

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehto

Tomi Paajanen

## **1900-luvun kerrostalojen yleisimmät rakenteet ja niissä ilmeneviä ongelmia**

Opinnäytetyö 2015

## Tiivistelmä

Tomi Paajanen

1900-luvun kerrostalojen yleisimmät rakenteet ja niissä ilmeneviä ongelmia

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2015

Ohjaajat: Lehtori Ilkka Paajanen, Saimaan ammattikorkeakoulu, Petteri Rantalainen, Bark Oy

Korjaustöitä suunniteltaessa tarvitaan tietoa siitä, mitä rakennuksen pinnan alla on, mitä materiaaleja siinä on mahdollisesti käytetty ja mikä on haluttu lopputulos. Jos tarvittavaa tietoa ei kuitenkaan ole saatavilla puuttuvien dokumenttien takia tai niiden tieto on vääristynyt, voi se johtaa odottamattomiin yllätyksiin. Aina ei voi kuitenkaan täysin olettaa, että rakenteet ja materiaalit ovat täsmälleen niin kuin ne on dokumentteihin kirjattu.

Tämä opinnäytetyö perehtyi 1900-luvulla rakennettujen rakennusten rakenteisiin ja niissä ilmeneviin ongelmiin. Aihe on rajattu käsittelemään ainoastaan sen ajan kerrostalojen rakenteita. Työssä myös tutkittiin hyvän rakentamistavan kehittymistä nykypäivään.

Korjausrakentaminen on melkein poikkeuksetta yllätyksiä täynnä ja hyvin harvoin urakoitsijalla on tieto kaikista rakennuksen ongelmista. Kun olevista rakenteista ei ole tietoa tai tämä tieto on joko puutteellista tai väärää, joutuu urakoitsija pelaamaan isolla riskillä urakkaa arvioidessa. Pienetkin kertyvät ongelmat ja yllätykset rasittavat aina urakoitsijaa ja usein tämä johtaa työresurssien kasvattamiseen, sillä urakan aikataulun venyminen ei ole aina mahdollista. Lisättiin sitten resursseja tai venytettiin työaikaa, molemmat tekijät kasvattavat urakan kokonaiskustannuksia. Sopimuksissa onkin siis tarkasti määriteltävä jokaisen projektiin osallistuvan vastuualueet ja tieto siitä, kuka kustantaa tällaisissa tapauksissa mitään.

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää tyypilliset ongelmakohdat eri vuosikymmenillä rakennetuista rakenteista ja selvittää mistä nämä ovat mahdollisesti lähtöisin sekä tarjota korjausehdotuksia näihin ongelmiin. Tiedostamalla ajoissa rakennuksen riski- ja ongelmarakenteet voidaan aloittaa niihin valmistautuminen jo urakkalaskelmaa laadittaessa.

Työssä annetaan lukijalle nopeasti tietoa ja ratkaisuja tiettyjen vuosikymmenien rakenteellisiin ongelmiin.

Avainsanat: korjausrakentaminen, kerrostalot, 1900-luvun rakenteet.

## **Abstract**

Tomi Paajanen

20th century apartments - their structures and common problems

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Specialization in Building Production

Bachelor's Thesis 2015

Instructor: Mr Ilkka Paajanen, Senior Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Petteri Rantalainen, Bark Oy

When planning to do renovation, information is required on what is below the surface of the building, what materials might have been used and what is the desired outcome. However, if the necessary information is not available due to missing documents or the information is wrong, it can lead to unexpected surprises. However, you cannot always fully assume that the structures and the materials are exactly as they are recorded in the documents.

This thesis will look into the structures of apartment buildings built in the 20<sup>th</sup> century, as well as their typical problems. The thesis is limited to addressing only the structures of that time. Additionally, the research was done to find out how good building practise have changed and evolved up to the year 2015.

Renovation is almost invariably full of surprises, and very rarely the contractors have the information of every problems of the building. When you do not have information on the existing structures or it is incomplete or wrong, the contractor will have to take a big risk when estimating the contract. Even small accumulating problems and surprises always strain the contractor and usually this leads to increase of work resources, since stretching of the work schedule is not always possible. Whether you add resources or you stretch the work schedule you will end up increasing the overall cost of the contract. In the agreement you need to define the responsibilities of each involved member and who is paying in case something goes wrong.

The goal of this thesis was to provide the reader with good information and solutions concerning the structural problems of the 20<sup>th</sup> century apartment buildings.

Keywords: renovation, apartment buildings, 20<sup>th</sup> century structures

## Sisällys

1	Johdanto .....	5
2	Hyvä rakentamistapa .....	6
2.1	Rakennuslain ja -asetuksien kehitys .....	6
2.2	Suomen rakentamismääräyskokoelma .....	7
2.3	RT-kortisto .....	8
2.4	RYL - rakentamisen yleiset laatuvaatimukset .....	8
3	Rakenteet .....	9
3.1	1900 - 1920 -lukujen rakenteet .....	9
3.2	1920 - 1940 -lukujen rakenteet .....	12
3.3	1940 - 1960 -lukujen rakenteet .....	16
3.4	1960 - 1975 -lukujen rakenteet .....	21
3.5	1975 - 2000 -lukujen rakenteet .....	24
4	Rakenteille tyypillisiä ominaisuuksia ja ongelmia .....	25
4.1	Alapohjat ja kellari .....	27
4.2	Väli- ja yläpohjat .....	27
4.3	Vesikatto .....	29
4.4	Ulkoseinät .....	31
4.5	Väliseinät .....	33
5	Päätelmät .....	33
	Kuvat .....	36
	Lähteet .....	37

# 1 Johdanto

Korjaustöitä suunniteltaessa tarvitaan tietoa siitä, mitä rakennuksen pinnan alla on, mitä materiaaleja siinä on mahdollisesti käytetty ja mikä on haluttu lopputulos. Jos tarvittavaa tietoa ei kuitenkaan ole saatavilla puuttuvien dokumenttien takia tai niiden tieto on vääristynyt, voi se johtaa odottamattomiin yllätyksiin. Aina ei voi kuitenkaan täysin olettaa, että rakenteet ja materiaalit ovat täsmälleen niin kuin ne on dokumentteihin kirjattu.

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi 1900-luvulla rakennettujen kerrostalojen tyypillisiä rakenteita sekä niissä ilmeneviä ongelmia. Lisäksi käsitellään hyvän rakentamistavan muokkaantumista nykypäivään ja siihen liittyviä säännöksiä.

Työn tarkastelukohteena on ainoastaan asuinkerrostalot, mutta kuitenkin sen aikaisessa liike- ja teollisuusrakentamisessa on mahdollisesti käytetty vastaavanlaisia rakenteita ja ratkaisuja. Märkätilojen ongelmia ei tässä työssä huomioida.

Työn tavoitteena on löytää tyypilliset ongelmakohdat eri vuosikymmenillä rakennetuista rakenteista ja selvittää, mistä nämä ovat mahdollisesti lähtöisin sekä tarjota korjausehdotuksia näihin ongelmiin. Tiedostamalla ajoissa rakennuksen riski- ja ongelmarakenteet voidaan aloittaa niihin valmistautuminen jo urakalaskelmaa laadittaessa.

Aina ei ole tarvittavia kuvia ja dokumentteja saatavilla korjattavasta kohteesta tarkan urakalaskelman laatimiseen. Tällöin rakenteiden näkeminen ja talon rakennusvuotta tarkkaillessa voidaan päätellä aika paljon rakennuksen haasteista. Laskentaa helpottaa mikäli saatavilla on hyvät kuvat rakennuksesta sekä oma työsuunitelma laskettavasta kohteesta.

Korjausrakentaminen on melkein poikkeuksetta yllätyksiä täynnä ja hyvin harvoin urakoitsijalla on tieto kaikista rakennuksen ongelmista.

## **2 Hyvä rakentamistapa**

Hyvä rakennustapa tai suurin piirtein samaa tarkoittava käsite hyvä rakentamistapa on määritelty maankäyttö- ja rakennuslaissa. Sen mukaan kaikessa rakentamisessa on noudatettava yleisesti hyväksyttyä hyvää rakennustapaa. Säännös on kuitenkin vaikeasti tulkittava ja moniselitteinen, koska siinä viitataan myös normien ulkopuoliseen tietoon ja kokemukseen.

Hyvä rakennustapa on osa huolellista sekä ammattitaitoista suunnittelua ja rakentamista. Hyvää rakennustapaa arvioidessa otetaan huomioon muun muassa rakennuksen rakenneratkaisut, rakennusmateriaalit, rakentamismenetelmät sekä rakentamisolosuhteiden asettamat vaatimukset.

Rakentajaa velvoittavat ensinnäkin kaikki viranomaismääräykset määräykset, joita on ehdottomasti noudatettava. Sellaisia määräyksiä löytyy esimerkiksi Suomen rakentamismääräyskokoelmasta. Näiden määräysten ja ohjeiden lisäksi rakentajan on noudatettava rakennustarvikkeiden valmistajien antamia asentamisohjeita. (Hyvä rakennustapa 2009.)

Näitä määräyksiä ja ohjeita noudattamalla rakentaja menettelee samalla hyvän rakennustavan mukaisesti. Kaikesta rakentamisesta ei kuitenkaan ole olemassa selviä määräyksiä tai ohjeita. Silloin meidän on etsittävä hyvän rakennustavan sisältöä muualta. (Hyvä rakennustapa 2009.)

### **2.1 Rakennuslain ja -asetuksien kehitys**

Ainakin vuosisadan alkupuolelta asti on rakentajia eri lakien avulla pyritty ohjaamaan terveelliseen rakentamiseen. Laeissa on vaadittu kaavoittamiselta ja rakentamiselta terveellisyyttä ja hyvän rakentamistavan noudattamista. Hyvää rakentamistapaa ei kuitenkaan ole laeissa määritelty, vaan sen toteaminen on jätetty yleensä asiantuntijajärjestöjen tehtäväksi. Lait ovat kehittyneet vuosien varrella yleisluonteisempaan suuntaan. Suoria määräyksiä on ryhdytty välttämään ja jätetty niiden antaminen rakentamismääräyskokoelman tehtäväksi. (Pirinen 1999, 17.)

Rakennussääntö oli nykyisten rakennusasetusten edeltäjä. Vuodelta 1932 peräisin olevasta rakennussäännöstä löytyy rakentamisen kosteustekijöihin ja terveysvaikutuksiin liittyviä ohjeita. (Pirinen 1999, 17.)

Vuoden 1953 asetuksella pyrittiin välttämään rakennuksen kosteusongelmia ja sillä määriteltiin ensimmäisen kerran ilmanvaihtolaitteiston tarpeellisuus. ”Asuinhuoneen lattiaa älköön sijoitettako huoneen ulkoseinän kohdalla olevaa maanpintaa alemmaksi. Asuin- ja muihin huoneisiin, joissa ihmisiä oleskelee melkoisen osan päivästä, sekä tehdas- ja kokoushuoneisiin on järjestettävä riittävä päivänvalo ja tarpeelliset laitteet ilmanvaihdon aikaansaamiseksi.” (Pirinen 1999, 18.).

Rakentamista ovat ohjanneet myös muut lait. Esimerkiksi terveydenhoitosäännöstö vuodelta 1927 löytyy useita rakentamisen terveellisyyteen ja kosteuteen liittyviä määräyksiä. Näissä käsketään muun muassa pitämään kellarit puhtaina ja vapaina kosteudesta sekä kielletään rakennusten alapohjan täyttö orgaanisilla materiaaleilla. Mainittuja määräyksiä pidetään edelleenkin hyvään rakentamistapaan kuuluvina. (Pirinen 1999, 18.)

Rakennuslakia uusittiin vuonna 1958, jolloin saivat muotonsa monet tänäkin päivänä voimassa olevat pykälät. Kuitenkin vasta vuonna 1995 lisättiin rakennuslakiin kohtia, jotka käsittelevät rakennuksen terveellisyyttä ja kosteutta. (Pirinen 1999, 20.)

## **2.2 Suomen rakentamismääräyskokoelma**

Rakentamismääräyskokoelman määräykset ovat perinteisesti koskeneet uuden rakennuksen rakentamista. Rakennuksen korjaus- ja muutostyössä määräyksiä on sovellettu vain siltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen tai sen osan mahdollisesti muutettava käyttötapa ovat edellyttäneet (ellei määräyksissä ole nimenomaisesti määrätty toisin). Rakentamista koskevien määräysten soveltaminen on tarkoitettu joustavaksi siten kuin se rakennuksen ominaisuudet ja erityispiirteet huomioon ottaen on mahdollista. (Suomen rakentamismääräyskokoelma.)

Rakentamismääräyskokoelmaa laadittaessa on monissa osin varottu antamasta liian tiukkoja määräyksiä. Ilmeisesti on pelätty niiden rajoittavan uusien rakennusmateriaalien ja –menetelmien kehittymistä. Tästä johtuen ohjeet saattoivat olla osin puutteellisia tai epämääräisiä, johtaen siten ongelma tilanteisiin. (Pirinen 1999, 23.)

### **2.3 RT-kortisto**

RT-korteissa on tietoa rakennushankkeen sopimuksista, tilasuunnittelusta ja rakennustarvikkeista sekä yksityiskohtaisia rakenneohjeita suunnitteluun ja rakentamiseen.

RT-kortisto pyrkii Suomen rakentamismääräyskokoelman ohella määrittämään hyvää rakennustapaa. Ohjekortit on laadittu yhteistyössä viranomaisten, rakennusalan eri järjestöjen ja asiantuntijoiden kanssa.

RT-säännöstiedosto on kokoelma rakentamista koskevista valtakunnallisista rakennusmääräyksistä. Tiedoston tarkoituksena on pitää suunnittelijat ajan tasalla voimassa olevista rakennusmääräyksistä. Myös Suomen rakentamismääräyskokoelma julkaistaan kokonaisuutenaan osana RT-kortistoa.

### **2.4 RYL - rakentamisen yleiset laatuvaatimukset**

RYL on alan yhdessä sopima hyvän rakennus- ja kiinteistönpitotavan kirjallinen kuvaus. Se määrittää työn lopputuloksen teknisen laadun. Alalla omaksutun tavan mukaan tilaajan tarvitsee vain viitata sopimusasiakirjoissa RYL:n yksilöityyn kohtaan saadakseen sen määrittämät voimaan hankkeessa. RYL määrittää hyvää rakennus- ja kiinteistöntapaa myös silloin kun osapuolet ovat siitä eri mieltä. (RYL – rakentamisen yleiset laatuvaatimukset.)

Rakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia (RYL) ruvettiin julkaisemaan osana RT-kortistoa 1960-luvulla. Tämän seuraajaksi syntyi RYL-81, mutta tätä ohjetta valmistelleisiin työryhmiin kuului pääosin rakennusmateriaalivalmistajien edustajia, ja se heijastui ohjeiden muotoutumiseen.

RYL 90:n johdannossa todetaan rakennusten yleisten laatuvaatimusten olevan hyvän rakennustavan kirjallinen kuvaus ja edustavan koko rakennusalan käsi-



tystä hyvästä rakennustavasta. RYL:n ensisijaisena sisältötavoitteena on ollut määrittää työn lopputuloksen rakennustekninen laatu. RYL 90 määrittää siten talonrakennustoiminnan sellaisen laatutason, jonka täyttävää rakennustyön tulosta RYL 90:n valmistamiseen osallistuneet rakennusalan järjestöissä ja yrityksissä toimivat henkilöt pitävät hyvän rakennustavan mukaisena. (Pirinen 1999, 26.)

### **3 Rakenteet**

Talon rakenteet ja rakennusosat ovat aina kokonaisuus. Ne kertovat rakennuksen iästä ja historiasta, rakennusajankohdan työtavoista ja käytettävissä olleista materiaaleista. Niihin on konkreettisesti muodossa tallennettu yhteistä perintöämme. (Rakenteita ja rakennusosia.)

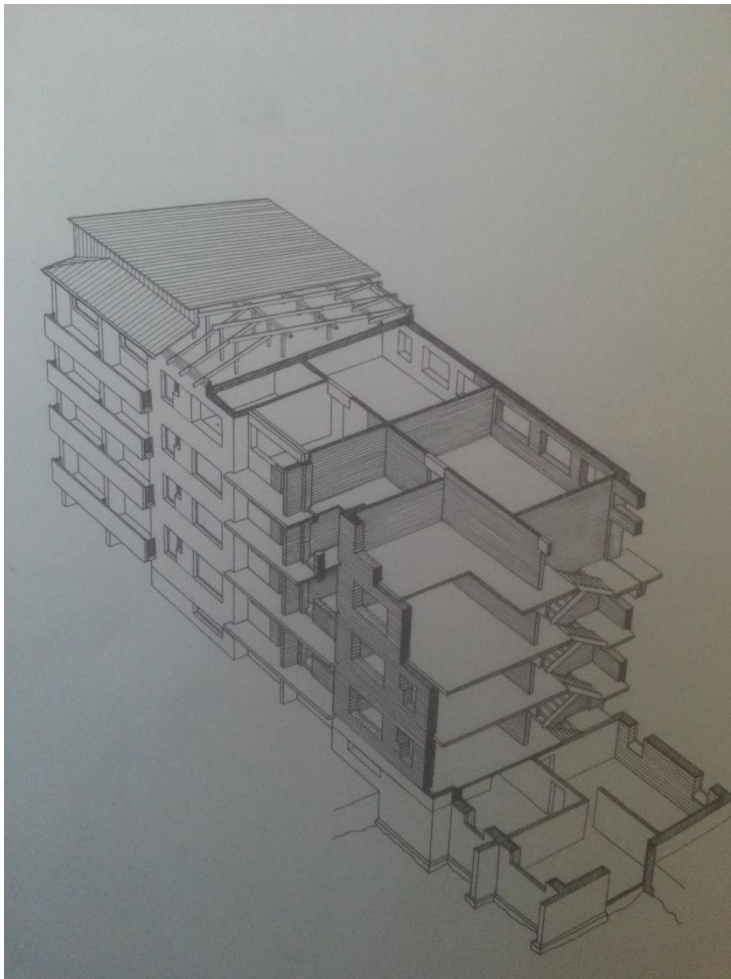
Tässä luvussa käsitellään kerrostalojen rakenteita ja niiden kehittymistä kohti nykyrakentamista. Rakenteet käsitellään 20 vuoden jaksoissa alkaen 1900-luvulta ja loppuen 2000-lukuun. Luvuissa 3.1–3.5 käydään läpi näiden vuosikymmenien runkoratkaisut sekä ulkoseinä-, välipohja-, yläpohja-, vesikatto- ja väliseinätyypit. Ainoastaan käytetyimmät ja tunnetuimmat ratkaisut on lueteltu.

#### **3.1 1900 - 1920 -lukujen rakenteet**

1900-luvun alussa ryhdyttiin kehittämään uusia rakenne- ja rakennusmateriaaliratkaisuja vanhojen perinteisten ratkaisujen rinnalle. Puu, luonnonkivi ja punatiili korvattiin betonilla, joka osoittautui ominaisuuksiltaan laadukkaammaksi eri tarkoituksiin. Se ei myöskään asettanut rajoituksia rakennusosien muotoilulle, mutta kovetuttuaan muodosti saumattomia, monoliittisiä rakenteita. (Neuvonen, Mäkiö & Malinen 2002, 26.)

Suomessa betonin ensimmäisiä käyttökohteita talonrakennuksessa olivat julkisivukoristeet. 1900-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä puuvasat alkoivat väistyä mitä erilaisempien rautaan ja betoniin perustuvien välipohjajärjestelmien tieltä. Betonia käytettiin sekä varsinaisissa rautabetonirakenteissa että yhdistelmärakenteissa, joissa betoni liittyi kantavan rakenteen muodostaviin ratakiskoihin ja I-rautoihin. (Neuvonen ym. 2002, 28.)

Tyypillisimpänä runkotyyppinä kerrostaloissa toimi tiilimuurirunko (kuva 1), jossa kantavat seinät sekä talon keskellä olevat pituussuuntaiset sydänmuurit muurattiin tiilestä. Pohjakerroksen tiilimuuria on tarvittaessa voitu vahvistaa tai korvata teräsbetonipilareilla. Ulkoseinät olivat kahden kiven muodostamaa täystiilimuuria molemmin puolin rapattuna, saavuttaen noin 60 cm paksuuden. Helsingin rakennusjärjestykset vaativat vuosina 1875 - 1917, että viisikerroksissa taloissa alimman kerroksen paksuuden tulisi olla kaksi ja puoli kiveä. Tällaisen seinän paksuus molemmin puolin rapattuna olisi 75 cm paksu.) Tyypillistä oli myös, että rakennusten pohjakerros verhoiltiin luonnonkivellä. Luonnonkivi kiinnitettiin tiilimuriin joko käyttäen sidekiinnitysperiaatetta tai rauta-ankkurointia. (Neuvonen 2006, 16.)



Kuva 1. Tiilimuurirunko (Mäkiö 1994, 57.)

Ulkoseinän alaosassa tiilimuuria suojausi kivijalka eli sokkeli, jonka vähimmäiskorkeus maanpinnasta oli Helsingissä vuoteen 1917 asti kaksi jalkaa eli 60 cm ja sen jälkeen 50 cm. (Neuvonen 2006, 16.)

1900-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä välipohjat kannatettiin jykevilla puupalkeilla eli vassoilla. Rakennusjärjestykset eivät kuitenkaan paloturvallisuussyistä sallineet puisia välipohjavasoja tulisijojen alle, joten tulisijat kannatettiin käyttämällä tiiliholveja ja tiilimuurista ulkonevia ratakiskoja. Myöskään kellarissa eikä porttikäytävien päälle saanut rakentaa puuvälipohjia. (Neuvonen 2006, 17.)

Vuosina 1900 - 1915 siirryttiin yleisesti käyttämään I-terästä ja ratakiskoja välipohjien kannatuksessa. Teräspalkkien väliin valettiin (teräs)betonilaatta, jonka paksuus raudoitettuna oli 80 mm. Betonilaatan korvikkeena saatettiin myös halutessa käyttää rapattua puurakennetta. 1900-luvun kahden ensimmäisen vuosikymmenen aikana kehitettiin suuri joukko erilaisia teräsbetonisia välipohjarakenteita, mutta vuoteen 1920 mennessä yleisimmäksi välipohjatyypiksi vakiintui alalaattapalkisto. (Neuvonen 2006, 16.)

Kaikissa välipohjissa käytettiin täytteitä saavuttamaan lämpö- ja äänitekniset vaatimukset. Nämä saattoivat olla rakennusjätettä, luonnontuotteita tai teollisuuden sivutuotteita. Ullakon lattia suojattiin lisäksi paloturvallisuussyistä tiilisellä tai betonista valetulla palopermannolla. (Neuvonen ym. 2002, 89.)

Tavallisesti vesikattoa kannattivat puiset kattotuolit, jotka on tuettu talon kantavaan runkoon. Vanhinta mallia edustaa vapaakantoinen kattotuoli, jossa ei ole rungon keskellä lainkaan pystytukia. Ullakot varustettiin vaatimusten mukaisesti paloluukuilla ja ikkunoilla, lisäksi vierekkäiset eri tonteilla sijaitsevat rakennukset erotettiin toisistaan palomureilla. Vesikaton kate materiaalina käytettiin 1900-luvun alussa usein mustaa galvanoimatonta peltiä, kunnes 1910-luvulla siirryttiin galvanoituun peltiin. (Neuvonen 2006, 28.)

1900-luvun alkupuolella kevyet väliseinät olivat usein molemmin puolin rapattua puuseinää, josta käytettiin nimeä Cloison-seinä. Paksuutta tällä väliseinätyypillä on noin 15 - 20 cm. Huoneistojen väliset seinät olivat sen sijaan puolen- tai neljänneskiven tiilimuuriväliseiniä. (Neuvonen 2006, 34 - 35.)

Vuosisadan vaihteen tienoilla otettiin käyttöön joukko erilaisia väliseinämassoja ja niistä valmistettuja muurauskappaleita, joiden sideaineena oli useimmiten kipsi. Osa näistä oli lyhytaikaisia kokeiluja, osa oli käytössä vielä 1930-luvun lopulla. Näistä tunnetuimmat ovat scagliola-seinä, luginomassa-seinä sekä riksilevyseinä. (Neuvonen 2006, 34 - 35.)

Scagliola (skagliooli) on 1890-luvulla Suomen markkinoille ilmestynyt uusi rakennusaine, jonka pääraaka-aineina olivat kipsi ja kivihiilikuona. Aineesta valmistettiin laattoja, jotka kiinnitettiin seinään scagliola-massalla. (Neuvonen ym. 2002, 114.)

Kevyissä väliseinässä yleisesti käytetty rakennusmateriaali luginomassa oli kipsistä, hiekasta, koksikuonasta ja liimasta valmistettu rakennusaine, jonka murtopinnassa mustat koksikuonakappaleet erottuvat selvästi harmaan massan seasta. Seinä valmistettiin rappaamalla massa lautamuottia vasten tai valamalla se muottien väliin. Toinen erittäin yleinen väliseinä oli riksiseinä. Se koostui riksilevyistä, joiden reunassa oli V-ura, joka väliseinää koottaessa valettiin täyteen kipsiä. (Neuvonen ym. 2002, 114.)

### **3.2 1920 - 1940 -lukujen rakenteet**

Ensimmäisen maailmansodan vaikutukset oli huomattavissa rakentamisessa, rakentamiskustannuksien kohotessa moninkertaisiksi. Pula-aika edellytti yksinkertaisempaa ja edullisempaa rakentamistapaa.

Vanhoista neljän metrin kerroskorkeuksista luovuttiin kokonaan, jokaisen tiilikerroksen lisätessä kustannuksia. 1920 - 30 -luvuilla kerroskorkeus oli yleensä enää 3,1 – 3,4 metriä. Punatiilet korvattiin halvemmilla kalkkihiekkatiilillä, pohjakerroksessa käytetty luonnonkiviverhous jäi usein pois sekä säästöbetonin käyttö yleistyi. (Neuvonen ym. 2002, 38 – 39.) Säästöbetonissa valun joukkoon lisättiin kiviä kalliin sementin menekin pienentämiseksi. Raudoituksessa käytettiin kaikkea mahdollista jäte- ja purkutavaraa kanaverkosta alkaen. (Miten rintamiestalo on rakennettu.)

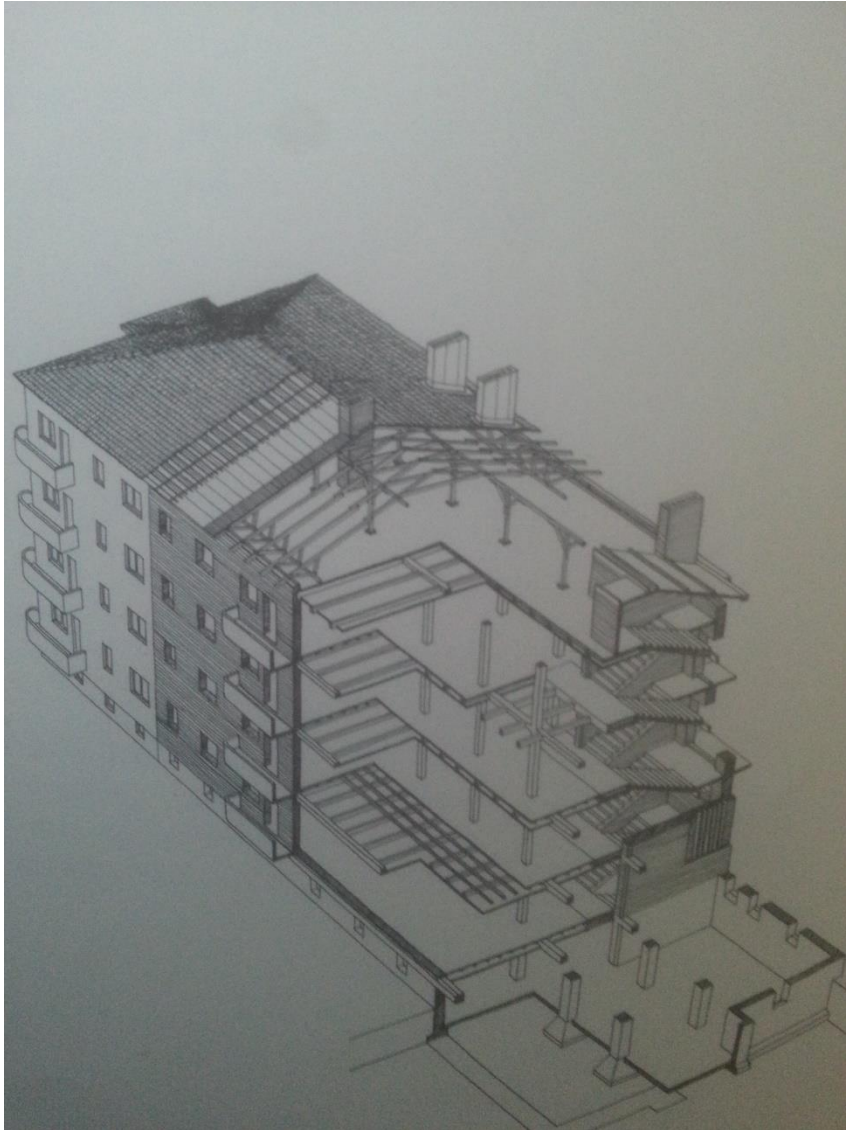
Perinteinen tapa muurata kaikki kantavat pystyrakenteet tiilestä säilyi käytössä edelleen (tiilimuurirunko). Alimman kerroksen liikehuoneistossa saatettiin tiili-

muurit kuitenkin korvata betonipilareilla muunneltavuuden ja aukotusmahdollisuuksien parantamiseksi sekä tilan säästämiseksi (kuva 2). (Neuvonen 2006, 55.)



Kuva 2. 1920-luvun kerrostalon julkisivu (Paajanen 2012.)

Sekarunko otettiin käyttöön 1920-luvun alussa. Tämän ideana oli korvata rakennuksen keskellä sijaitsevat paksut sydänmuurit teräsbetonipilareilla. Useimmiten kahteen riviin sijoitetut pilarit olivat kellarissa raudoittamatonta säätöbetonia, asuinkerroksissa teräsbetonia ja ylimmässä kerroksessa, missä kuormitus on vähäisintä, toisinaan myös tiiltä. Porrashuoneen seinät olivat kuitenkin usein edelleen paksuja tiilimuureja. (Neuvonen 2006, 55.)

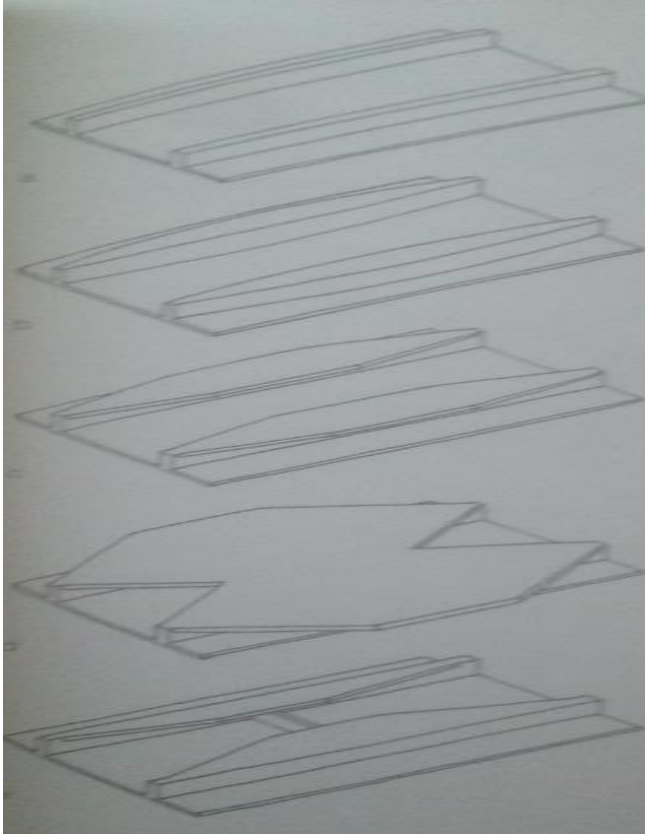


Kuva 3. Sekarunko (Mäkiö 1990, 64.)

Ulkoseinät muodostuivat edelleen kahden kiven täystiilimuurista, jonka paksuus oli molemmin puolin rapattuna 60 cm. Kantavat väliseinät tehtiin yhden kiven tiilimuurina tai mikäli niissä kulki hormoja puolentoista kiven paksuisina. 1930-luvun lopulla alettiin käyttää ulkoseinissä myös monireikätiiltä, jonka paremmat lämpöominaisuudet mahdollistivat ohuempien ulkoseinien rakentamisen. Puolentoista kiven reikätiilin seinän paksuus oli rapattuna 45 cm. (Neuvonen 2006, 55.)

Väli- ja yläpohjat olivat maailmansotien välisenä aikana miltei poikkeuksetta teräsbetonirakenteita. 1920-luvun alkuun mennessä yleisimmäksi välipohjatyypiksi vakiintui alalaattapalkisto. Alalaattapalkisto koostuu kantavista teräsbetonipalkkeista, niiden alapinnassa olevasta ohuesta rautabetonilaatasta ja päälle

tulevasta erillisestä lattiarakenteesta. Paksuutta välipohjalle muodostui 40 – 45 cm. Välipohjapalkkeja jouduttiin suunnittelemaan erilaisiin käyttötarkoituksiin ja tilanteisiin. Tunnetuimmat alalaattapalkiston palkkityyppejä ovat: suora palkki, vene- eli mahapalkki, laippapalkki, laippapalkkiratkaisu, jossa laipat yhtyvät sekä J.I. Packalênin patentoima laippapalkkijärjestelmä (kuva 4). (Neuvonen ym. 2002, 100 - 101.)



Kuva 4. Alalaattapalkiston palkkityyppejä: suora palkki, vene- eli mahapalkki, laippapalkki, laippapalkkiratkaisu, jossa laipat yhtyvät ja Packalênin patentoima laippapalkkijärjestelmä (Neuvonen 2002, 101.)

Yleisimmät kattomuodot olivat harja- tai aumakatto. Ullakot varustettiin ikkunoilla ja paloluukuilla. Samoin vierekkäiset eri tonteilla sijaitsevat rakennukset tuli erottaa toisistaan palomureilla. Teräspellin ohella katemateriaalina oli myös jossain määrin käytetty savikattotiili. (Neuvonen 2006, 62.)

Väliseinien materiaalina käytettiin riksilevyä tai lugionomassaa tai sitten seinä tehtiin muuraamalla kalkkihiekka-, puna- tai hohkotiilestä. Huoneistojen sisällä sijaitsevat seinät olivat paksuudeltaan 5 - 10 cm. Huoneistoja erottavat seinät

tehtiin kaksinkertaisena jättäen väliin ilmarako, johon on voitu asentaa eristettä parantamaan ääneneristystä, esimerkiksi aaltopahvi, turvepehkueriste tai meriruohomatto. (Neuvonen 2006, 68.)

### **3.3 1940 - 1960 -lukujen rakenteet**

1940- ja 1950-luvut ovat rakennustekniikassa suuren murroksen aikaa. Tämä murros rakentamisen teollistamisen vallankumous, päättyy elementtimuotoisen rakentamisen kokeiluun ja sen periaatteiden kehittymiseen 1950-luvun lopulla.

1940-luvun ja 1950-luvun alun asutukset rakennettiin sodan ja jälleenrakennusajan erikoisololoissa. Maassa vallitsi vaikea asuntopula, sillä sotien ja alueluovutusten seurauksena oli menetetty yli 125 000 asuntoa. (Lindh.)

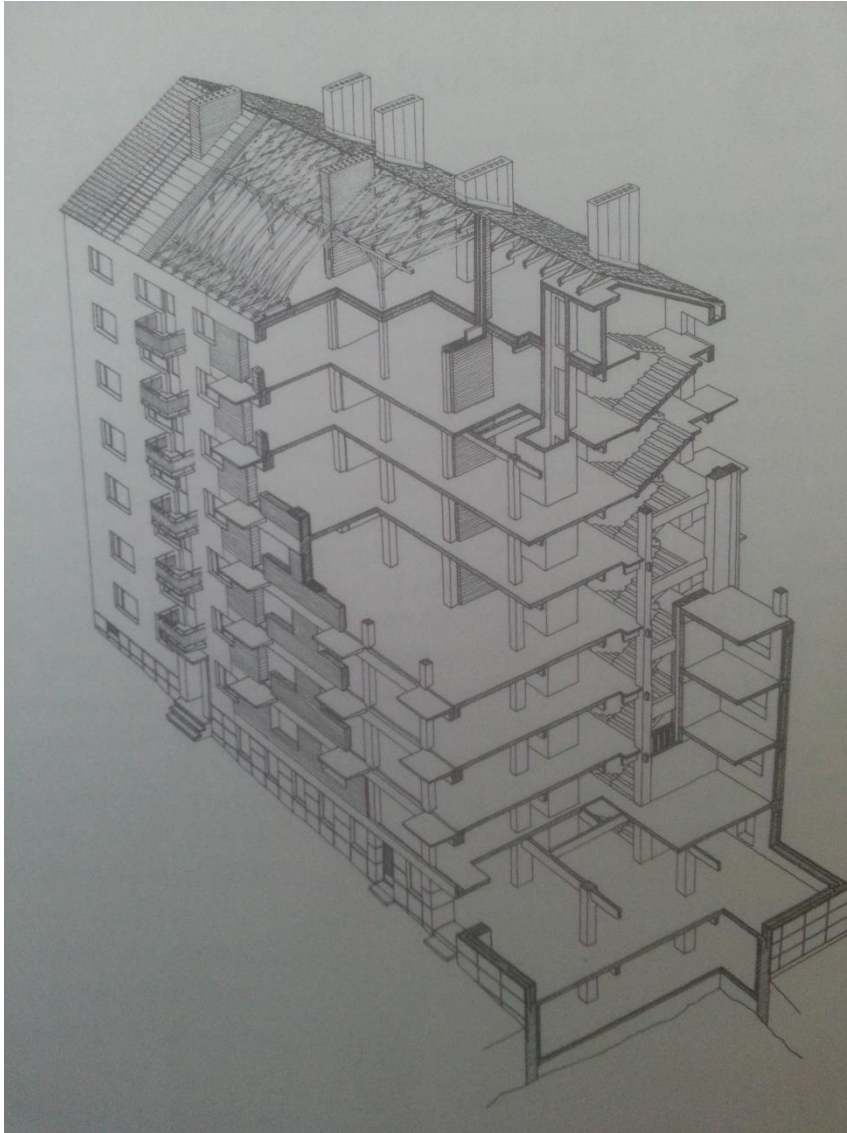
Vuoteen 1952 asti elettiin pulan ja säännöstelyn aikaa. Työmaita vaivasi rakennustarvikepula, puutetta oli muun muassa betoniteräksestä, kattopellistä, nau-loista, tiilistä, lasista ja sementistä. Säästöä haettiin niukalla mitoituksella, korvikemateriaaleilla ja vaihtoehtoisilla rakenneratkaisuilla. (Lindh.)

Yksi suosikkimateriaaleista oli liuskekivi. Sitä käytettiin sekä julkisivujen koristeena että lattiamateriaalina, sokkeleissa ja portaissa. Siitä muurattiin myös takkoja ja savupiippuja. (Standertskjöld 2008, 70 ja 90.)

Talojen kantavan pystyrungon toteutuksessa esiintyi peräti viisi erilaista päätyyppiä: tiilimuurirunko, sekarunko, betonipilarirunko, betoniseinärunko ja kirjahyllyrunko (Neuvonen 2006, 88).

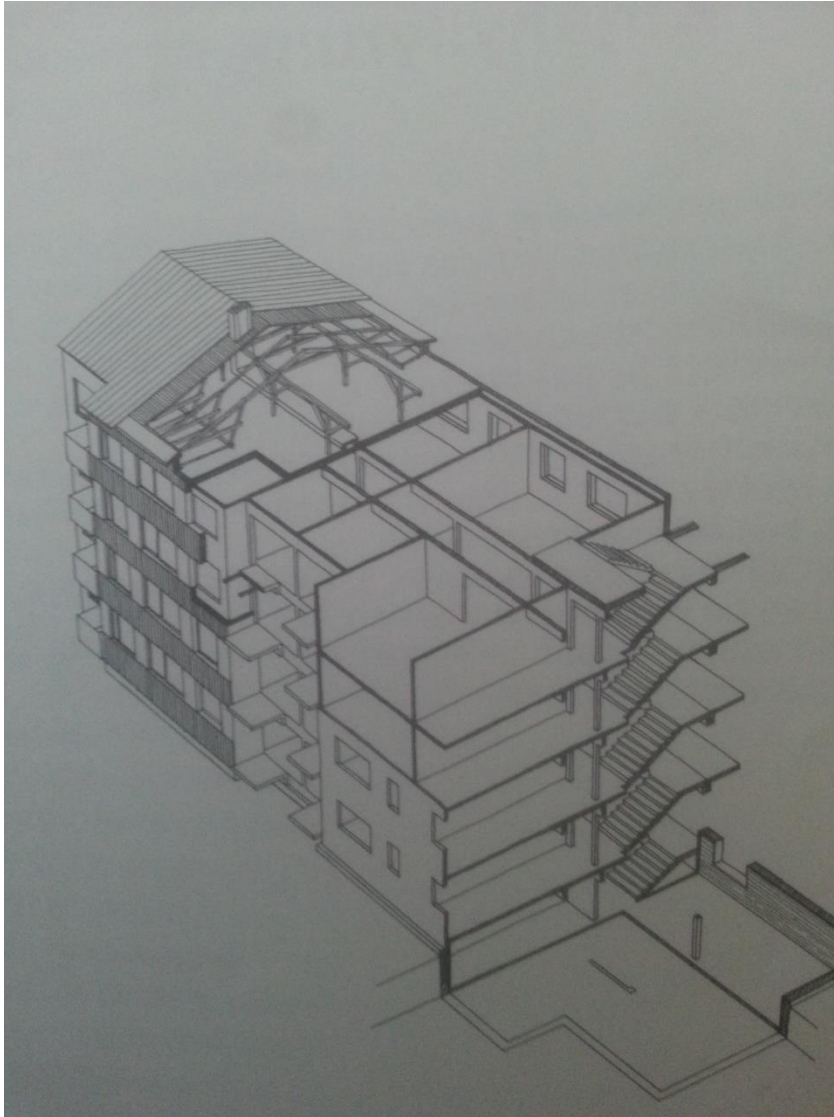
Betonipilarirungossa (kuva 5) yleensä kaikki kantavat pystyrakenteet olivat teräsbetonipilareita. Toisinaan porrashuoneen seinät on kuitenkin valettu betonista tai muurattu tiilestä. Betonipilarirungossa väliseinien lisäksi myös ulkoseinät olivat kevytrakenteisia. (Neuvonen 2006, 89.)





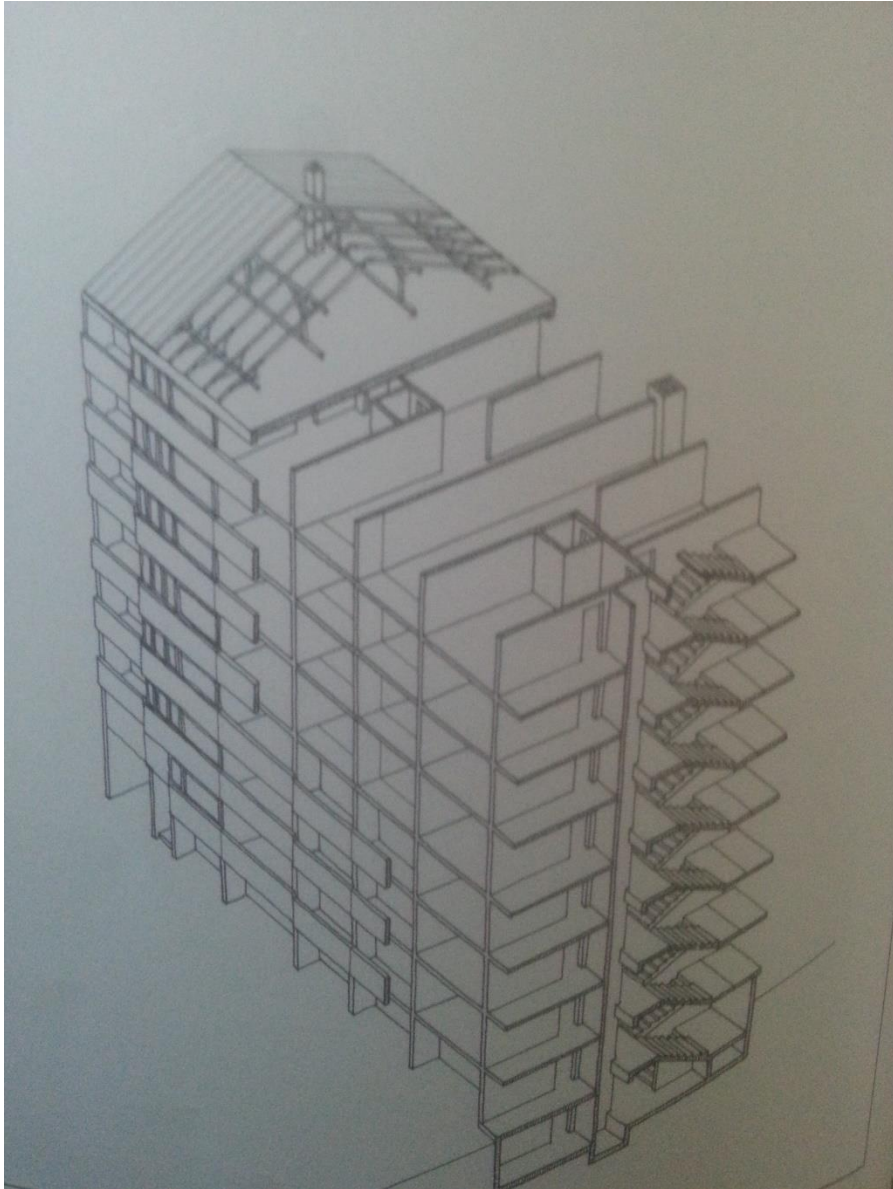
Kuva 5. Betonipilarirunko (Mäkiö 1990, 65.)

1950-luvun puolivälissä betoni syrjäytti tiilen kantavan rungon yleisimpänä rakennusmateriaalina. Betoniseinärungossa (kuva 6) kaikki pystyrakenteet olivat paikalla valettuja betoniseiniä. Betoniseinät eristettiin ulkopuolelta useimmiten kevytbetonilla ja julkisivut rapattiin. Mikäli seinä eristettiin lastuvillalevyllä tai mineraalivillalla, seinät verhottiin asbestisementtilevyllä, poimupellillä tai tiilellä. (Neuvonen 2006, 90.)



Kuva 6. Betoniseinärunko (Mäkiö 1990, 65.)

1960-luvun lopulla betoniseinärungosta (kuva 7) kehitettiin elementtirakentamisen tarpeisiin kirjahyllyrunko, jossa ainoastaan poikittaiset väliseinät ja porrashuoneen seinät olivat kantavia. Pitkät julkisivut eivät enää olleet osa talon kantavaa runkoa, joten niiden rakenne ja toteutustapa oli vapaa. (Ilonen.)



Kuva 7. Kirjahyllyrunko (Mäkiö 1990, 66.)

1940- ja 50-lukujen runkotyypeissä käytetyt ulkoseinärakenteet voidaan jakaa kolmeen pääryhmään.

Ensimmäisen ryhmän muodostavat massiiviset ulkoseinät, joista kantava ja lämpöeristävä osa ovat materiaalisesti sama homogeeninen rakenne. Pääasiassa nämä seinärakenteet olivat reikätiilestä, toisinaan myös täystiilestä muurattuja. Yleinen seinänpaksuus reikätiilimuureissa oli  $1\frac{1}{2}$  - 2 kiveä. (Mäkiö 1989, 118.)

Toiseen ryhmään kuuluvat ulkoseinät, joissa seinärakenne muodostuu kantavasta massiivisesta osasta sekä erillisestä lämpöeristävästä osasta. Kantavana

osana toimi joko tiilimuuri tai betoniseinä. Tiilet olivat täys-, reikä- tai ontelotiiliä. Poltettujen savitiilien lisäksi käytettiin myös sementtitiiliä. Tiilimuureissa lämmöneristävänä osana on käytetty ulko- ja sisäpuolista kevytbetonikerrosta tai tiilellä verhotulla eristekerrosta tai rakennuksen sisäpuolelle levyllä verhoiltua lasivilla- tai mineraalivillaeristystä. Betoniseinä eristettiin yleensä ulkopuolisella kevytbetonikerroksella tai julkisivulevyllä verhottu lasivilla-, mineraalivilla- tai lastuvillakerroksella. Myös kantavaa betonisandwich-rakennetta esiintyi jo 1950-luvun jälkipuoliskolla. (Mäkiö 1989, 118.)

Kolmas ryhmä käsitti kevyet ulkoseinärakenteet, joiden tarkoituksena oli toimia lämpöeristävänä rakenteena. Yleisin lämmöneriste näissä seinärakenteissa oli kevytbetoni. (Mäkiö 1989, 119.)

1950-luvun alkuun asti yleisin välipohjatyyppejä oli alalaattapalkisto, jonka jälkeen yleistyi massiivilaatta eli massiivinen teräsbetonilaatta. Alalaattapalkistoon verrattuna se kulutti enemmän terästä ja betonia, mutta säästi työkustannuksia. Ääneneristysyistä kantavan laatan päälle valettiin eristekerroksen varaan niin sanottu uiva teräsbetonilaatta. Välipohjaontelot täytettiin kutterinlastulla (seassa joskus sahanpurua) tai turvepehkulla, jonka päälle on asetettu painotäytteeksi koksikuonaa, masuunikuonaa, hiekkaa tai ruukinporoa. (Neuvonen 2006, 92.)

Tasakatoista luovuttiin hetkellisesti bitumin puutteen vuoksi. Tilalle tulivat pulpetti-, auma- ja satulakatot sekä pitkät räystäät (Standertskjöld 2008, 70, 90). Yleisimpinä katemateriaaleina olivat 1950-luvun puoliväliin saakka savikattotiili ja betonikattotiili. Muita harvinaisempia katemateriaaleja olivat asbestisementistä valmistettu poimulevy ja kattohuopa, joka oli kuitenkin lähinnä aluskate. Päreeseen jouduttiin turvautumaan pahimman pulan aikana aluskatteessa sekä tilapäisessä kätteessä, joka oli muuten kiellettyä palovaaran vuoksi. 1950-luvun jälkipuoliskolla pelti palasi yleisimmäksi katemateriaaliksi. (Neuvonen 2006, 107.)

Väliseinät muurattiin usein puna- tai kalkkihiekkatiilestä neljänneskiven paksuisina. Väliseinä muurattiin edelleen myös kipsipohjaisista muurauskappaleista. Huoneistojen välinen kevyt väliseinä toteutettiin vanhaan tapaan kaksinkertaisena rakenteena ja väliin jäävään ilmarakoon sijoitettiin ääneneristyksen paran-

tamiseksi jokin eriste (Neuvonen 2006, 113). Väliseinien muurauksessa käytettiin normaalitiiltien lisäksi suurttiiliä ja väliseinääharkkoja kuin myös Riksi- ja Luginolevy. Levypintaisia seiniä lukuunottamatta olivat väliseinät yleensä rapattuina (Mäkiö 1989, 137.)

### **3.4 1960 - 1975 -lukujen rakenteet**

Perintönä 1960-luvulle siirtyivät rationalisointi, standardointi, elementit, konetyö ja talvirakentaminen. Rakentamisen muotoutumiseen ja ohjailuun tuli nyt mukaan toisentyypisiä tekijöitä kuin aiempien kahden vuosikymmenen aikana, samalla kun 1950-luvulla opitut ja vakiintuneet rakentamisen käytännöt pysyivät rinnalla sitkeästi käytössä. (Mäkiö 1994, 14.)

1960-luvulla tiili joutui väistymään kantavista rakenteista betonin tieltä. Yleisimmäksi runkotyypiksi tuli kirjahyllyrunko, jonka kantavana pystyrakenteena ovat betoniseinät. Kirjahyllyrungolla tarkoitetaan runkoratkaisua, jossa yhdistyy paikalla- ja elementtirakentaminen. Kantavat väliseinät ja välipohjat valettiin paikalla suurmuoteilla. Portaot, parvekkeet, ilmanvaihtokanavat ja kevyet väliseinät olivat kuitenkin myös usein elementtirakenteisia. Julkisivut rakennettiin kokonaan tai osittain elementeistä. Yleisimmäksi ulkoseinäarakenteeksi vakiintui vähitellen betonisandwich-elementti. (Ilonen 2015.)

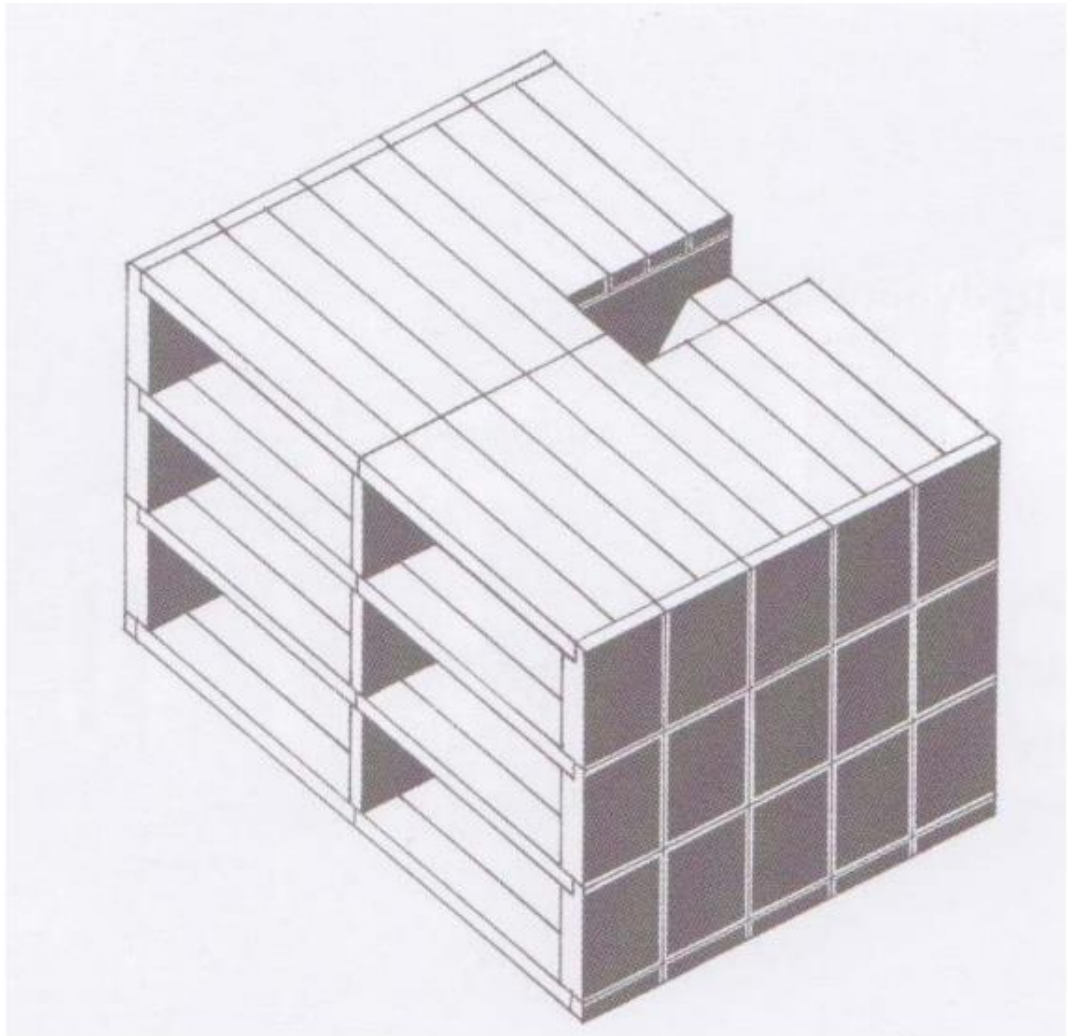
Kirjahyllyrungosta esiintyi erilaisia muunnelmia, kuten paikallatehdyt rungot, osaelementti- ja täyselementtirungot. Nämä erosivat toisistaan toteutustavaltaan sekä välipohja- ja ulkoseinäarakenteiltaan. 1960-luvun lopun ja 1970-luvun alun asuntotuotannon huippuvuosien yleisin runkoratkaisu oli paikalla rakentamista ja elementtirakentamista yhdistelevä osaelementtirakenteinen kirjahyllyrunko. (Neuvonen 2006, 148.)

Osoelementtirakenteisessa kirjahyllyrungossa kantavat väliseinät ja välipohjat valettiin paikalla suurmuoteilla, mutta julkisivut toteutettiin kokonaan tai osittain elementtirakenteisina. Betonisandwich oli yleisin ulkoseinä rakenne. (Neuvonen 2006, 150.)

Täyselementtirakenteisessa kirjahyllyrungossa väliseinä- ja välipohjaelementit ovat massiivisia betonielementtejä, minkä vuoksi kantavia väliseiniä oli tiheäs-

sä. Yleisin ulkoseinärakenne oli betonisandwich-rakenteinen elementti. (Neuvonen 2006, 148.)

BES-rungon (Betonielementtistandardi) omaleimaisuus suhteessa muihin täys-elementti-kirjahyllyrunkoihin on esijännitetystä ontelolaatassa tai U-laatassa (kotelolaatta), jonka avulla voitiin vähentää kantavien poikittaiseinien määrää (kuva 8). Ensimmäinen BES-koetalo valmistui 1971. (Mäkiö 1994, 68.)



Kuva 8. Kirjahyllyrunko, täys-elementti, BES (Neuvonen 2006, 150.)

Vanhimpien elementtitalojen julkisivuissa on useimmiten käytetty nauhaelementtejä, joihin liittyi paikalla tehdyt ikkunanauhat. Puutteellisen nosturikapasiteetin vuoksi sandwich-elementtejä ei käytetty kantavissa päätyseinissä, vaan betoniseinät verhoiltiin esimerkiksi kevytbetonilla tai tiilellä. 1960-luvun jälkipuoliskolla yleistyivät ruutuelementtijulkisivut ja kasvanut nosturikapasiteetti mah-

dollisti sandwich-elementtien käytön kantavissa päätyseinissä. (Neuvonen 2006, 158.)

Myös 1970-luvun BES-talojen julkisivuissa jatkui entinen, tuotannonteknisesti edulliseksi todettu ruutuelementtilinja. Rakennuksen pitkien sivujen julkisivuelementit olivat sen sijaan aiemmasta poiketen usein itsensä kantavia eli ne seisoivat toinen toistensa päällä omilla perustuksillaan. (Neuvonen 2006, 158.)

Nauha- ja ruutuelementtejä valmistettiin vähäisessä määrin myös kevytsorabetonista, kevytbetonista vuodesta 1964 eteenpäin ja tiilestä vuodesta 1968 eteenpäin. Lisäksi rakennettiin jonkin verran puhtaaksi muurattuja tiilijulkisivuja, joissa rakenteen sisäkuorena oli betonielementti. (Neuvonen 2006, 158.)

1970-luvun alkupuolelle asti massiivinen teräsbetonilaatta oli yleisin väli- ja yläpohjarakenne kerrostaloissa. 1960-luvun alkupuolelle laattaa kiersi yleensä ulkoseinärakenteisiin liittyvä reunapalkki. 150 – 160 mm paksun kantavan laatan päälle valettiin eristekerroksen varaan ns. uiva teräsbetonilaatta (40 – 50 mm). Myöhemmin kantavan laatan varaan valettiin ainoastaan 40 – 50 mm paksu pintabetoni ja pyrittäessä minimoimaan valun jälkeistä työtä voitiin laatta valaa 190 mm vahvuisena, jolloin pinta viimeisteltiin vain ohuella tasoitekerroksella. (Neuvonen 2006, 153.)

1960 - 1970 -luvuilla väli- ja yläpohjissa käytettiin jonkin verran myös massiivisia välipohjaelementtejä. Ne olivat noin 200 mm paksuja teräsbetonilaattoja, joiden suurin jänneväli oli 5,4 metriä. 1970-luvun alusta lähtien välipohjissa käytettiin myös BES-järjestelmän mukaisia esijännitetyjä välipohjalaattoja, jotka olivat joko ontelo- tai U-laattoja. (Neuvonen 2006, 153.)

1960-luvun alkupuolella kattomuodot olivat varsin vaihtelevia. Lähes puolessa taloissa oli loiva harjakatto. Lisäksi yleisiä olivat erilaiset porrastetut harja- tai pulpettikatot. Yleisin lämmöneristysmateriaali on lastuvillasementtilevy, sen valmistus lopetettiin 1967. Katemateriaalina on yleensä pelti, joskus huopa, myös konesaumattu rullapelti tuli käyttöön 1960-luvun alussa. (Mäkiö 1994, 75.)

1970-luvun alkupuoliskolla valtaosassa taloista oli jo tasakatto. Tasakattoja on tehty yleisesti suoraan lämmöneristeen (kevytsora, mineraalivilla, vaahtomuovi) tai jonkin verran myös erillisen puisen alusrakenteen varaan. Vesikatteena on singelillä suojattu huopa. (Mäkiö 1994, 75.)

Yleisimmät väliseinät olivat 65 mm paksuja betonielementtiseiniä ja 68 mm paksuja täyskorkeita kevytbetonielementtejä. BES-taloissa pyrittiin vähentämään väliseinien painoa, joten yleisimmäksi väliseinätyypiksi tuli levy pintainen eristämätön rankaseinä. Runko oli puuta tai metallirankaa ja seinäpinnat olivat vielä lastulevyä, kipsikartonkilevyä tai asbestisementtilevyä (selluloosa). (Neuvonen 2006, 181.)

### **3.5 1975 - 2000 -lukujen rakenteet**

Vuoden 1979 ohjeissa ulkoarkkitehtuurilta edellytettiin jo mittasuhteiden ihmisläheisyyttä, virikkeisyyttä ja sopeutumista ympäristöön. Laadulliset tavoitteet alkoivat nousta määrällisten rinnalle, mutta monin paikoin tuotanto jatkui ankeilla lähiökauden resepteillä vielä 1980-luvulle asti. (Neuvonen 2006, 210.)

BES-tekniikka oli 1975 – 2000 kerrostalon rungon yleisin toteutustapa, jänneväliit olivat suuret jolloin kantavat väliseinät olivat lähinnä huoneistojen välillä. BES-tuotannon rinnalla valettiin kantavia seiniä ja välipohjia runsaasti myös paikalla, tällöin kuitenkin kantavien väliseinien määrä kasvoi jänneväliden ollessa pienemmät. (Neuvonen 2006, 214.)

1990-luvulla Suomeen rakennettiin muutama asuinkerrostalo, jossa kantavan rungon pääasiallisena materiaalina oli teräs. Puukerrostalot olivat myös 1990-luvun ilmiö, näiden rakentamisessa sovellettiin amerikkalaista platform-frame-järjestelmää (Neuvonen 2006, 216.) Platform-järjestelmä on kantavaseinäinen puurankarakenne. Talo rakennetaan kerroksittain siten, että ala- ja välipohjat ovat työalustoja, joiden päällä kerroksen seinät kootaan vaakatasossa ja nostetaan pystyyn. (Pientalo avoimella puurakentamisjärjestelmällä.)

Yleisin välipohjarakenne oli BES-järjestelmän mukainen esijännitetty ontelolaatta, jolla päästiin yli 10 metrin jänneväleihin. Ontelolaatan vakioleveys oli 120 cm ja paksuus 265 mm. 1990-luvun puolivälissä yleistyi 320 mm paksu ontelo-



laatta, jossa oli paremmat ääneneristävyysominaisuudet. U-laattojen (kotelo-laatta) valmistus loppui vuonna 1983. (Neuvonen 2006, 218.)

Ontelolaattojen lisäksi tehtiin myös paikalla valettuja välipohjia. Tavanomaiset olivat 150 – 160 mm paksuisia ja niiden varaan valettiin 40 – 50 mm paksu pin-tabetoni tai laatta valettiin alunperin 190 mm paksuisena. Vuodesta 1979 väli-pohjia tehtiin jonkin verran myös esivalmisteisen kuorilaatan ja paikallavalun muodostamana liittorakenteena. Vetoteräkset sisältävä 70 mm paksu kuorilaat-ta toimi valumuottina, jonka päälle valettiin 130 - 150 mm paksu betonikerros. (Neuvonen 2006, 224.)

Tasakatto oli yleisin 1970-luvun jälkipuoliskolle asti, mutta loivat pulpetti- ja har-jakatot olivat 1990-luvulle tultaessa tasakattoa yleisempiä. Tavanomaisin kate-materiaali oli pelti, mutta joitakin rakennuksia katettiin myös kattotiilillä. (Neuvo-nen 2006, 224.)

Yleisin väliseinätyyppi oli levy pintainen eristämätön rankaseinä. Runko oli puuta tai yhä useammin metallirankaa. Seinäpinnat olivat lastulevyä tai kipsilevyä, joka 1980-luvulla syrjäytti lastulevyn väliseinissä. 1970 - 1980 -luvuilla tehtiin väliseiniä myös kevytbetonielementeistä tai muurattavista kipsiharkoista. (Neu-vonen 2006, 230.)

#### **4 Rakenteille tyypillisiä ominaisuuksia ja ongelmia**

Puu on monikäyttöinen, luja ja kevyt rakennusmateriaali, joka on suhteessa painoonsa lujempi kuin mikään muu rakennusmateriaali. Kun verrataan läm-mönjohtavuutta, puun lämmöneristyskyky on 400 kertaa parempi kuin teräksen, 1500 kertaa parempi kuin alumiinin ja 12 kertaa parempi kuin betonin sekä sen laajeminen lämmön vaikutuksesta on vain kolmanneksen teräkseen ja betoniin verrattuna. Puuta on myös helppo työstää, eikä puurakentamiseen tarvita yhtä järeitä koneita kuin esimerkiksi betonista rakentamiseen. (Hyvä tietää puusta 2010, 2.)

Kosteus saa puun turpoamaan, ja jatkuva kosteus voi aiheuttaa homehtumista ja lahoamista. Puu alkaa vaurioitua, jos sen kosteus pysyy pitkiä aikoja yli

20 %:ssa. Puu alkaa homehtua muutamassa kuukaudessa, jos sitä ympäröivän ilman suhteellinen kosteus pysyy tänä aikana yli 80 %:ssa. Ilman suhteellisen kosteuden ylitettyä 90 % puu alkaa lahota. Puun homehtumisen ja lahoamisen edellytyksenä on kuitenkin se, että lämpötila on + 0 - + 40 °C. Homeitiöt ja lahoajasisienet vaativat toimiakseen lisäksi happea ja ravinteita, joita on yleensä riittävästi sekä puussa että ympäröivässä ilmassa. (Kosteusteknisiä ominaisuuksia.)

Poltettu tiili on kestävyydeltään lähes ikuinen, luonnon omista raaka-aineista valmistettu rakennusmateriaali. Poltetut tiilet ovat keraamisia tuotteita, jotka kestävät hyvin kemiallisia rasituksia, kuten happosateita ja esimerkiksi savukaasuista savupiippuun kondensoituvan rikkihapon syövyttävää vaikutusta. Poltettu tiili kestää hyvin myös mekaanisia rasituksia. Säänkestäväksi luokitellut tiilet ovat myös pakkasenkestäviä. Suomalaisilla tiilillä on suuri puristuslujuus, johtuen korkeasta polttoasteesta. Tiili on kaikenkaikkiaan turvallinen rakennusmateriaali: se ei pala, lahoa eikä ruostu. Poltettu tiili kestää hyvin kosteus- ja lämpötilavaihteluja, ja pitkälläkin aikavälillä se on vähän huoltoa vaativa rakennusmateriaali. (Poltettu tiili rakennusaineena 2006.)

Betoni on eniten käytetty rakennusmateriaali maailmassa. Betoni on kivipohjaisena materiaalina kestävä, luja ja vähän huoltoa vaativa. Betonirakennukset säästävät massiivisina ja tiiviinä energiaa koko elinkaaren ajan. Betonilla saadaan asuntoihin hyvä ääneneristävyys ja paloturvallisuus. Betoni kestää puun sijaan hyvin kosteutta. Se jopa saavuttaa parhaat lujuusominaisuutensa, kun sitä säilytetään pitkään kosteassa. (Eniten käytetty rakennusmateriaali maailmassa.)

Säästöbetonirakenteet aiheuttavat aina lisäkustannuksia ja -ajankäyttöä, kun rakenteita joudutaan piikkaamaan. Niiden purkaminen on monesti arpakauppaa, joissakin tapauksissa lisäkustannukset voivat olla pienet, mutta usein niiden kanssa joudutaan painimaan pidempään, mikä sen sijaan näkyy aikataulun venymisessä tai kustannuksien kasvamisessa.

Viime aikoina on Euroopan komissio ruvennut tutkimaan kvartsipölyä, joka syntyy rakennusaineista, joiden valmistuksessa on käytetty luonnonkiveä tai hiek-

kaa, kuten betoni, laastit, kevytbetoni ja tiilet. Altistuminen kvartsipölylle saattaa aiheuttaa asbestin tapaan keuhkovaurioita, mutta tämä asia on vielä tutkintavaiheessa. Tämä on purkutöihin ryhtyvän tekijän hyvä pitää mielessä, sillä kvartsipölyä irtoaa suurissa määrin pintoja jyrsiessä sekä hiotessa, mutta myös laastinsekoituksen yhteydessä. (Salminen 2015a, 28.)

#### **4.1 Alapohjat ja kellari**

Epäsuotuisissa rakennuspaikoissa on rakennuksen paino siirrettävä kantavaan maaperään maahan lyötyjen paalujen välityksellä. Nämä paalut olivat 1960-luvulle asti suurimmaksi osaksi puupaaluja ja tämän jälkeen käyttöön otettiin teräsbetoni- ja teräspaalut. Puupaaluja ja niihin liittyviä puuosia uhkaa monin paikoin pohjaveden pinnan lasku, joka johtaa puun lahoamiseen. Tämän lisäksi vaurioita aiheuttavat viemävesistä saastuneen pohjaveden anaerobiset lahottajat, liikenteen tärinä ja lähistöllä tehtävät rakennustyöt. Perustusten pettäminen johtaa koko rakennuksen vajoamiseen tai epätasaiseen painumiseen, mikä synnyttää halkeamia rakennuksen kantavaan runkoon ja julkisivuihin. Perustusten puuosien lahoamista pyritään estämään pohjaveden hallintajärjestelmillä sekä myrkyttämällä lahottajia boorilla. Mikäli nämä keinot eivät auta, on edessä perustusten vahvistaminen paaluttamalla, mikä on teknisesti vaativa ja kallis toimenpide. (Neuvonen 2006, 14.)

Kellarit ovat olleet aiemmin toissijaisia tiloja, joiden vedeneristykseen ei välttämättä kiinnitetty kovin suurta huomiota. Yleisenä ongelmana on myös puutteellinen tai kokonaan puuttuva salaojitus rakennuksen ympärillä. Vanhoissa kellarissa kulkee myös usein putkia, joiden eristeenä saattaa olla asbestia. Lisäksi kellarin tiiliseinien ja perustusrakenteiden välissä olevassa vedeneristeessä voi olla kreosoottijäätävä (kivihiiliterva), joka terveydelle vaarallisena on kapseloitava paikalleen, tai jos mahdollista, poistettava. Asbestipurku ja kapselointi on teetettävä tähän erikoistuneella liikkeellä. (Neuvonen 2006, 17.)

#### **4.2 Väli- ja yläpohjat**

Puiset välipohjapalkit eli vasat ovat pitkien jänneväliden ja välipohjarakenteen suuren painon takia saattaneet vuosien kuluessa taipua hieman notkolle, mistä ei kuitenkaan ole rakenteellista haittaa. (Neuvonen 2006, 22.)

1900-luvun alussa katon rappauspohja saatettiin tehdä puuvasojen kannattamiin väli- ja yläpohjiin myös kipsilevystä. Vasojen alapintaan naulattiin lautakoolaus reunoistaan pontattujen kipsilevyjen kiinnitystä varten. Tämä rakenneneratkaisu edellyttää, että kattovalaisimien tarvitsemat uudet sähköjohdot asennetaan pinta-asennuksena käyttämällä ohutta alumiiniputkea. Asennuksen voi tehdä myös ns. ilmajohtona, jolloin johtoa ei kiinnitetä kattopintaan lainkaan, vaan se roikkuu vapaasti hieman irti katosta. (Neuvonen 2006, 22.)

1950-luvulle asti välipohjien kantavana rakenteena toimi yleensä puu-, teräsbetoni- ja teräspalkit. Palkkien väliin ja päälle jäävät ontelot täytettiin äänen- ja lämmöneristävyysyistä rakennusjätteillä, luonnontuotteilla (turvepehku, sammal, olki, hiekka) ja erilaisilla teollisuuden sivutuotteilla (sahajauho, kutterinlastu, koksikuona, masuunikuona). Näitä täytteitä joudutaan vesivahinkojen yhteydessä poistamaan ja korvaamaan uusilla täytteillä. (Neuvonen 2006, 23.) Jos täyteenä on käytetty koksikuonaa, joudutaan se hiomaan betonilaatanpinnasta pois, jotta voidaan tehdä tarvittavat korjaustoimenpiteet (Virtanen 2015, 10.) Orgaaniset täytteet tuovat lisäkustannuksien lisäksi niistä syntyvät terveysriskit. Höttömäisistä täytteistä löytyy usein vanhoja mikrobikasvustoja ja itiöitä odottamassa suosiollista kosteusannostaan. Jos nämä rakenteet jäävät avaamatta ja rakennuksen painovoimaiseen ilmanvaihtoon lisätään koneellinen ilmastointi, on terveysriskin ainekset kasassa. Kone imaisee mikrobiperäisen korvausilman välipohjarakenteista huoneilmaan, jonka seuraukset huomataan usein vasta 1 - 3 vuoden päästä. (Salminen 2015b, 38 ja 39.)

Puisissa yläpohjissa tiilimuureihin tiivistyvä huoneilman vesihöyry saattaa ajan mittaan aiheuttaa lahovaurioita yläpohjan puuvasoissa ulkoseinän ja talon keskellä kulkevan sydänmuurin lähellä. Muita puuvasoja uhkaavia kosteuden lähteitä voivat olla vuotava vesikatto ja peltikatteen alapintaan tiivistyvä ja siitä edelleen alaspäin valuva kosteus. Vasojen lahoviat korjataan kiinnittämällä niiden kylkiin tueksi uudet puupalkit. Ennen tuentaa korjausalueelta on purettava palopermanto, sen aluslaudoitus ja yläpohjan täytteet vasan molemmin puolin. (Neuvonen 2006, 22.)

Toinen ongelma puisissa yläpohjissa liittyy tiilistä savilaastilla muurattuun palopermanton. Rakenteen tiiveimpänä osana se muodostaa huoneilman vesi-

hyörylle kylmän kondessipinnan, johon kosteus tiivistyy vedeksi, mikä aiheuttaa palopermannon aluslaudoituksen lahoamista. Painuneet kohdat on avattava ja korjattava aiempaa paksummalla puutavaralla. (Neuvonen 2006, 22.)

I-teräksellä kannatetun välipohjan saattaa tunnistaa hiushalkeamista kattorappauksessa, nämä ovat kuitenkin vaarattomia. Kattopinnassa voi etenkin ulkoseinän lähellä olla myös palkkien levyisiä tummia raitoja. Nämä ovat muodostuneet vesihöyryn tiivistyessä I-terästen viilentämiin rappauksen kohtiin ja huoneilman nostama pöly on tarttunut näihin kosteisiin pintoihin. (Neuvonen 2006, 23.)

1950-luvun alkupuolella yleistynyt massiivilaatta osoittautui alalaattapalkistoon verrattuna askelääneneristykseltään huonoksi välipohjarakenteeksi. Asia pyrittiin korjaamaan lisäämällä laatan päälle eristekerros ja valamalla tämän päälle ohut teräsbetonilaatta (uiva laatta). Kuivuessaan ja kovettuessaan teräsverkolla raudoitettu uiva betonilaatta saattoi seinänvierustoilla käyristyä reunoiltaan ylöspäin. (Neuvonen 2006, 94.)

### **4.3 Vesikatto**

Tiilikaton korjaustöitä vaativiin osiin kuuluvat itse katteen lisäksi tiilten alla oleva ruoderimoitus, aluskate ja sen aluslaudoitus, kattotuolit, pellitykset, vesikourut sekä kattosillat ja tikkaat (Neuvonen 2006, 104).

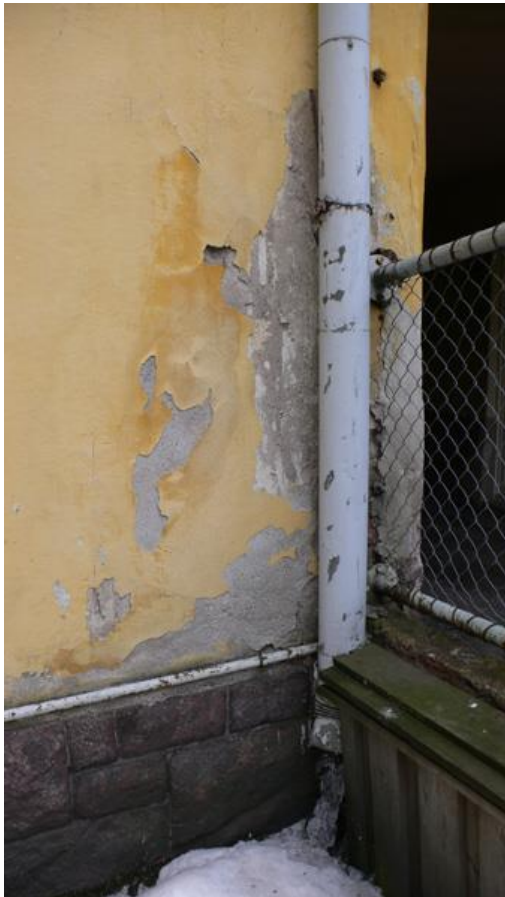
Savitiilissä tapahtuu pakkausrapautumista, joka ilmenee siten, että pinnoista irtoilee liuskamaisia kappaleita. Tällaiset tiilet on vaihdettava heti uusiin. Kun rapautuminen on alkanut, tiili sitoo itseensä yhä helpommin ja enemmän vettä ja jäätyminen kiihdyttää rapautumista. Mikäli kate uusitaan, on tilalle pyrittävä löytämään samanmallisia tiiliä. (Neuvonen 2006, 104.)

Peltikattoa korjattaessa on kiinnitettävä huomiota kattotuolien ja aluslaudoituksen kuntoon. Vesivuodot ja pellin alapintaan tiivistynyt vesi ovat voineet ruostuttaa aluslaudoituksen naulauksen. Myös kattotuolin yläpinta on voinut lahota. (Neuvonen 2006, 106.)

Peltikatolle tyypillisiä ongelmia ovat kattopellin ruostuminen ja sulamisvesien aiheuttamat ongelmat. Rungas lumipeite katolla voi aiheuttaa ullakolle vaikeasti

havaittavia vesivuotoja. Lumi muodostaa lämmöneristeen, jonka vaikutusta yläpohjan lämpövuodot tehostavat. Lumi alkaa sulaa ja sulamisvedet valuvat jalkaränneihin ja edelleen suppiloiden kautta syöksytorviin, joissa ne saattavat jäätyä ja tukkia suppilon. Tällöin jalkaränniin muodustuu vesiallas, joka jäätyessään avaa peltikaton saumoja. (Neuvonen 2006, 106.)

Mikäli rakennuksessa vallitsee tilanne, jossa aurinko pitää vesikattoa ja talon yläosaa plussan puolella, mutta alhaalla varjossa lämpötila on pakkasen puolella voi katolta sulava vesi valua syöksytorven kylmään alapäähän, jossa se jäätyessään tukkii vähitellen koko syöksytorven (kuva 9). Jään laajeneminen avaa torven saumoja, joista vesi pääsee edelleen roiskumaan seinäpintoihin. (Neuvonen 2006, 106.)



Kuva 9. Vuotaneen syöksyputken aiheuttamia rappausvaurioita seinässä (Kinunen 2014, 31.)

Tasakaton kriittisiä kohtia ovat kattokaivot, vesikatteen läpiviennit, liian vähäiset katon kallistukset ja singeli (suojakiveys). Tasakattojen ongelmia ovat olleet kat-

tokaivojen tukkeutuminen ja vesien allastuminen sekä jäätyminen katolla. Jatkuvat vesialtaat katolla muodostavat ennen pitkään vuotoriskin. Vesialtaissa lumppuhuopa mätänee ja vesi pääsee kulkeutumaan yläpohjan eristeisiin ja kantaviin rakenteisiin. Vesien jäätyminen katolla voi avata erilaisten läpivientien ja vesikatteen välisiä saumoja ja aiheuttaa pahoja vuotoja yläpohjarakenteisiin. Vesi saattaa valua pitkiä matkoja huovan alla. (Neuvonen 2006, 224.)

Siitepölyn ja lehtien tukkiessa veden kulkutiet voi tasakatolle syntyä vesialtaita, joita ei singelikerroksen vuoksi voida havaita. Myös vauriot kuten vesikatteen kuplat ja auenneet saumat singeli peittää alleensa. (Neuvonen 2006, 225.)

Usein vanha vedeneristys jätetään paikoilleen korjauksen yhteydessä ja uusi vedeneristys asennetaan suojakiveyksen poiston jälkeen vanhan vedeneristysten päälle. Jos katolla on kuitenkin jo ennestään useita vedeneristyskerroksia, voidaan vanha kate kuitenkin joutua poistamaan ja uusimaan. Mikäli vanha kate on epätasainen tai suojakiveystä ei voida kokonaan poistaa, käytetään uuden katteen alla laakerointikerroksena ohutta mineraalivillaa. (Neuvonen 2006, 225.)

Tasakaton vedenpoistoa voidaan parantaa lisäämällä katon kaltevuutta. Peruskorjauksessa on myös varmistettava kattokaivojen, pellitysten, läpivientien ja mahdollisen lisäkallistuskerroksen tuuletus. (Neuvonen 2006, 225.)

#### **4.4 Ulkoseinät**

Paksujen tiilimuurien korjaustarve on mahdollisia saumauskorjauksia lukuunottamatta vähäinen. Lämmöneristekerroksen ulkopuolelle muuratuissa ohuissa puolen kiven tiiliverhouksissa on useammin rakenteellisia ongelmia. Niitä ovat vesivuodot, puutteelliset tuuletusraot, kannakkeiden ja saumaterästen ruostuminen sekä muurauksen kannatinpalkkeihin liittyvät kylmäsiilat. (Neuvonen 2006, 98.)

Rapattujen julkisivujen uusimistarvetta ei yleensä voi arvioida näkyvien vaurioiden perusteella silmämääräisesti, vaan ammattilaisen on aina tutkittava julkisivupinnat perusteellisesti koputtelemalla ne kauttaaltaan. Tämän jälkeen voidaan päättää korjauksen laajuus ja oikea työtapa. Rappaus paikkakorjataan tai tarvittaessa uusitaan kokonaan kolmikerrosrappauksella. Vanhan ulkoseinänra-

kenteen lisälämmöneristys esimerkiksi eristerappauksella ei useinkaan ole suositeltava ratkaisu, mutta sitä voidaan tapauskohtaisesti tutkia. (Neuvonen 2006, 98.)

1940 - 1950 -lukujen heikkolaatuinen kevytbetoni saattaa vaativissa olosuhteissa rapautua ylläpitokelvottomaksi. Tällöin kevytbetoni voidaan poistaa ja korvata samanpaksuisella lämpörappauksella. (Neuvonen 2006, 98.)

Levy pintaisissa julkisivuissa vanhat julkisivulevyt on tarvittaessa helppo vaihtaa alkuperäisen kaltaisiin uusiin levyihin. Samassa yhteydessä on syytä uusita tai kunnostaa levyjen alle jäävä ulkoseinärakenne. Tämän yhteydessä on myös mahdollista parantaa lämmöneristävyyttä kasvattamalla eristepaksuutta. (Neuvonen 2006, 99.)

Julkisivuelementtien vauriot ovat pääasiassa betonisessa ulkokuoressa. Monet alla luetelluista ongelmista ovat synty- ja vaikutusmekanismeiltaan kytköksissä toisiinsa (Neuvonen 2006, 168):

- raudotteiden ruostuminen
- betonin pakkasrapautuminen
- elementin ulkokuoren halkeilu ja kaareutuminen
- kittisaumojen vesivuodot
- pintakäsittelyjen vauriot ja julkisivulaattojen irtoaminen
- lämmöneristekerroksen ohuus ja suuret mittavaihtelut

Rakennusteknisesti betonisandwich-elementtien korjausratkaisut jaetaan kolmeen ryhmään, joita ovat (Neuvonen 2006, 169):

- vanhan ulkokuoren paikkaus ja pinnoitus,
- vanhan ulkokuoren verhoaminen uudella rakenteella ja
- vanhan ulkokuoren purkaminen ja uusiminen.



## 4.5 Väliseinät

Kloissoni-väliseinään voi ripustaa ruuveilla raskaitakin kaapistoja, kunhan ruuvi ei osu lankkusaumoihin. Sen sijaan seinään ei pidä upottaa sähköjohtoja eikä jako- tai pistorasioita, vaan asennukset on tehtävä pinnalle. Uuden oviaukon pystyy Kloissoni-seinään lisäämään usein ilman erillistä oviaukon päälle tulevaa kannatinpalkkia. Seinän molemmin puolin oleva, usein hauras tikkurappaus vaatii kuitenkin varovaista työtapaa. Rappaus on leikattava poikki tarkasti aukon reunojen kohdalta ja poistettava ennen kuin runkoon aletaan tehdä oviaukkoa. (Neuvonen 2006, 34.)

Luginomassa-seinässä on muistettava kiinnittää taulut ja kalusteet ruuvaamalla muovitulppien avulla. Väliseinää purettaessa on huomattava, että seinän sisään on usein sijoitettu sähköasennusputkia. Uudet oviaukot voidaan leikata esimerkiksi kulmahiomakoneella. (Neuvonen 2006, 35.)

## 5 Päätelmät

Korjausrakentaminen on melkein poikkeuksetta yllätyksiä täynnä ja hyvin harvoin urakoitsijalla on tieto kaikista rakennuksen ongelmista. Ongelmien kirjo on niin kattava, ettei tässä työssä pystytty kaikkia käsittelemään, vaan työssä keskityttiin yleisimpiin ja tunnetuimpiin rakenteisiin liittyviin ongelmiin. Myöskään märkätilojen vesivahinkoja ei ole noteraattu.

Kun olevista rakenteista ei ole tietoa tai tämä tieto on joko puutteellista tai väärää, joutuu urakoitsija pelaamaan isolla riskillä urakkaa arvioidessa. Pienetkin kertyvät ongelmat ja yllätykset rasittavat aina urakoitsijaa ja usein tämä johtaa työresurssien kasvattamiseen, sillä urakan aikataulun venyminen ei ole aina mahdollista. Lisättiin sitten resursseja tai venytettiin työaika, molemmat tekijät kasvattavat urakan kokonaiskustannuksia. Sopimuksissa onkin siis tarkasti määriteltävä jokaisen projektiin osallistuvan vastuualueet ja tieto siitä kuka kustantaa tällaisissa tapauksissa mitään.

Suomessa korjausrakentaminen kattaa suuren osan koko rakennusteollisuudesta. Tämä osittain selittää aikaisemmin tehdyt rakennusvirheet ja väärän ra-

kentämistavan. Myös 50 - 100 vuotta vanhojen rakennusten käyttöikä tulee joissakin tapauksissa vastaan.

Rakentamisen viranomais määräyksiä tarkkaillaessa voidaan nähdä, kuinka rakennustekninen tieto on kasvanut vuosisadan aikana ja mihin suuntaan ollaan määräyksissä menossa. Rakennuksen terveyttä ja turvallisuutta pyritään jatkuvasti parantamaan kieltämällä tai muuttamalla huonoja rakenneratkaisuja ja materiaaleja. On kuitenkin harvinaista, että tällaisia omana aikanaan hyväksytyjä rakenteita ryhdyttäisiin samantien purkamaan määräyksien muuttuessa, vaan nämä ongelmalliset rakenteet jäävät rakennukseen moniksi vuosikymmeniksi, kunnes ne lopulta joutuvat peruskorjauksen tai purkamisen eteen.

Tämä opinnäytetyö oli keskittynyt ainoastaan yleisimpiin ja tunnetuimpiin ongelmiin. Tätä työtä voitaisiin jatkossa laajentaa kattamaan muut mainitsemmiksi jääneet rakenteelliset ongelmat sekä ne rakenteet, joita ei tässä työssä ole ollenkaan käsitelty, kuten ovet, ikkunat, porrashuoneet ja parvekkeet. Myös märkätiloista ja niiden ongelmista löytyy eri vuosilta hyvin paljon tutkintamateriaalia, jota voitaisiin hyödyntää jatkoa tehdessä. Kerrostalojen lisäksi saman tyyllisen katsauksen voisi laajentaa kattamaan myös omakotitalot sekä rivitalot, joista löytyy paljon erilaisia ongelmia ja haasteita.

## **Kuvat**

Kuva 1. Tiilimuurirunko, s. 10

Kuva 2. 1920-luvun kerrostalon julkisivu, s. 13

Kuva 3. Sekarunko, s. 14

Kuva 4. Alalaattapalkiston palkkityyppejä: suora palkki, vene- eli mahapalkki, laippapalkki, laippapalkkiratkaisu, jossa laipat yhtyvät ja Packalénin patentoima laippapalkkijärjestelmä, s. 16

Kuva 5. Betonipilarirunko, s. 18

Kuva 6. Betoniseinärunko, s. 19

Kuva 7. Kirjahyllyrunko, s. 20

Kuva 8. Kirjahyllyrunko, täyselementti, BES, s. 23

Kuva 9. Vuotaneen syöksyputken aiheuttamia rappausvaurioita seinässä, s. 31

## Lähteet

Eniten käytetty rakennusmateriaali maailmassa.

<http://www.betoni.com/tietoa-betonista/betoni-ja-kestava-kehitys/betoni-rakennusmateriaalina> Luettu 5.5.2015

Hyvä rakennustapa 2009.

[http://users.kymp.net/p303794a/jr/artikkelit/artikkeli.php?id=a\\_45](http://users.kymp.net/p303794a/jr/artikkelit/artikkeli.php?id=a_45) Luettu 2.5.2015

Hyvä tietää puusta 2010.

<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/tee-se-itse/ohjeita-omatoimirakentajille/hyva-tietaa-puusta/hyva-tietaa-puusta-web.pdf> Luettu 5.5.2015

Ilonen, P. Kerrostalojen perusrakenteet ja talotekniikka 1880-luvulta nykypäivään.

[http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Korjaus\\_artikkelit/fi\\_FI/Kerrostalojen\\_perusrakenteet\\_talotekniikka/](http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Korjaus_artikkelit/fi_FI/Kerrostalojen_perusrakenteet_talotekniikka/) Luettu 15.4.2015

Kinnunen, J. 2014. Rappausvaurioiden syyt.

<http://julkisivu.com/rappausvauriosivu/rappausvauriot.htm> Luettu 12.5.2015

Kosteusteknisiä ominaisuuksia.

<http://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina/kosteusteknisi%C3%A4-ominaisuuksia> Luettu 5.5.2015

Lindh, T. Jälleenrakennuksesta rationalismiin 1940 - 1960, asuinkerrostaloarkkitehtuurin vaiheet 3/5.

[http://www.rakennusperinto.fi/kulttuuriymparisto/artikkelit/fi\\_FI/asuinkerrostalot3/](http://www.rakennusperinto.fi/kulttuuriymparisto/artikkelit/fi_FI/asuinkerrostalot3/) Luettu 15.4.2015

Miten rintamamiestalo on rakennettu?

[http://www.rakentaja.fi/artikkelit/6650/miten\\_rintamamiestalo\\_on\\_rakennettu.htm](http://www.rakentaja.fi/artikkelit/6650/miten_rintamamiestalo_on_rakennettu.htm) Luettu 15.4.2015

Mäkiö, E. 1990. Kerrostalot 1940 – 1960. Helsinki: Rakennustieto Oy.

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

Neuvonen, P., Mäkiö, E. & Malinen, M. 2002 Kerrostalot 1880 - 1940. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Neuvonen, P. 2006. Kerrostalot 1880 - 2000. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Paajanen, I. 2012. Kuva kohteesta.

Pientalo avoimella puurakennusjärjestelmällä.

<http://www.rakentaja.fi/indexfr.aspx?s=/kuluttaja/woodfocus/puurakentaminen2.htm> Luettu 15.4.2015

Pirinen, J. 1999. Hyvän rakentamistavan mukainen pientalojen kosteuden hallinta eri vuosikymmeninä. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Rakennustekniikan osasto. Lisensiaatintyö.

Poltettu tiili rakennusaineena 2006.

[http://www.rakentaja.fi/artikkelit/333/poltettu\\_tiili\\_rakennusaineena.htm](http://www.rakentaja.fi/artikkelit/333/poltettu_tiili_rakennusaineena.htm) Luettu 5.5.2015

Rakenteita ja rakennusosia.

[http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/rakenteita\\_ja\\_rakennusosia/fi\\_FI/Rakenteita\\_ja\\_rakennusosia/](http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/rakenteita_ja_rakennusosia/fi_FI/Rakenteita_ja_rakennusosia/) Luettu 15.4.2015

RYL – rakentamisen yleiset laatuvaatimukset.

Rakennustieto. <https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/ryl.html> Luettu 2.5.2015

Salminen, K 2015a. Haitta-ainekartoitukset tehdään usein liian myöhään – seurauksena hankalia purkutöitä ja lisäkustannuksia. Korjausrakentaminen-lehti 2/2015. Helsinki:Suomen Rakennusmedia Oy.

Salminen, K. 2015b. Tuleeko Kvartsipölystä lainsäätäjien silmätikku? Korjausrakentaminen-lehti 2/2015. Helsinki:Suomen Rakennusmedia Oy.

Standertskjöld, E. 2008. Arkkitehtuurimme vuosikymmenet 1930 - 1950. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Suomen rakentamismääräyskokoelma.

<http://www.ym.fi/rakentamismaaraykset> Luettu 2.5.2015

Virtanen, J 2015. Tietotyöläisten hyvinvointi taataan talotekniikalla. Rakennuslehti 13.3.2015. Helsinki:Sanoma tekniikkajulkaisut Oy.