavalla lattiapäällysteellä saavuttaa vaaditun askeläänitason niin kuin vähintään 200 mm:n ontelolaattakin.

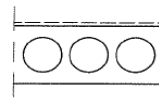
TAULUKKO 7. Rakennuksessa saavutettavia askelääneneristävyyksiä (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 33.)

Välipohjat, askeläänitasoluku $L'_{n,w} \leq 63$ dB

Erottava välipohjarakenne

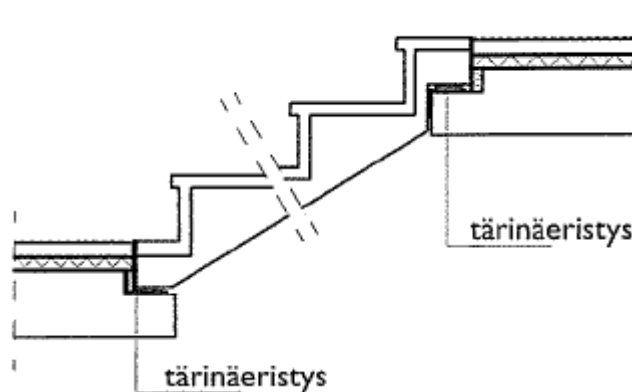


lattianpäällyste
 ≥ 160 mm teräsbetoni-laatta tai massal-
 taan ja jäykkyydeltään sitä vastaava te-
 räsprofiilin (korkeus ≤ 50 mm) päälle
 valettu liittolaatta.
 – lattianpäällysteen tulee olla hieman
 joustava tai päällyste tulee asentaa
 joustavan alusmateriaalin päälle
 (askelääneneristävyyssominaisuudet
 osoitettava erikseen)



lattianpäällyste
 ≥ 200 mm ontelolaatta:
 ontelolaatan paino saumattuna ja
 tasoitettuna ≥ 260 kg/m², ontelon
 muoto pyöreä tai hieman soikea
 – lattianpäällysteen tulee olla hieman
 joustava tai päällyste tulee asentaa
 joustavan alusmateriaalin päälle
 (askelääneneristävyyssominaisuudet
 osoitettava erikseen)

Kerrostaloissa porrashuoneen ja asuinhuoneen välinen askeläänitasovaatimus saavutetaan esimerkiksi käyttämällä riittävän raskaita rakenteita ja tukemalla kerros- ja lepotasot joustavasti viereisiin seiniin, jolloin portaat voidaan kiinnittää jäykästi tasoihin. Tällöin portaiden sivujen tulee olla irti seinistä. Toinen vaihtoehto, kuten kuvassa 14 esitetty, on tukea kerros- ja lepotasot jäykästi viereisiin seiniin ja rakentamalla päällysrakenteet joustavan kerroksen varaan kerros- ja lepotasojen päälle ja tukemalla porrassyöksyt joustavasti tärinäeristimien varaan. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 34.)



KUVA 14. Esimerkki porraselementin joustavasta liitoksesta porrastasoon (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 34)

Tärinäeristimien erotettujen porrassyöksyjen, porras- ja lepotasojen ja joustavan kerroksen päällä olevien lattiarakenteiden ja rakennuksen rungon välillä ei voi olla mitään mekaanista, ääntä siirtävää yhteyttä. Tällöin lattian pintamateriaali voidaan valita vapaasti. (YO 99 Ääneneristys rakennuksessa 2003, 34.)

5 ASUINKERROSTALON RAKENNEKIRJASTO

5.1 Detaljien ja rakennetyyppien valinta

Tässä luvussa tutustutaan opinnäytetyössä tehtyyn rakennekirjastoon. Rakennekirjasto tehtiin ensisijaisesti Insinööritoimisto SRT Oy:n asuinkerrostalojen rakennesuunnittelua varten. Opinnäytetyön aiheenrajaus tehtiin tilaajan tarpeitten mukaan ja aiheeksi rajattiin betonirakenteisten asuinkerrostalojen detaljit ja rakennetyypit. Eri tyistä huomiota kiinnitettiin rakenteiden lämmöneristykseen, kosteustekniseen toimintaan, paloturvallisuuteen ja ääneneristävyyteen. Laajaa rakenteiden mitoitusta ei työhön sisällytetty, mutta tarvittaessa sitä tehtiin.

Detaljit sisältävät sekä paikallaan rakennettujen että elementtirakenteisten kohteiden suunnitelmia. Detaljit jaettiin eri rakennusosien kesken ja ne painottuvat rakenteiden liitoksiin. Rakennetyypeistä valittiin parhaiten asuinrakennuksiin käyvät ja ne muokattiin vastaamaan tämän hetken määräyksiä ja ohjeita. Rakennetyypeistä laskettiin lämmönläpäisevyyden U-arvot ja tarvittaessa muokattiin vastaamaan uudistuvia määräyksiä.

5.2 Piirtämisen reunaehdot

Ennen detaljien piirtämisen aloittamista sovittiin detaljien ja rakennetyyppien ulkoasuun vaikuttavat asiat. Yleisesti sovittiin että piirrettävä kohde pyritään aina esittämään mahdollisimman vähillä kuvilla niin, että niistä nähdään kuvauksen kannalta oleellinen asia. Mittakaavan valinnassa otettiin huomioon kuvassa esitetyn asian koko ja tarkkuus, jotta kuvasta tuli sopivan kokoinen. Omasta mielestäni tietokoneohjelmilla piirittäessä on järkevintä piirtää kaikki kuvat luonnollisessa mittakaavassa ja ottaa rastereiden, tekstien ja mittatyylien kanssa huomioon valittu tulostusmittakaava. Tämä siksi, että kuvien käyttö on tulevaisuudessa helppoa ja johdinmukaista. Peruskäytössä olevat mittakaavat ja muut mahdolliset mittakaavat on esitetty taulukossa 8.

Tämän työn detaljeissa käytettiin yleensä mittakaavaa 1:10 paperikoon ollessa A4 (210x 297 mm). Jos esitettävän detaljin koko ei sallinut perusmittakaavan käyttöä, käytettiin mittakaavana sopivaa mittakaavaa, jota korostettiin kuvan otsikossa.
















TAULUKKO 8. Mittakaavojen käyttö rakennuspiirustuksissa (RT 15-10635 Esitysta-paohjeet 1997, 8)

piirustus esittää	mittakaava peruskäyttö	mahdollinen käyttö
• rakennuskohteen aseman rakennuspaikalla	1:1000 1:2000	1:2000
• rakennuskohteen kokonaiskuvauksen, josta ilmenee ratkaisun pääperiaatteet	1:500	1:200
• rakennuskohteen tai osankokonaiskuvauksen, jonka perusteella voidaan tehdä rakentamista ja rakennuslupaa koskevat päätökset	1:200 1:100	1:50
• rakennuskohteen tai sen osan kokonaiskuvauksen, josta ilmenevät rakennussuoritusta varten rakennusosien laji ja sijainti	1:50 1:20	1:100
• rakennusosia tai muita suunnitelman yksityiskohtia	1:20 1:10 1:5 1:1	1:2

Rakennuspiirustuksissa käytetään yleisesti seuraavia viivalajeja: ehyt viiva, katkoviiva, pistekatkoviiva, kaksipistekatkoviiva ja siksak-murtoviiva. Viivojen leveydet määritellään seuraavasti: kapea (suhteellinen leveys 1), leveä (2) ja erittäin leveä (4). Viivalajien ja leveyksien käyttö rakennuspiirtämisessä on esitetty taulukossa 9.

Taulukossa 9 esitettyjä viivan ominaisuuksia käytetään, jotta samassa piirustuksessa käytettävien viivojen ero on selkeästi havaittavissa. Erilaisten viivalajien merkitys on tarvittaessa selitettävä piirustuksessa tai sen erillisessä seliteosassa.

TAULUKKO 9. Rakennuspiirtämisessä käytetyt viivat (RT 15-10635 Esitystapaohjeet 1997, 9)

esimerkki	viivalaji	viivaleveys	käyttö
			Rakennusosien kuvauksien viivat
	ehyt viiva	leveä	• näkyvät reunat ja rajat
	katkoviiva	leveä (tai kapea)	• näkyvän pinnan takana olevat reunat ja rajat
	katkoviiva	kapea	• tilavaraus ¹
	pistekatkoviiva	leveä (tai kapea)	• kuvaustason edessä ja yläpuolella olevat reunat ja rajat
	ehyt viiva	kapea (tai leveä)	• pintojen jako
	ehyt viiva	erittäin leveä	• leikkauspinnan reunat ja rajat korostettaessa • säilytettävän rakennusosan oikea ja alareuna
	pisteviiva ²		• purettavat rakennusosat ¹
			Apuviivat (esimerkkejä)
	ehyt viiva	kapea	• toiminnan osoittaminen (esimerkiksi oven aukeaminen) • leikkauspinnan tehosteet • mittaviivat • moduuliviivat • viittausviivat
	pistekatkoviiva ³	kapea	• katkaisu, kuvauksen rajaus ¹ • keskiviivat • symmetriaviivat • moduuliviivat
	pistekatkoviiva ³	leveä	• leikkaustason merkintä
	pistekatkoviiva ³	erittäin leveä	• mitoituksen peruslinjan viiva
	kaksipistekatkoviiva	kapea	• rajoittuvien rakennusosien reunat ja rajat (eivät kuulu kuvattavaan kohteeseen, mutta ovat tarpeen yhteyden ymmärtämiseksi) • vaihtoehtoinen sijainti tai liikkuvan osan ääriasetnot • painopisteakseli
	kaksipistekatkoviiva ³	leveä	• muutosalueen rajaus ¹
	kolmipistekatkoviiva ³	leveä	• paloteknisten osastojen rajat ¹
	siksak-murtoviiva	kapea	• kuvauksen rajaus, katkaisu ⁴

Viivojen leveydet voidaan valita RT-kortin mukaisista viivaryhmistä. Nämä viivaryhmät ja niiden mukaiset viivojen leveydet millimetreinä ovat seuraavat: (RT 15-10157 Rakennuspiirustukset, viivat 1982, 3)

Viivojen paksuudet (mm)	kapea	leveä	erittäin leveä
Viivaryhmä I	0,13	0,25	0,5
Viivaryhmä II	0,18	0,35	0,7
Viivaryhmä III	0,25	0,5	1,0
Viivaryhmä IV	0,35	0,7	1,4

Viivaryhmää I ei suositella käytettäväksi sen huonon kopioitumisen vuoksi. Tässä opinnäytetyössä on käytetty viivaryhmä II mukaisia viivan leveyksiä. Tietokoneavusteisesti piirrettäessä viivan leveydet on helppo määrittää erivärisille viivoille. Tässä työssä viivojen tulostusleveydet ovat; punainen 0,18 mm, valkoinen 0,35 mm ja cyan 0,7 mm. Lisäksi käytetään erittäin kapeaa harmaata viivaa, jonka paksuus on 0,15 mm ja leveän ja erittäin leveän välissä olevaa keltaista viivaa, jonka paksuus on 0,5 mm.

Työssä käytettiin tekstityylinä yleisesti AutoCAD-ohjelmassa käytettyä tyyliä MONO-TEXT. Tämä tekstityyli sopii mielestäni hyvin tekniseen piirtämiseen sen selkeän ja kapean ulkoasun vuoksi. Käytetyt tekstikoot eli tekstin korkeudet ovat 2.5, 3.5 ja 5. Otsikot ja huomiota herättämään tarkoitetut tekstit on esitetty tekstikoolla 5, jotta lukija huomaisi tekstin ensimmäisenä. Tekstikokoa 3.5 on käytetty yleisenä tekstikokona. Sillä on kirjoitettu esimerkiksi kaikki selitetekstit ja pidemmät selitykset. Testikokoa 2.5 käytettiin vain, jos 3.5:n käyttö ei ollut mahdollista. Luonnolliseen mittakaavaan piirrettäessä tulee ottaa huomioon tulostusmittakaava. Jos piirretään kuvaa 1:1 ja tulosmittakaava on 1:10, tulee haluttu tekstinkoko kertoa mittakaavan käänteisluvulla eli tässä tapauksessa 10:llä.

5.3 Detaljien ja rakennetyyppien esittely

Tässä luvussa esitellään Insinööritoimisto SRT Oy:lle laadittua asuinkerrostalojen rakennekirjastoa. Rakennekirjastosta on valittu joitakin detaljeja ja rakennetyyppejä lähempää tarkastelua ja mitoitusta varten. Esimerkeissä on kiinnitetty erityishuomiota rakenteen kosteustekniseen toimintaan, lämmöneristävyyteen sekä palo- ja äänitekniiseen toimintaan. Tarkempaan käsittelyyn valitut detaljit ja rakennetyypit ovat:

- DET US-103 Ei-kantavan ulkoseinän ja välipohjan liitos
- DET VP-107 V-elementin yläreunan liitos välipohjan kohdalla
- DET POR-101 Porraselementin yläpään liitos
- DET PAR-102 Välipohjan ja parvekelaatan liitos ei-kantavan ulkoseinän kohdalla
- RT US-1 Kantava tiiliverhoiltu ulkoseinä

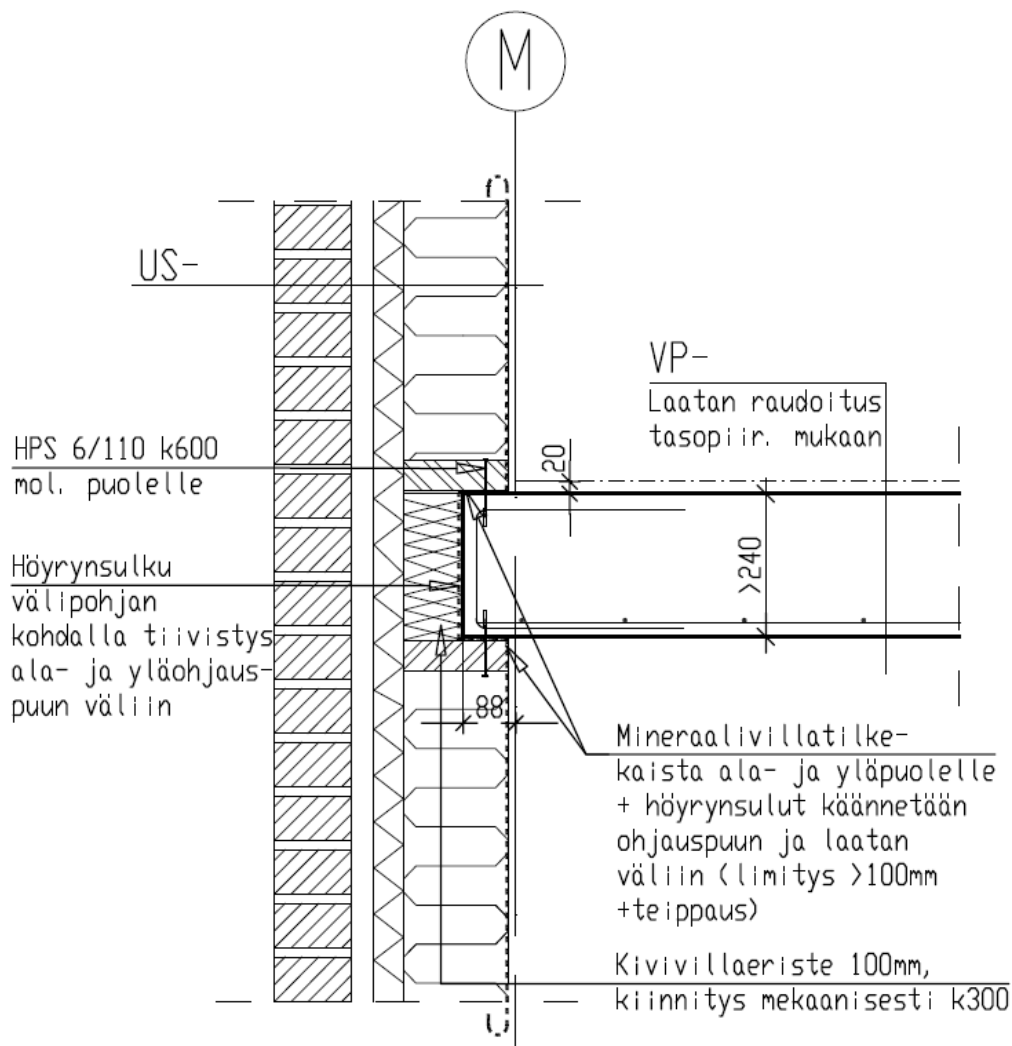
Detaljeista ja rakennetyypeistä on valittu ne, joissa on joitain erityisiä vaatimuksia tai ne kuvaavat hyvin tämän työn sisältöä. Tässä opinnäytetyössä suunnitellut detaljit ja rakennetyypit ovat tarkoitettu Insinööritoimisto SRT Oy:n käyttöön, joten liitteenä on vain muutamia esimerkkejä.

Detaljit on nimetty niiden käyttökohteen mukaan. Jokaisella detaljilla on oma otsikko ja käyttökohteen mukainen tunnus. Esimerkiksi ensimmäinen ulkoseinädetalji on nimetty DET US-101 "Kantavan ulkoseinän ja välipohjan liitos 1:10", jossa DET merkitsee detaljia, US ulkoseinää ja 101 kertoo että kyseessä on kirjaston ensimmäinen ulkoseinädetalji. Otsikko kertoo detaljin käyttökohteen sekä mittakaavan. Rakennetyypit nimetään myös niiden käyttökohteen ja kirjastossa olevan järjestyksen mukaan. Esimerkiksi ensimmäinen alapohjanrakennetyyppi on nimetty RT AP-1, jossa RT tarkoittaa rakennetyyppiä, AP merkitsee alapohjaa ja 1 rakennetyypin järjestysnumero kirjastossa.

5.3.1 US-103 Ei-kantavan ulkoseinän ja välipohjan liitos

Kuvassa 15 oleva detalji DET US-103 esittää ei-kantavan ulkoseinän liitoksen välipohjaan. Ulkoseinä on puurunkoinen ja siinä on tiiliverhous. Tämä on yleinen ulkoseinä tyyppi asuinkerrostalossa, jossa kantavat ulkoseinät ovat betonirakenteisia. Kuvaa on karsittu, jotta se mahtuisi paremmin tähän tekstiosaan.

Ei-kantavan ulkoseinän ja välipohjan liitos 1:10



KUVA 15. Ei-kantavan ulkoseinän ja välipohjan liitos

Kuvan 15 tapauksessa tulee kiinnittää erityistä huomiota höyrynsulkuun ja ilmanpitävyyteen. Lisäksi tulee huomioida ääneneristys ja tulipalon leviämisen estäminen. Tässä detaljissa ei ole laskettu välipohjalaatan raudoitusta. Välipohjalaatan vähimmäispaksuus asuinkerrostalossa on 240 mm, joka sopivalla lattiapinnoitteella täyttää vaaditun askelääneneristävyys vaatimuksen 53 dB. Lattiapinnoitteen muuttuessa laatan paksuutta joudutaan kasvattamaan.

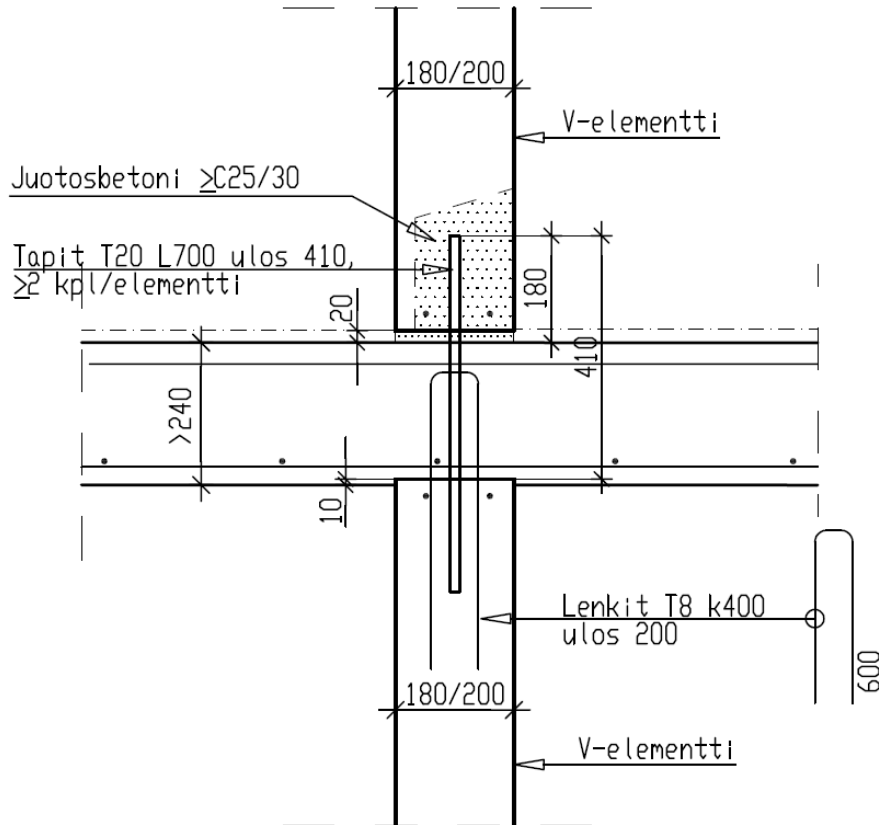
Ei-kantavan ulkoseinän runko kiinnittyy välipohjan kohdalla ylä- ja alaohjauspuihin. Puut ovat kiinnitetty välipohjaan HPS 6/110- lyöntitulpalla välillä 600 mm. Ohjauspuun ja välipohjan väliin on asennettu mineraalivillatilkekaista, joka tukkii välipohjavalun epätasaisuuksista johtuvat kolot ja näin lisää liitoksen ilmatiiveyttä. Höyrynsulku kuljetetaan välipohjan läpi ja tiivistetään ohjauspuiden alla. Seinänhöyrynsulku tiivistetään myös ohjauspuiden alle ja saumat limitetään vähintään 100 mm ja teipataan. Välipohjalaatan minimi palonkesto aika on 60 min, joka tulee ottaa huomioon myös kaikissa liittymissä. Siksi ulkoseinään välipohjan kohdalle laitetaan 100 mm:n paksu kivivillieriste.

5.3.2 DET VP-107 V-elementin yläreunan liitos välipohjan kohdalla

Kuvassa 16 oleva detalji DET VP-107 esittää kantavan väliseinäelementin yläreunan liitoksen välipohjan kohdalla. Kuvassa on esitetty myös välipohjan päältä lähtevän V-elementin liitos välipohjaan ja alempaan V-elementtiin. Koska V-elementit ovat kantavia ja huoneiden välisiä seiniä, tulee niiden paksuus olla vähintään 180 mm. Uudet betoniteollisuuden äänitekniset ohjeet suosittavat, että huoneistojen väliset seinien paksuus olisi vähintään 200 mm. Välipohjan paksuuteen koskee samat säännöt kuin kohdassa 5.3.1.

Alemman V-elementin yläpää jätetään 10 mm välipohjavalun sisälle, jotta ääni ei pääse liikkumaan huoneistojen välillä. Elementin yläpäässä on 8 mm teräs lenkit, joiden sivumitta on 600 mm ja jakoväli 400 mm. Lenkin tarkoitus on toimia välipohjan tartuntana kantavaan V-elementtiin. 20 mm:n terästäpit estävät ylemmän V-elementin siirtymisen sivulle. Tappi tuodaan alemmasta elementistä ulos 410 mm, jolloin sille jää 180 mm:n tartuntapinta ylempään elementtiin. Mitoitus tehdään betoninormien mukaisesti tai sieltä löytyvillä minimi pituuksilla. Tappeja tulee laittaa vähintään kaksi jokaiseen elementtiin. Asennuksen kuluessa tapille varattu kolo valetaan täyteen juotobetoniilla tartunnan aikaansaamiseksi.

V-elementin yläreunan liitos välipohjan kohdalla 1:10



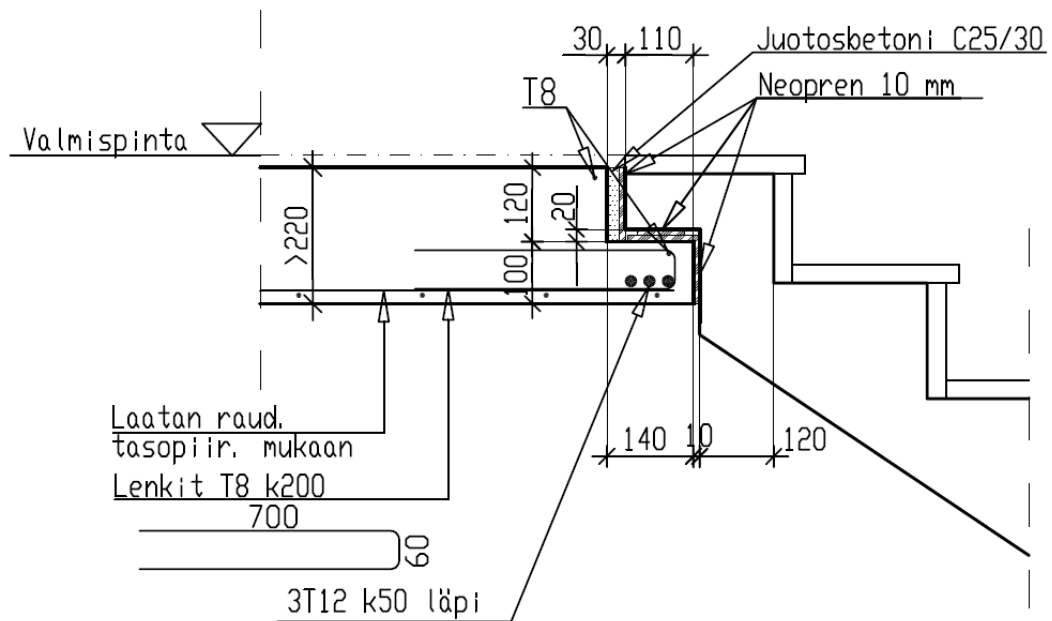
KUVA 16. DET VP-107 V-elementin yläreunan liitos välipohjan kohdalla

5.3.3 DET POR-101 Porraselementin yläpään liitos

Kuvassa 17 on esitetty porraselementin liitos kerrostasoon. Liitos on saatu joustavaksi neopreenikaistalla, jolloin kerrostaso voi liittyä jäykästi porrashuoneen ja huoneiston väliseen seinään. Portaan ja sen liitoksen mitat on otettu Lemminkäisen Elemento porraelementti ohjeesta.

Kerrostason paksuus tulee porraselementin kannalta olla vähintään 220 mm. Kerrostason leukaan laitetaan lisäraudoitusta porraselementille tulevan kuorman mukaan. Porraselementin ja kerrostason väliin on laitettu neopreenikaistat, jotka estävät portaasta tulevaa askelääntä siirtymästä laattaan. Tällöin kerrostasonlaatan ja huoneiston välisen seinän liitos voi olla jäykkä ja silti saavutetaan vaadittu askelääneneristävyyttä 63 dB.

Porraselementin yläpään liitos 1:10



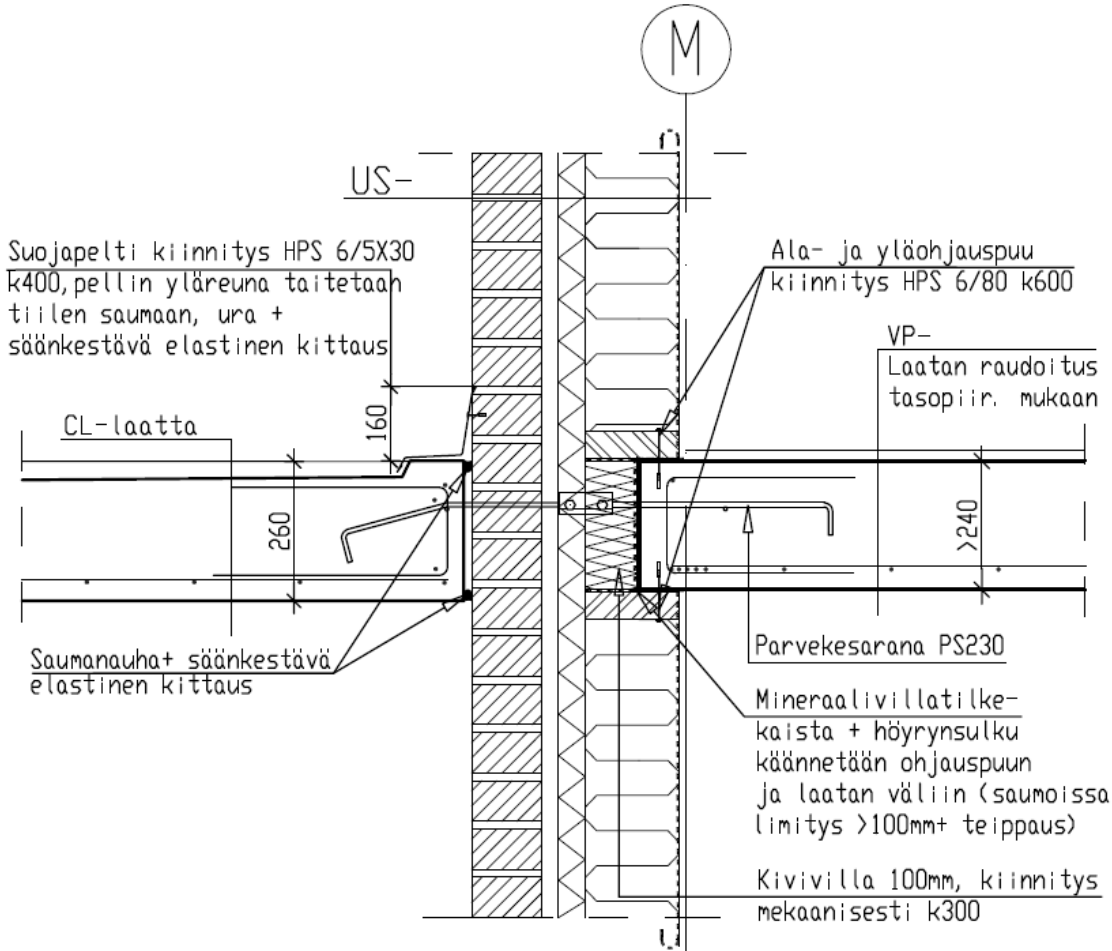
Kuva 17. DET POR-101 Porraselementin yläpään liitos

Porraselementin ja kerrostason väliin valetaan juotosbetoni, joka estää porraselementin liikkumisen asennuksen jälkeen. Kerrostaso viimeistellään lattiapinnoitteella, jonka yläpinnan taso tulee samalle tasolle portaan ylimmän askeleen kanssa.

5.3.4 DET PAR-102 Välipohjan ja parvekelaatan liitos ei-kantavan ulkoseinän kohdalla

Parvekelaatta kiinnitetään vaakavoimille ei-kantavan ulkoseinän kohdalla välipohjaan. Detaljissa DET PAR-102 on esitetty parvekkeen liittyminen välipohjaan parvekesarjalla PS230. Parvekesarjaa käytetään kun parvekkeen ulkoreuna on tuettu esimerkiksi pilarilla. Sarjana sallii lämpötilan vaihtelusta aiheutuvat liikkeet ja ei muodosta pakkovoimia parvekelaatan ja välipohjan liitokseen. Ulkoseinään pätee samat asiat, jotka on esitetty kohdassa 5.3.1.

Välipohjan ja parvekelaatan liitos
ei-kantavan ulkoseinän kohdalla 1:10



KUVA 18. Välipohjan ja parvekelaatan liitos ei-kantavan ulkoseinän kohdalla

Parvekelaatan ulkoseinän puoleinen liitos suojataan hyvin sadetta ja muuta kosteutta vastaan. Yläreunaan laitetaan pelti, joka estää veden ja lumen pääsyn saumaan. Pelti kiinnitetään HPS 6/5X30- lyöntitulpilla välillä 400 mm ja sen yläreuna taitetaan tiilen saumaan jätettyyn uraan, johon pelti kiinnitetään mekaanisesti ja tiivistetään säänkestävällä elastisella kittauksella. Myös parvekelaatan sauman molemmille puolille laitetaan saumanauha ja säänkestävä elastinen kittaus.

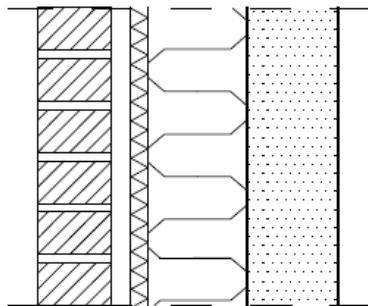
5.3.5 RT US-1 Kantava tiiliverhoiltu ulkoseinä

Kuvassa 20. on esitetty kantavan betonirakenteisen ulkoseinän rakennetyyppi. Tämä ulkoseinätyyppi on yleinen asuinkerrostaloissa ja siksi hyvä esimerkki rakennetyypistä. Rakennetyypin esittelyn lisäksi tässä luvussa on esitetty ko. rakenneosan lämmönläpäisykertoimen U -arvon laskenta.

Kantavanarakenteena rakennetyypissä RT US-1 on 160 mm:n betoniseinä, joka voi olla paikallaan valettu tai elementti. Elementtiseinä kiinnitetään muuraussiteet elementin kokoamis- ja valuvaiheessa. Paikallaan valettuun seinään siteet asennetaan

jälkikiinnityksenä betonin kuivuttua. 175 mm:n mineraalivillaeristys painetaan kiinni muuraussiteisiin ja kiinnitys varmistetaan tarvittaessa villaprikalla. 30 mm:n tuulensuojalevy kiinnitetään lämmöneristeen päälle samalla menetelmällä kuin mineraalivilla aikaisemmin, mutta nyt villaprikan käyttö on pakollista.

Tuulensuojalevyn jälkeen tulee 35 mm:n tuuletusväli. Tiilimuurauksen alareunassa, esim. kolmannesta muuratusta tiilikerroksesta, jätetään joka kolmas pystysauma auki, jotta ilma pääsee nousemaan tuuletusväliin. Ilma pääsee ulos muurauksen yläreunasta ja mahdollisista ikkunan ja ovien liitoksiin jätetyistä tuuletusraoista. Ulkoverhouksena tässä rakennetyypissä on 130 mm:n levyinen poltettu tiili. Tarkemmat tiedot tiilistä ja työn laadusta jätetään arkkitehdin määrittäväksi, joten ne löytyvät rakennuslupakuvasta. Tiilien ja laastin tulee olla pakkasen kestävä, koska ulkoverhous joutuu säärasitusten kohteeksi.



Paksuus mm	Materiaalit	Palotekn. luokat															
130	Tiiliverhous rakennuslupakuvien mukaisesti - laasti ja tiilet pakkasenkestäviä - muuraussiteet Ø4 rst, väh. 4 kpl/m ² (nurkissa ja räystäillä 6 kpl/m ²) - muuraussiteet oltava tiilivalmistajan hyväksymiä	B-s1, d0															
35	Tuuletusväli																
30	Tuulensuojamineraalivilla 30mm, Isover RKL-Fasade - $\lambda_{design} = 0,031$ W/mK	A2-s1, d0															
175	Mineraalivillalevyeristys 175mm - $\lambda_{design} = 0,033$ W/mK	A1															
160	Betoniseinä rakennepiirustusten mukaisesti - seinäpalkit raudoitettuja Pintakäsittely tai -materiaali rakennuslupakuvien mukaisesti uloskäytävät varastot ja tekn. tilat muut tilat	A1 A2-s1, d0 B-s1, d0 D-s2, d2															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Ääneneristävyys</th> <th colspan="2">Lämmöneristävyys</th> <th>Paloluokka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>askel</td> <td>dB</td> <td>U-arvo</td> <td>0,17 W/m²K</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ilma</td> <td>dB</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Ääneneristävyys		Lämmöneristävyys		Paloluokka	askel	dB	U-arvo	0,17 W/m ² K		ilma	dB			
Ääneneristävyys		Lämmöneristävyys		Paloluokka													
askel	dB	U-arvo	0,17 W/m ² K														
ilma	dB																

KUVA 20. RT US-1 Kantava tiiliverhottu ulkoseinä

Pintamateriaalien palotekniset luokat määräytyvät rakennusmääräyskokoelman osan E1 mukaan. Eristeiden palotekninen luokka A1 tarkoittaa, että eriste on palamaton.

RT US-1 lämmönläpäisykerroimen U laskenta

Rakennetyypissä esitetty U -arvo $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ on laskettu tällä hetkellä voimassa olevien määräysten mukaan tai otettu eristevalmistajan ohjeesta. Alla esitetty laskelma on suoritettu tässä opinnäytetyössä kohdassa 3.1.3 esitettyllä uudella tavalla. Laskennassa ainekerroksista on käytetty lyhenteitä bet. betoni, villa mineraalivillaeriste ja ts tuulensuojalevy. Eri ainekerrosten lämmönvastuksen saadaan kohdan 3.1.3 kaavalla 3.2.

$$R_{bet.} = \frac{d_{bet.}}{\lambda_{U,bet.}} = \frac{0,16 \text{ m}}{2,3 \text{ W/mK}} = 0,06956 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{villa} = \frac{d_{villa}}{\lambda_{U,villa}} = \frac{0,175 \text{ m}}{0,033 \text{ W/mK}} = 5,30303 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{ts} = \frac{d_{ts}}{\lambda_{U,ts}} = \frac{0,03 \text{ m}}{0,031 \text{ W/mK}} = 0,96774 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Tuuletusväliä ja sen ulkopuolella olevia ainekerroksia ei oteta U -arvon laskennassa huomioon, koska tuuletusväli oletetaan hyvin tuulettuvaksi. Tämä tarkoittaa, että siihen johtavien aukkojen yhteenlaskettu pinta-ala on suurempi kuin $1\,500 \text{ mm}^2$ pystysuoran ilmakehän pituusyksikköä (m) kohti.

Yllä laskettujen lämmönvastusten lisäksi kokonaislämmönvastukseen R_T sisältyy ulkopinnanlämmönvastus R_{se} ($0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$) ja sisäpinnanlämmönvastus R_{si} ($0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$).

$$R_T = R_{si} + R_{bet.} + R_{villa} + R_{ts} + R_{se} = 0,13 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,06956 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 5,30303 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,96774 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,04 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} = 6,457415 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Nyt rakennetyypissä RT US-1 esitetyn rakenneosan U -arvo saadaan kokonaislämmönvastuksen käänteislukuna kaavan 3.1 mukaisesti.

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{6,457415 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}} = 0,15486 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Seuraavaksi lasketaan tiilisiteitten aiheuttama kokonaan eristeenläpäisevien piste-
mäisten kyläsiltojen korjaustekijä kaavalla 3.9. Jossa α on 0,8, teräksen lämmönjoh-
tavuus 30 W/mK ja tiilisiteen poikkipinta-ala 12,57 mm². Muut tiedot saadaan raken-
netyypistä tai yllä lasketuista tiedoista.

$$\Delta U_f = \frac{\alpha \lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_{f0}}{R_{Th}} \right)^2 = \frac{0,8 * 30,00 \frac{W}{mK} * 0,00001257 m^2 * 4 kpl/m^2}{0,205 m} \\ * \left(\frac{6,27077 \frac{m^2K}{W}}{6,457415 \frac{m^2K}{W}} \right)^2 = 0,00551 \frac{W}{m^2K}$$

Lämmöneristyksessä olevien ilmarakojen ja huolimattoman asennuksen lisäys läm-
mönläpäisykertoimeen lasketaan kaavalla 3.11. Ilmaraoista johtuva korjauskerroin
saadaan taulukosta 2 asennustason ollessa 1. Muut tiedot saadaan yltä.

$$\Delta U_g = \Delta U'' \left(\frac{R_1}{R_{Th}} \right)^2 = 0,01 \frac{W}{m^2K} * \left(\frac{6,27077 \frac{m^2K}{W}}{6,457415 \frac{m^2K}{W}} \right)^2 = 0,00936 \frac{W}{m^2K}$$

Tämän jälkeen voidaan laskea lämmöneristyskerroimen korjaustekijä ΔU kaavalla
3.8, jossa käännettyjen kattojen korjaustekijää ΔU_r ja viivamaisten kylmäsiltojen kor-
jaustekijää ΔU_ψ ei tarvitse huomioida eli ne ovat nolla.

$$\Delta U = \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_r + \Delta U_\psi = 0,00551 \frac{W}{m^2K} + 0,00936 \frac{W}{m^2K} = \\ 0,01487 \frac{W}{m^2K}$$

Laskemalla yhteen rakennetyypin RT US-1 rakenneosan lämmönläpäisykerroimen U -
arvo sekä lämmönläpäisykerroimen korjaustermi ΔU kaavalla 3.7, saadaan korjattu
lämmönläpäisykerroin U_c .

$$U_c = U + \Delta U = 0,15486 \frac{W}{m^2K} + 0,01487 \frac{W}{m^2K} = 0,16973 \frac{W}{m^2K}$$

Kuten tuloksesta havaitaan, kyseessä olevan ulkoseinän korjattu lämmönläpäisyker-
roin U_c on lähes täysin sama kuin aikaisemmilla menetelmillä laskettu arvo.

6. YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä laadin Insinööritoimisto SRT Oy:lle rakennekirjaston asuinkerrostalojen rakennesuunnittelua varten. Kirjasto koostuu detaljeista ja rakennetyypeistä, joita keräsin aikaisemmista kohteista ja piirsin kokonaan uusia. Aikaisemmin suunniteltuihin kohteisiin tutustumalla sain hyvän käsityksen detaljien ja rakennetyyppien nykytilasta ja siitä mihin suuntaan niitä pitäisi kehittää.

Vaikeutena työssä oli rajata detaljien ja rakennetyyppien määrä sellaiseksi, että kirjasto olisi helposti hallittava, mutta myös tarpeeksi kattava. Työssä päätettiin keskittyä betonirakenteisiin asuinkerrostaloihin. Mukaan otettiin niin paikallaan valetut kuin elementtirakenteisetkin kohteet. Rajausta jatkettiin koko työn edistymisen ajan, kun samalla detaljit ja rakennetyypit saavuttivat lopullisen muotonsa.

Insinööritoimisto SRT Oy tulee käyttämään tässä opinnäytetyössä tehtyä asuinkerrostalon rakennekirjastoa jokapäiväisessä toiminnassaan. Rakennekirjastoa käytetään erityisesti suunnittelun alkuvaiheessa, jossa rakenteiden ja rakennetyyppien valinta tehdään. Tämä kirjasto antaa laajan lähtökohdan suunnittelulle ja helpottaa rakennesuunnittelijoiden työskentelyä.

Tulevaisuudessa kirjastoon jääneet mahdolliset virheet korjataan ja kirjastoa laajennetaan tarpeiden mukaan. Määräysten ja vaatimusten muuttuessa kirjaston detaljeja ja rakennetyyppejä muutetaan vastaamaan uudistuvia määräyksiä. Kirjaston laajentaminen ja muuttaminen on helppoa sen johdonmukaisuuden ja selkeän yleisilmeen ansiosta.

LÄHTEET

Aho, H. ja Korpi, M. 2009. Ilmapitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa. Tutkimusraportti 141. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos

C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. 1998. Suomen rakennusmääräyskokoelma. Ympäristöministeriön asetus. [viitattu 17.4.2012]. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/data/normit/1917-c1.pdf>

C2 Kosteus. 1998. Suomen rakennusmääräyskokoelma. Ympäristöministeriön asetus. [viitattu 17.4.2012]. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf>

C4 Lämmöneristys. 2012. LUONNOS 16.3.1012. Suomen rakennusmääräyskokoelma. Ympäristöministeriön asetus. [viitattu 17.4.2012]. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=135351&lan=fi>

D3 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Suomen rakennusmääräyskokoelma. Ympäristöministeriön asetus. [viitattu 17.4.2012]. Saatavilla: http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf

Dunkel, Harry. 2011. Kosteus, versio 1.33. [viitattu 20.4.2012]. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennusfysiikka, Oppimateriaali

Dunkel, Harry. 2012. Lämpö, versio 1.4. [viitattu 20.4.2012]. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennusfysiikka, Oppimateriaali

Insinööritoimisto SRT Oy www-sivut. yritys. [viitattu 17.4.2012]. Saatavilla: <http://www.srtoy.net/>

E1 Rakennusten paloturvallisuus. 2011. Suomen rakennusmääräyskokoelma. ympäristöministeriön asetus. [viitattu 17.4.2012]. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/data/normit/10530-37-3762-4.pdf>

Halme, A. 1976. Rakennus- ja huoneakustiikka, Meluntorjunta. Espoo: Otapaino

Hyttinen, V. 2001. Palofysiikka. Helsinki: Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö

Knauf www-sivut. Rakennusfysiikka, Palo, Yleistä tulipalosta. [viitattu 20.4.2012]. Saatavilla: <http://www.knauf.fi>

RIL 221. 2003. Paloturvallisuussuunnittelu. Helsinki: Suomenrakennusinsinöörien liitto RIL r.y.

RT 15-10635. 1997. Esitystapaohjeet. Rakennustietosäätiö. Tampere: Rakennustieto Oy

RT 36-10689. 1999. Mineraalivillaeristeet, Lämmöneristystarvikkeet. Rakennustietosäätiö. Tampere: Rakennustieto Oy

RT 36-10690. 1999. EPS-eristeet, Lämmöneristystarvikkeet. Rakennustietosäätiö. Tampere: Rakennustieto Oy

Wikipedia www-sivut. Ääni, [verkkajulkaisu]. [viitattu 20.4.2012]. Saatavilla: <http://fi.wikipedia.org/wiki/%C3%84%C3%A4ni>

Wood Focus Oy. 2004. Äänieristys puutalossa. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.4.2012]. Saatavilla: http://customers.evianet.fi/woodfocus/view.php?woodfocusid=2&page=index&content_group_id=829&anonymous=nobody

Ympäristöministeriö www-sivut. Lainsäädäntö, Maankäyttö ja rakentaminen, Suomen rakennusmääräyskokoelma. [viitattu 17.4.2012]. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/>

Ympäristöopas 39. 2003. Rakennusten paloturvallisuus & Poloturvallisuus korjauskentämissä. Ympäristöministeriö. Tampere: Rakennustieto Oy

Ympäristöopas 99. 2003. Ääneneristys rakennuksissa. Ympäristöministeriö. Tampere: Rakennustieto Oy

Äänipää. 2005. Äänen voimakkuus. [verkkajulkaisu]. [viitattu 20.4.2012]. Saatavilla: http://www.aanipaa.tamk.fi/voima_1.htm

Insinööritoimisto

SRT OY

PL2000, (Viestikatu 3) 70601 Kuopio
Puh. 044 769 4451 Fax (017) 369 4401

Kohde

Liite 1

Suunn.

Pvm.

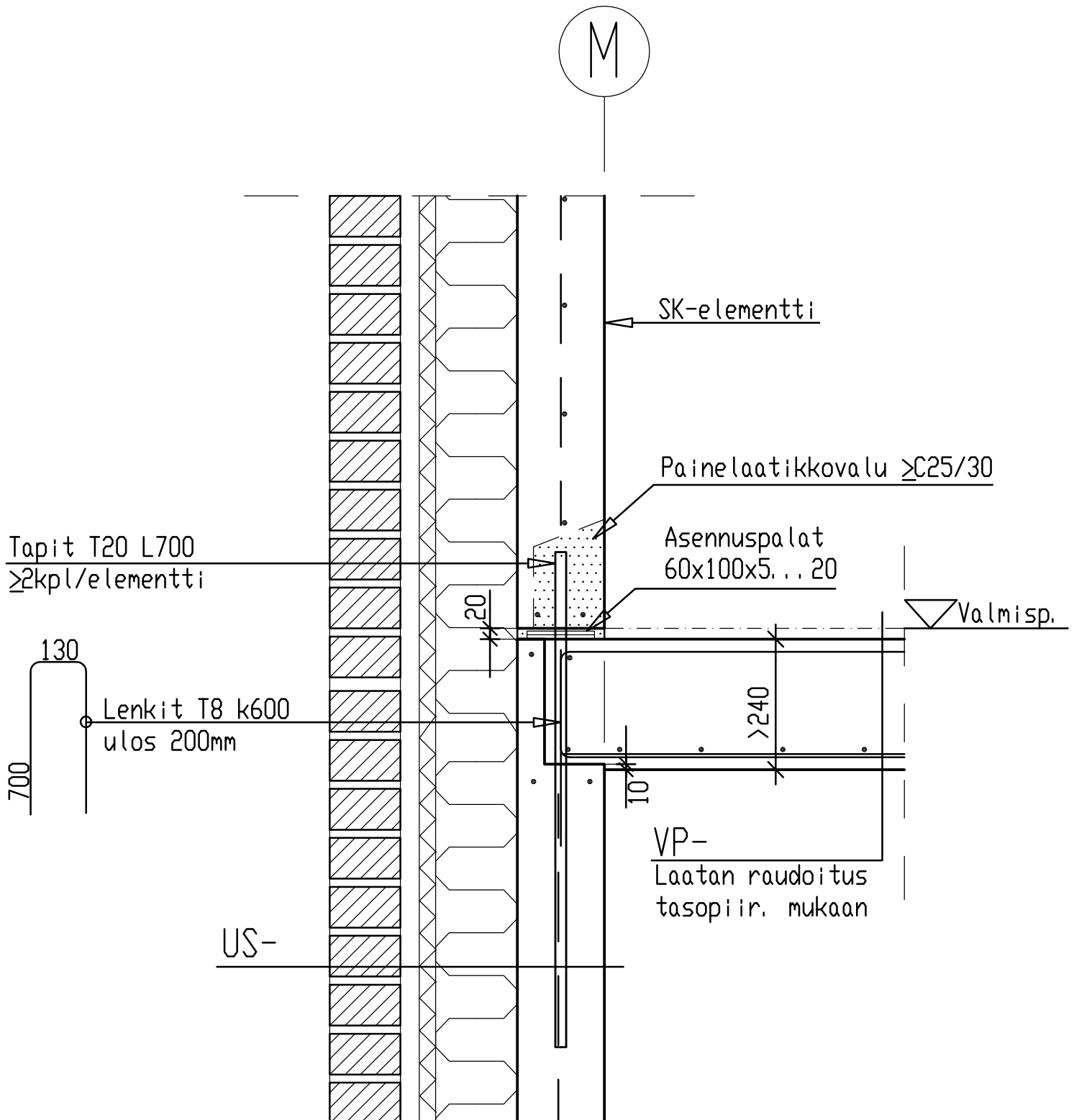
Tyyppi

Hyv. /pvm

Muutos/pvm

DET US-101

Kantavan ulkoseinän ja välipohjan liitos 1:10



Insinööritoimisto
SRT OY

PL2000, (Viestikatu 3) 70601 KUOPIO
Puh. 044 7694 451 Fax (017) 3694 401

Kohde

Rakennekirjasto

Suunn.

Pvm.

Tyyppi

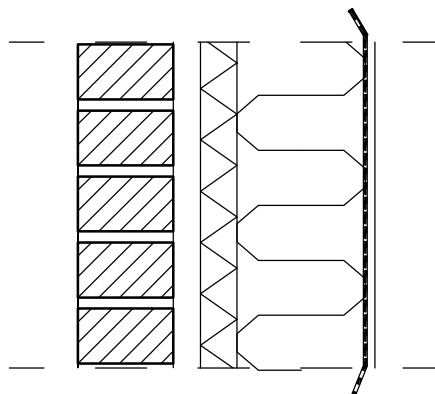
US-2

Hyv. /pvm.

Muutos/pvm

Kevyt tiiliverhottu ulkoseinä

Liite 4



Paksuus mm	Materiaalit	Palotekn. luokat
130	Tiiliverhous rakennusselityksen mukaisesti - laasti ja tiilet pakkasenkestäviä - muuraussiteet $\varnothing 4$ rst, väh. 4 kpl/m ² (nurkissa ja räystäällä 6 kpl/m ²) - muuraussiteet oltava tiilivalmistajan hyväksymiä	B-s1, d0
35	Tuuletusväli	
50	Tuulensuojamineraalivilla 50mm, Isover RKL-Fasade - $\lambda_{design} = 0,031$ W/mK	A2-s1, d0
175	Pystyrunko 50 x 175 k600 + mineraalivillaeristys 175mm - $\lambda_{design} = 0,033$ W/mK	A1
0,2	Höyrinsulkumuovi limitys 100 mm teipattuna, SFS 4225E	
13	Rakennuslevy Pintakäsittely tai -materiaali rakennusselityksen mukaisesti	
	uloskäytävät varastot ja tekn. tilat muut tilat	A2-s1, d0 B-s1, d0 D-s2, d2

Ääneneristävyys		Lämmöneristävyys		Paloluokka
askel	dB	U-arvo	0,17 W/m ² K	
ilma	dB			

