



**TEKNIikka JA LIIKENNE**

**Rakennusalan työnjohto**

**MESTARITYÖ**

**ERISTERAPATUN SEINÄRAKENTEEN VAIHTAMINEN ULKONÄÖLLISESTI VASTAAVAAN RAKENTEeseen**

**Työn tekijä: Joonas Korhonen  
Työn ohjaaja: Tapani Eisanen**

**Työ hyväksytty: \_\_\_\_. \_\_\_\_. 2010**

**Timo Riikonen  
lehtori**



## **ALKULAUSE**

Tämä opinnäytetyö on tehty Raitayhtiöt Oy:lle. Haluan kiittää työssä mukana olleita ohjajia Metropolia Ammattikorkeakoulun opettajaa Timo Riikosta ja Raitayhtiöt Oy:n rakennuspäällikköä Tapani Eisasta.

Helsingissä 7.11.2010

Joonas Korhonen

## TIIVISTELMÄ

<b>Työn tekijä:</b> Joonas Korhonen	
<b>Työn nimi:</b> Eristerapatun seinärakenteen vaihtaminen ulkonäöllisesti vastaavaan rakenteeseen	
<b>Päivämäärä:</b> 7.11.2010	<b>Sivumäärä:</b> 32 s. + 6 liitettä
<b>Koulutusohjelma:</b>	<b>Suuntautumisvaihtoehto:</b> Rakennusalan työjohto
<b>Työn ohjaaja:</b> Lehtori Timo Riikonen, Metropolia Ammattikorkeakoulu	
<b>Työn ohjaaja:</b> Rakennuspäällikkö Tapani Eisanen, Raitayhtiöt Oy	
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Raitayhtiöt Oy:lle. Työssä pyrittiin hakemaan vaihtoehtoisia rakenneratkaisuja toteuttaa rapattu pinta saneerauskohteessa. Lähtökohtana työssä on, että rakennushankkeen aikana havaitaan rakennuksen sisäkuoren epäsuoruus tai liian ohut paksuus, joista aiheutuu urakoitsijalle ja tilaajalle ylimääräisiä kustannuksia.</p> <p>Työssä tehtävä tutkimus rajattiin koskemaan 1960- ja 1970-luvuilla tuotettua asuinrakennuskantaa, jossa toteutetaan julkisivun uusimishanke eristerappausmenetelmällä.</p> <p>Työ toteutettiin yksinkertaistamalla 1960- ja 1970-lukujen asuinkerrostalojen yleisimmät rakenneratkaisut mallikerrostaloon, jossa määrät olivat mitattavissa ja mahdolliset muutokset pystyttiin mittamaan ja hinnoittelemaan.</p> <p>Työn tuloksena syntyi neljä vertailukelpoista rakenneratkaisua, kaksi eristerapattua ja kaksi levyrapattua. Rakenneratkaisuja verrattiin urakoitsijan näkökulmasta taloudellisiin näkökulmiin, aikataulujen kautta ja käytettävissä olevien resurssien avulla.</p> <p>Lopputuloksena syntyivät vertailukelpoiset kustannukset kullekin rakenneratkaisulle, joita verrattiin keskenään eri muuttujien vallitessa. Halvimmaksi rakenneratkaisuksi osoittautui lähtötilanteen mukainen eristerapattu ratkaisu, kun sisäkuoren epätasaisuus pysyy riittävän pienissä määrissä. Lopputulos ei kuitenkaan ole aukoton, sillä tiettyjen muuttujien vallitessa edullisimmaksi tai ainoaksi toteutuskelpoiseksi ratkaisuksi nousi levyrappaus.</p>	
<b>Avainsanat:</b> rappaus, eristerappaus, levyrappaus, korjausrakentaminen, julkisivukorjaus	

## ABSTRACT

<b>Name:</b> Joonas Korhonen	
<b>Title:</b> Replacing an insulating plaster wall structure with an aesthetically similar structure	
<b>Date:</b> 7.11.2010	<b>Number of pages:</b> 32 + 6 appendices
<b>Department:</b>	<b>Study Programme:</b> Construction Site Management
<b>Instructor:</b> lector Timo Riikonen, Helsinki Metropolia University of Applied Sciences	
<b>Supervisor:</b> Construction chief Tapani Eisanen, Raitayhtiöt Oy	
<p>This thesis was made for Raitayhtiöt Oy and it aimed to find alternative solutions to carry out structural reorganization with plastered surfaces. The basis of this work was that inner shell indirection or too thin thickness is detected during the construction of the building, as these would cause the contractor and the customer additional costs.</p> <p>The research was restricted to buildings constructed in the 1960's and 1970's where the facade renewal projects will be done with the insulation plastering method.</p> <p>The work was carried out by simplifying the 1960's and 1970's apartment buildings' most common structural solutions to a model apartment building where volumes and any changes could be measured and priced.</p> <p>The study resulted in four comparable structural solutions two made with insulation plastering and two with board plastering. Structural solutions were compared from the contractor's perspective based on economic matters, timeframe and the resources available.</p> <p>The end result was comparable cost for each design solution, which were compared with each other with different parameters. The cheapest design solution turned out to be the original insulating plaster while the inner shell indirection remains small enough. The end result is not flawless though, because of certain prevailing variables the only or most cost-effective realistic solution turned out to be board plaster.</p>	
<b>Keywords:</b> plaster, insulating plaster, board plaster, building renovation, facade repairs	

## SISÄLLYS

### ALKULAUSE

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>TYÖN TAVOITE JA RAJAUS</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>RAPATUN JULKISIVUN MENETELMÄT</b>	<b>2</b>
<b>3.1</b>	<b>Rappaustyypit</b>	<b>3</b>
3.1.1	<i>Kolmikerrosrappaus</i>	3
3.1.2	<i>Kaksikerrosrappaus</i>	4
3.1.3	<i>Yksikerrosrappaus</i>	5
<b>3.2</b>	<b>Rappauksen pinta ja pintakäsittely</b>	<b>5</b>
3.2.1	<i>Pintavaihtoehdot</i>	5
3.2.2	<i>Pintakäsittely</i>	6
<b>3.3</b>	<b>Liikuntasaumamat</b>	<b>7</b>
<b>3.4</b>	<b>Liittyvät rakenteet ja liitoskohdat</b>	<b>7</b>
<b>3.5</b>	<b>Eristerapattu julkisivu</b>	<b>7</b>
3.5.1	<i>Kolmikerros-eristerappaus</i>	8
3.5.2	<i>Ohuteristerappaus</i>	9
3.5.3	<i>Lämmöneristeet</i>	10
<b>3.6</b>	<b>Levyrappaus</b>	<b>10</b>
3.6.1	<i>Levyrakenne</i>	11
3.6.2	<i>Rappaus</i>	11
<b>4</b>	<b>KUSTANNUSLASKENNAN TEORIA</b>	<b>11</b>
<b>4.1</b>	<b>Ennakoiva kustannuslaskenta</b>	<b>11</b>
4.1.1	<i>Määrälaskenta</i>	12
4.1.2	<i>Määrien hinnoittelu</i>	12
4.1.3	<i>Työkustannukset</i>	12
4.1.4	<i>Materiaalikustannukset</i>	12
<b>4.2</b>	<b>Jälkilaskenta</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>TUTKIMUSTULOKSET</b>	<b>13</b>
<b>5.1</b>	<b>Kerrostalomalli</b>	<b>13</b>
<b>5.2</b>	<b>Rakenneratkaisut</b>	<b>14</b>
5.2.1	<i>Vaihtoehto 1, eristerappaus, villa + 3-kerrosrappaus</i>	15
5.2.2	<i>Vaihtoehto 2, eristerapattu julkisivu, EPS + ohutrappaus</i>	15
5.2.3	<i>Vaihtoehto 3, levyrappaus, puurunko vaakaan asennettuna</i>	15
5.2.4	<i>Vaihtoehto 4, levyrappaus, metallirunko pystyyn asennettuna</i>	16
5.2.5	<i>Elementtirappaus</i>	16
<b>5.3</b>	<b>Kustannusten laskeminen</b>	<b>16</b>

5.3.1	<i>Kustannuslajit</i> .....	17
5.3.2	<i>Työkokonaisuudet</i> .....	17
5.3.3	<i>Kustannukset</i> .....	18
<b>5.4</b>	<b>Aikataulus</b> .....	<b>19</b>
<b>5.5</b>	<b>Vertailu</b> .....	<b>19</b>
5.5.1	<i>Työvoiman vaikutus</i> .....	20
5.5.2	<i>Pohjarakenteen vaikutus</i> .....	20
5.5.3	<i>Kohteen maastomuotojen vaikutus</i> .....	22
5.5.4	<i>Telinekaluston vaikutus</i> .....	22
5.5.5	<i>Talvityön vaikutus</i> .....	23
5.5.6	<i>Kohteen sijainnin vaikutus</i> .....	24
5.5.7	<i>Suhdanteen vaikutus</i> .....	24
5.5.8	<i>Ikkunoiden vaikutus</i> .....	24
5.5.9	<i>Räystäsrakenteen vaikutus</i> .....	26
5.5.10	<i>Kohteessa tehtävät muut työt</i> .....	27
<b>6</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>27</b>
<b>6.1</b>	<b>Rakenneratkaisujen valinta</b> .....	<b>27</b>
6.1.1	<i>Pohjaolosuhteiden vaikutus</i> .....	27
6.1.2	<i>Työryhmien saatavuus</i> .....	28
6.1.3	<i>Talviolosuhteet</i> .....	28
<b>6.2</b>	<b>Todelliset kustannukset</b> .....	<b>29</b>
<b>6.3</b>	<b>Rakenneratkaisujen toiminta</b> .....	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>YHTEENVETO</b>	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>POHDINTA</b>	<b>30</b>
	<b>VIITELUETTELO</b>	<b>32</b>

## LIITTEET

Liite 1	Tyyppikerrostalo 1:200, julkisivukuvat, pohjakuva ja leikkaus
Liite 2	Kustannuslaskennan yhteenveto
Liite 3	Aikataulu, rakenneratkaisu 1
Liite 4	Aikataulu, rakenneratkaisu 2
Liite 5	Aikataulu, rakenneratkaisu 3
Liite 6	Aikataulu, rakenneratkaisu 4

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Raitayhtiöt Oy:lle. Raitayhtiöt Oy on julkisivujen korjaamiseen erikoistunut rakennusliike, jonka palveluihin kuuluvat julkisivujen korjauspalveluiden lisäksi viher- ja piha-alueiden kunnostustyöt, jälkiasennushissit sekä julkisivujen ja parvekkeiden muutostyöt. Yritys kuuluu osana kotimaisessa omistuksessa olevaan CONSTI Yhtiöihin, joka on erikoistunut korjausrakentamiseen.

1960- ja 1970-luvuilla toteutettu asuinrakennuskanta on lähes yksinomaan rakennettu betonisista sandwich-elementeistä. Näiden rakennusten julkisivut ovat tulleet korjausikään jo 1990-luvun aikana ja osa tarvittavista korjauksista on jo suoritettukin. Kuitenkin jäljellä on rakennuskantaa johon ei ole tehty mitään korjaustoimenpiteitä tai tehdyt korjaustoimenpiteet ovat olleet maalauskäsittelyn tasoisia ja julkisivut ovat jo nyt huonossa kunnossa.

1960- ja 1970-lukujen tuotanto keskittyi lähiörakentamiseen, jota leimaa huonosti asukkaita houkutteleva asuinrakennusten ulkonäkö. Lisäksi rakennusten ulkovaipan energiatehokkuus on huonon eristävyys takia alhainen ja näin ollen vaikuttaa energialaskun suuruuteen. Energian hinnan kohotessa julkisivujen energiatehokkuuden parantaminen on houkutteleva ratkaisu.

1990- ja 2000-luvuilla julkisivurakentamisessa paluun tehnyt rapattu pinta on nostanut suosiotaan, ja tämä on nykyarkkitehtuurissa suosittu pinnoitusmenetelmä. Rapattu pinta on näin tullut yhdeksi vaihtoehdoksi myös korjausrakentamisessa, jossa halutaan muuttaa rakennuksen ulkonäköä ankeasta betonielementtitalosta ja parantaa samalla rakennuksen energiatehokkuutta.

Suosittu menetelmä, edellä mainittujen tavoitteiden saavuttamiseksi, on purkaa vanha julkisivun pintakuori ja eriste, kiinnittää pohjakuoreen uusi eriste ja rapata pinta kauttaaltaan. Tätä menetelmää kutsutaan eristerappaukseksi.

Usein hankkeiden aikana huomataan, että purun alta paljastunut sisäkuori on suoruudeltaan epätasainen tai liian ohut kestääkseen eristerappauksen kiinnikkeiden asennuksen. Tällöin joudutaan oikaisemaan pohjarakennetta ja kiinnikkeiden läpiporaukset aiheuttavat sisäpuolelle ylimääräistä työtä ja näin ollen lisäkustannuksia.

Tässä opinnäytetyössä pyritään selvittämään vaihtoehtoisia rakenneratkaisuja eristerapatulle rakenteelle ja vertaamaan niitä taloudellisesti keskenään.

## **2 TYÖN TAVOITE JA RAJAUS**

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää vaihtoehtoisia toteutustapoja eristerapatulle seinärakenteelle saneerauskohteessa.

Vaihtoehtoisten toteutustapojen on oltava pintarakenteeltaan vastaavanlaisia kuin eristerapattu julkisivu ja pinnan asema rakennuksen vanhaan julkisivuun nähden on pysyttävä lähes ennallaan.

Työ rajataan koskemaan vain saneerauskohteita ja niissä etenkin 1960- ja 1970-lukujen betonisia sandwich-elementtitaloja. Lähtökohtana on, että vanhan julkisivuelementin ulkokuori ja eriste puretaan ja uusi seinärakenne rakennetaan sisäkuoren pinnasta alkaen.

Työssä pyritään hinnoittelemaan rakennusratkaisujen vaihtoehtojen kustannukset ja vertaamaan niitä keskenään. Työssä pyritään myös etsimään ne 1960- ja 1970-luvuilla rakennettujen talojen kohdat, jotka aiheuttavat kustannuksille vaihtelua.

Yhtenä työn tavoitteena on löytää rakenne, joka soveltuu epätasaisen ja paikoin hyvin ohuen sisäkuoren päälle, ilman että julkisivun jäykkyys kärsii.

## **3 RAPATUN JULKISIVUN MENETELMÄT**

Rappaus julkisivujen pintakäsittelynä on useita vuosisatoja vanha käsite. Suomessa kerrostalojen pintakäsittelynä rappaus on ollut vallitseva pinnoitusmenetelmä aina 1950-luvulle asti. Tätä ennen kerrostalojen runkorakenteena käytettiin pääasiallisesti muurattua poltettua tiiltä, joka haluttiin julkisivuilla peittää yhtenäisellä ja tasaisella pinnalla. Betonielementtituotannon yleistyttyä rapattua julkisivua ei ollut pääasiallisessa tuotannossa ennen 1980-lukua. [1, s. 7; 2, s. 127.]

Rappauksen pääasiallisia tehtäviä on antaa julkisivulle yhtenäinen ja tasainen pinta ja poistaa pohjan mahdolliset epätasaisuudet, suojata alusrakennetta sään vaihteluilta ja mekaaniselta rasitukselta sekä antaa vapaasti muotoiltavan ja ilmeikkään pinnan.



### 3.1 Rappaustyypit

Kovalle alustalle tehtävät rappaukset jaetaan yleisesti kolmeen tyyppiin: kolmikerros-, kaksikerros- ja yksikerrosrappaukseen. Rappaukset eroavat toisistaan tehtävien ainekerrosten lukumäärässä, käytetyissä laasteissa ja materiaaleissa. [1, s. 15.]

Rappausten kerrosmäärä ei kuitenkaan kerro työmaalle tehtävien työvaiheiden määrää, sillä kerrosrappauksissa kerrosmäärällä tarkoitetaan eri laastityyppien kerrosmääriä. Samassa laastikerroksessa voi olla useita kerroksia laastien maksimilevityspaksuuksista johtuen. [1, s. 15–16.]

Tehtäessä usean kerroksen paksuisia rappauksia on huomioitava, että rappauksessa käytettävien laastien on oltava lujuusominaisuuksiltaan heikeneviä, mentäessä kerroksissa pohjalta pintaan päin. Tämä saadaan aikaiseksi käyttämällä kalkkisementtilaasteissa enemmän kalkkia suhteessa sementinmäärään lähestyttäessä uloimpia kerroksia. [1, s. 16.]

#### 3.1.1 Kolmikerrosrappaus

Kolmikerrosrappaus on rappaustyypeistä kaikista peittävin vaihtoehto mutta samalla painoltaan raskain ja työmäärältään suurin. Kolmikerrosrappaus koostuu kolmesta kerroksesta, jotka tehdään kalkki- tai kalkkisementtilaastilla. Jokaisella kerroksella on oma tarkoituksensa, ja niitä kutsutaan tartuntarappaukseksi, täyttörappaukseksi ja pintarappaukseksi. [1, s. 15; 3, s. 131.]

**Tartuntarappauksessa** on tarkoitus varmistaa rappauksen pysyvyys alustassa, lisätä tartuntapintaa ja tasata alustan vedenimukykyä. Tartuntarappaus tehdään ohuena kerroksena, tyypillisesti paksuudeltaan vain 0–3 mm. Laasti on yleensä löysää, sen sementtipitoisuus on korkea ja alustan peitto pitäisi olla vähintään 90 %. [1, s. 15; 3, s. 131.]

**Täyttörappauksen** tarkoitus on tasata pohjan mahdolliset epätasaisuudet ja antaa pinnalle sen mahdolliset kuvioinnit. Täyttörappaus tehdään aina hie- man alhaisemman lujuuden laastilla kuin tartuntarappaus. Täyttörappaus on tyypillisesti paksuudeltaan 10–30 mm ja se tehdään useammassa kerrok- sessa, jos kerrospaksuus rappauksessa ylittää 20 mm. Jos rappauksessa käytetään rappausverkkoa, se sijoittuu yleensä täyttörappauksen kerrok- seen. [1, s. 15 ja 67; 3, s. 131.]

**Pintarappauksella** annetaan rappauksen pinnalle sen struktuuri, eli pinnan muoto. Pinnanmuotoja on useita, mutta yleisimmin käytetyt ovat hierretty pinta ja roiskepinta. Pintarappauksen kerrospaksuus on tavallisesti 3-5mm ja riippuu käytetyn pinnoitusmenetelmän runkoaineen karkeudesta. Pintarappaukseen voi sekoittaa myös halutun julkisivun väripigmenttiä, jolloin kyseessä on ns. jalolaasti. Toteutettaessa pintarappaus värillisellä laastilla tehdään pinta yleensä kahdessa rappauskerroksessa. [1, s. 15 ja 28; 3, s. 131.]

### 3.1.2 Kaksikerrosrappaus

Kaksikerrosrappaus ei ole niin peittävä kuin kolmikerrosrappaus, ja tästä syystä valmiissa pinnassa voi olla näkyvissä pohjan mahdollisia epätasaisuuksia ja saumakohtia. Kaksikerrosrappaus tehdään kahdella vaihtoehdoisella laastilla. Rappaus voidaan tehdä joko käyttämällä kalkkisementtilaastetta tai sementtilaastetta. [1, s. 15.]

Käytettäessä kalkkisementtilaastetta rappaus muistuttaa kolmikerrosrappautta, mutta toteutetaan ilman täyttörappautusta. Tällöin tartuntarappauksessa on huomioitava sen läpinäkyvyys pintarappauksen läpi ja tartuntarappauksen pinnanlaatuun on keskityttävä paremmin kuin kolmikerrosrappauksessa. Kalkkisementtilaasteilla kaksikerrosrappauksen paksuus on luokkaa 10–15 mm. [1, s. 15.]

Käytettäessä sementtilaastetta kaksikerrosrappaus eroaa kalkkisementtilaasteista merkittävästi työtekniikoiltaan [1, s. 15].

**Tartunta- ja pohjarappaus** tehdään esikostutetun alustan päälle, joko käsin lyömällä tai koneellisesti ruiskuttamalla. Kerrospaksuus on tavallisesti 3–5 mm ja kerroksia tehdään vähintään kaksi. Tartunta- ja pohjarappautusta tehtäessä on huomioitava, että rappauksen tulee peittää alusta täydellisesti ja pinnassa näkyvät mahdolliset epätasaisuudet välittyvät rappauksen lopulliseen pintaan. [1, s. 16.]

**Pintarappaus** tehdään vastaavalla menetelmällä kuten kolmikerrosrappauksessa. Laasteina voidaan käyttää joko puhtaita sementtilaastetta tai sekoittaa laastin mukaan kalkkia. [1, s. 16.]

### 3.1.3 Yksikerrosrappaus

Yksikerrosrappaus on rappausvaihtoehdoista kaikista ohuin, ja näin ollen kaikki pohjassa olevat epätasaisuudet sekä saumat välittyvät pintaan ja ovat nähtävissä eri sääolosuhteiden vallitessa. Alustana käytetään yleensä puhtaaksi muurattua seinää, joka voi olla materiaaliltaan savitiiltä, betonitiiltä tai harkkoa. [1, s. 16.]

Yksikerrosrappauksesta käytetään yleisesti useita nimityksiä, joista muutamia ovat ohutrappaus, slammaus ja kuultorappaus. Yhteistä näillä kaikilla on se, että toivottu pintarakenne saadaan aikaiseksi käyttämällä yhtä laastikerrosta. Laastikerros voi kuitenkin muodostua useasta kerroksesta samaa laastia, jolloin parannetaan pinnoituksen peittävyttä. [1, s. 16.]

Yksikerrosrappaus voi olla kolmikerros- ja kaksikerrosrappauksien pintarappausten mukaisesti sävytettyä laastia [1, s. 16].

## 3.2 Rappauksen pinta ja pintakäsittely

Rapatun seinärakenteen ulkonäön määrää pinnan muoto eli pintastruktuuri ja pinnan mahdollinen värjääminen. Muita pieniä muutoksia voidaan saada aikaan muuttamalla työtapaa. [1, s. 28; 2, s. 130–131.]

### 3.2.1 Pintavaihtoehdot

Erilaisilla työmenetelmillä rappauksen pinta pystytään muokkaamaan haluttuun muotoon. Yleisesti pinnan haluttua struktuuria muutetaan pintarappauksessa, jossa pinnan viimeistelyllä voidaan vaikuttaa ulkoasuun. Tällaisia rappaustyyppisiä ovat roiskepinta, hiertopinta, harjattu pinta, revitty pinta ja terastipinta. Julkisivuun mahdollisesti tulevat erilaiset kasetit ja koristelistat tehdään täyttörappauksen aikana, jolloin laastiin muodostetaan halutut kuviot. [1, s. 28.]

Yleisimmät rappauspinnan struktuurit 1960–1980-luvuilla valmistuneiden asuintalojen korjausrakentamisessa ovat hiertopinta ja roiskepinta. Muita pintavaihtoehtoja käytetään harvemmin tai pelkästään vanhojen, jo rapattujen talojen korjauksessa. [2, s. 131.]

**Hiertopinta** saadaan aikaiseksi levittämällä pintarappauskerros käsin tai koneellisesti, tasaamalla kerros ja viimeistelemällä kerroksen pinta käsin hiertämällä käyttäen erilaisia hiertolastoja. Hiertolastojen materiaali ja mahdolli-

nen pinnan karkeus määrää saadun hiertopinnan laadun. Käytettyjä hiertimiä ovat puu-, metalli- ja muovihierimet. [1, s. 30 – 31.]

**Roiskepinta** jaetaan yleisesti kolmeen karkeuteen. Karkeassa roiskepinnassa runkoaineen raekoko on yli 5 mm, keskikarkeassa roiskepinnassa suurin raekoko on 2–5 mm ja hienoroiskepinnassa raekoko on alle 2 mm. Roiskepinnan levitys voidaan tehdä käsin tai koneellisesti ruiskuttamalla, tosin nykyään koneellisesti ruiskuttaminen on käsin levitystä huomattavasti nopeampi ja käytännössä ainoa käytetty menetelmä suurilla seinäpinnoilla. Nykyään suositaan hienoroiskepintaa, joka mahdollistaa seinän tasaisen pinnan. [1, s. 29–30.]

### 3.2.2 Pintakäsittely

Pintakäsittelyllä rappauksen pintaan haetaan tiettyä värisävyä, pinnan vesihöyryn ja veden läpäisykykyä, lian tarttumisen estoa tai mahdollista ilkkiva-tasuojaa. [1, s. 33.]

Pintakäsittely voidaan karkeasti jakaa kahteen pinnoitusmuotoon: värillisiin pintalaasteihin ja pinnoitteisiin [1, s. 33].

**Värilliset rappauslaastit** koostuvat normaalista rappauslaastista, johon on lisätty väripigmenttiä värin aikaansaamiseksi. Laastin tyyppinä on pääasiallisesti kalkkisementtilaasti. Väripigmentin tehoa voidaan kasvattaa, muuttamalla käytetyn rappauslaastin runkoaineen väriä. Lisäksi kalkkisementtilaasteissa harmaan sementin sijasta voidaan käyttää valkosementtiä, joka mahdollistaa kirkkaampia värisävyjä. [1, s. 33–34; 2, s. 131.]

**Pinnoitteilla** tarkoitetaan erilaisia maaleja, joita ovat kalkkimaali, kalkkisementtimaali ja silikaattimaali. Yhdistävänä tekijänä kaikissa maaleissa on se, että ne ovat kiviainespohjaisia. Orgaanisia maaleja käytetään harvemmin, sillä ne ovat rapatulle pinnalle liian tiiviitä ja lyhentävät sen elinikää. Kullakin maalityypillä on omat ominaisuutensa, joihin tässä työssä ei syvemmin paneuduta. Työteknisesti maalityypit eroavat toisistaan ja vaativat erilaista ammattitaitoa. Työmäärä kussakin käsittely-yhdistelmässä on kuitenkin lähes samanlainen. Muita käytettyjä pinnoitteita ovat impregnointiaineet, joilla parannetaan rappauspinnan vedenhylkyominaisuuksia, sekä likaantumiselta ja graffiteilta suojaavat aineet. [1, s. 34–42; 2, s. 131.]

### 3.3 Liikuntasaumat

Rakennuksen rungossa ja rappauksessa tapahtuu liikettä lämpötilojen, kosteuspitoisuuksien ja kuormitusten vaihdellessa. Tästä johtuen tulee rakennuksiin suunnitella liikuntasaumojä liikkeen mahdollistamiseksi. Ilman liikuntasaumojä liike kohdistuu julkisivuissa viimeiseksi rappauksen pintaan ja aiheuttaa rappauksen halkeilua. [1, s. 68–73.]

Käytettäessä massiivisia rakenteita, kuten tiilimuurattuja runkoja, ei rappaukseen kohdistu suurta rasitusta. Käytettäessä taas eriste- tai levyrappausta muodostuu julkisivun pintaan liikettä, joka on otettava hallitusti vastaan tekemällä rakenteeseen liikuntasaumojä. Eriste- ja levyrapatuissa julkisivuissa liikuntasaumojen välisissä lohkoissa tapahtuva liike hallitaan käyttämällä rappauksen sisällä verkkoa. Verkon tarkoitus on jakaa pinnan mahdolliset halkeamat koko seinän matkalle ja näin ollen pienentää halkeamaleveyttä. [1, s. 67–69.]

Liikuntasaumät sijoitetaan rakennuksen ja julkisivun liikkeiden mukaisesti. Liikuntasaumä on toteutettava siten, että se on ulkoseinään soveltuva, antaa tarvittavan jouston eikä päästä vettä sisäpuolelle rakenteeseen liikkeensä aikana. Liikuntasaumä toteutetaan yleensä elastisella saumamassalla, paisuvalla saumanauhalla tai rappaukseen tarkoitettulla saumalaitteella. [1, s. 69–71.]

### 3.4 Liittyvät rakenteet ja liitoskohdat

Rakennuksissa rapattuun julkisivuun liittyy paljon muita rakenteita, tarvikkeita, aukkoja ja rakennusmateriaaleja. Näissä kohdissa rappauspinta katkeaa tai liittyy toiseen rakenteeseen. Yleisimpiä liitoksia ovat vesikatto, parvekkeet ja muut seinän ulokkeet, sokkeli, ikkunat ja ovet, muut materiaalit sekä julkisivutarvikkeet. [1, s. 55.]

Liitoskohdat ja tehtävät varaukset hidastavat työtä rakennusvaiheessa aiheuttaen näin ollen kustannuksia.

### 3.5 Eristerapattu julkisivu

Eristerappausta käytetään yleisnimityksenä julkisivurakenteelle, jossa rakenne muodostuu kovan pohjapinnan päälle asennetusta eristekerroksesta ja sen päälle rapaamalla muodostetusta pinnasta. [1, s. 95.]

Asuinkerrostalojen saneerauksen yhteydessä eristerappaus voidaan tehdä joko vanhan ulkokuoren pinnalle, tai vanha ulkokuori ja vanha eriste puretaan ja eristerappauksen eristekerros kiinnitetään vanhaan kantavaan sisäkuoreen. Tässä työssä keskitytään pelkästään puretun ulkokuoren tapaukseen, eikä oteta kantaa julkisivun lisälämmöneristykseen eristerappauksella. [1, s. 99.]

Eristerappaukset jaotellaan rappauksen tyyppin mukaan kahteen pääkategoriaan kolmikerroseristerappauksiin ja ohuteristerappauksiin [1, s. 96 – 97].

Eristerappaukset jaotellaan myös käytettyjen eristelaatujen perusteella. Yleisimmin käytetyt eristeet ovat mineraalivillapohjaisia eristeitä ja solumuovieristeitä. [1, s. 98.]

Eristerappauksella on pohjan suoruudessa huomattavasti enemmän vaatimuksia kuin esimerkiksi levyrappauksella. Eristerappauksessa eriste kiinnitetään kovan pohjan pinnalle eikä näiden väliin saa jäädä ilmarakoja. Tarvittaessa pohja on tasoitettava ennen eristeen kiinnitystä. [1, s. 98–100.]

### 3.5.1 Kolmikerroseristerappaus

Kolmikerroseristerappauksessa käytetään rappaustuotteina kalkkisementtilaasteja. Rappauspinnoitus koostuu kolmesta kerroksesta, jotka ovat pohja-, täyttö- ja pintarappaus. Kolmikerrosrappauksen neliöpaino on luokkaa 50–70 kg/m<sup>2</sup>. [1, s. 96 ja 103.]

Rappausjärjestelmän pohjana on vanha rakennuksen betoninen julkisivun sisäkuori. Sisäkuoreen kiinnitetään mekaanisesti rappauksen kannatuskiinnittimet, jotka kannattelevat vetotangoilla eristettä ja eristeen pintaan tulevaa rappausta. Vetotangot tulevat eristekerroksen läpi yleensä 45 asteen kulmassa ja käytetty eriste kiinnitetään seinään vetotankoon asennettavan kiristyslevyn avulla. Eristeen kiinnityksen jälkeen vetotankoon tulee korotuslevy, jolla käytettävä rappausverkko irrotetaan eristeen pinnasta. Rappausverkko kiinnitetään vetotankoon kiristyslevyllä. Rappausverkkona käytetään sinkittyä, yleensä 1 mm ainevahvuista ja 19 mm silmäkoolla varustettua piste-hitsattua teräsverkkoa. [1, s. 100 – 101.]

**Pohjarappaus** on kerroksista alimmaisena ja sen tarkoituksena on ympäröidä rappausverkko ja luoda rappauspinnalle pohja. Pohjarappauksen

vahvuus on yleensä 8–10 mm ja rappausverkko pyritään jättämään kerroksen puoliväliin.

**Täyttörappauksen** tarkoituksena on tasoittaa pohjan mahdolliset epätasaisuudet ja toimia pintarappauksen pohjana. Täyttörappauksen mahdolliset virheet ja epätasaisuudet välittyvät lopulliseen pintaan. Täyttörappaus on yleisesti paksuudeltaan 8–12 mm ja se voidaan tehdä useammassa kerroksessa.

**Pintarappaus** on uloin kerros, jolla saadaan aikaan lopullinen ulkonäkö. Pintarappaus voidaan tehdä värillisellä jalolaastilla tai rappauksen pinta voidaan maalata.

Kolmikerroseristerappauksessa kulmissa käytetään vahvistuskappaleita, jotka ovat yleensä samaa verkkoa kuin rappausverkkokin. Rappauksen alareunassa käytetään lisäksi rappauksen aloituslistaa, johon rappausverkko kiinnitetään. Aloituslistassa on tuuletusreiät, joista eristeeseen mahdollisesti joutunut vesi johdetaan ulos.

### 3.5.2 Ohuteristerappaus

Ohuteristerappauksessa käytetään sementtilaasteja ja rakenne koostuu kahdesta erillisestä rappausainekerroksesta, pohja- ja pintarappauksesta. Ohutrappauksessa rappauksen neliöpaino jää huomattavasti pienemmäksi kuin kolmikerroseristerappauksessa. Rappauksen paino on luokkaa 15–20 kg/m<sup>2</sup>. Kevyemmästä rakenteesta johtuen rappausta ei tarvitse kiinnittää kovaan alustaan.

Rappauksen pohjana on vanha rakennuksen betoninen julkisivun sisäkuori. Sisäkuoreen kiinnitetään eriste liimaamalla. Eristeen kiinnipysyvyyttä voidaan tarvittaessa parantaa käyttämällä mekaanista kiinnikettä. Mekaaninen kiinnitys on nykyään lähes poikkeuksetta vaadittavaa, sillä eristepaksuudet ovat kasvaneet niin suuriksi, ettei eristekerros enää pysty kiinni pohjapinnassa pelkällä liimauksella.

**Pohjarappaus** on rappauksen ensimmäinen kerros ja sen tarkoituksena on kiinnittää rappaus eristeeseen ja sitoa rappausverkko.

**Pintarappaus** on ulommaisoin kerros, jolla saadaan aikaan rappauksen ulkonäkö.

Ohuteristerappauksessa rappausverkkona käytetään muovipinnoitettua lasikuituverkkoa. Verkkoa ei kiinnitetä mekaanisesti pohjarakenteeseen vaan se painetaan pohjarappaukseen kerrosten välissä. Aukkojen kulmissa ja esimerkiksi ikkunoiden sisäänvedoissa vahvikkeena käytetään samaa muovipinnoitettua lasikuituverkkoa. Kolmikerroseristerappaukseen verrattuna ohuteristerappauksilla on oma järjestelmään kuuluva sokkelin aloituslista, johon on kiinnitetty lasikuituverkko, joka limitetään muun seinän verkon kanssa.

### 3.5.3 Lämmöneristeet

Lämmöneristeinä eristerappauksien alla käytetään mineraalivillaa tai solumuovieristeitä. Kummastakin eristeryhmästä löytyy juuri eristerappauksen pohjaksi kehitettyjä eristeitä. [1, s. 98–99.]

Mineraalivillaksi sanotaan yleisesti kivi- ja lasipohjaisia villoja. Kolmikerroseristerappauksissa voidaan käyttää pehmeämpiä villalaatuja kuin ohuteristerappauksissa, johtuen eristeen mekaanisesta kiinnityksestä runkoon. Ohuteristerappauksissa eriste liimataan pohjarakenteeseen, ja tämän on kannettava koko rappauksen kuorma.

Lamellivilla on mineraalivillapohjainen tuote, joka eroaa normaalista mineraalivillasta sen kuiturakenteen takia. Lamellivillassa kuidut ovat asettuneet villan paksuuden suuntaisesti ja ottavat täten paremmin vastaan mekaanista rasitusta. Lamellivilloja käytetään yleisesti ohuteristerappauksien pohjana. [1, s. 99.]

Solumuovieristeet ovat materiaaliltaan paisutettua polystyreeniä, ja eristerappauksien pohjaksi soveltuvat laadut ovat tulipalossa itsestään sammuvia ja kutistumattomia. Julkisivuissa käytetyt eristelaadut eivät siis saa edistää palon etenemistä eikä eristeelle sallita kutistumista enää julkisivussa. Solumuovisia eristeitä käytetään pääasiassa ohuteristerappauksissa, mutta niitä voidaan käyttää myös kolmikerrosrappauksen pohjana.

## 3.6 Levyrappaus

Levyrappaus on yleisnimitys rakenteelle, jossa rappauksen pohjan muodostaa levy, jonka päälle on rappaamalla muodostettu yhtenäinen pinta. Levyrappauksen suurin ero muihin rappausjärjestelmiin verrattuna on sen tuuletusrako.



Levyrappauksen pohjana on rakennuksen runko, jonka päälle on asennettu kantava rankajärjestelmä, tarvittava eristekerros ja tuulensuoja. Tuulensuojan päällä on tapauksesta riippuen vähintään pystyrimoitus tuulensuojarakona ja tarvittaessa vaakarimoitus. Käytetyt materiaalit tähän pisteeseen asti voivat vaihdella puurangasta alumiini- tai metallirankaan ja eristemateriaali mineraalivillasta solumuoviin ja uretaaniin. Levyrappauksen pohjana on kuitusementtilevy, jonka päälle rappaus on tehty. [4, s. 1-8.]

### 3.6.1 *Levyrakenne*

Levynä käytetään julkisivuihin tarkoitettua kuituvahvistettua sementtilevyä. Yleensä rappausaineiden toimittajalla on osoittaa kuhunkin järjestelmään soveltuva tuotemerkki. Levyt asennetaan toisiinsa nähden puskusaumoin ja kiinnitetään pohjarakenteeseen toimittajan määräämin kiinnikkein riittävän tiuhaan. Aukkojen ylityksissä levyrakenteen pystysauma ei saa jäädä aukon pielen sauman kanssa samaan tasoon, vaan levy on aina vietävä vähintään 100 mm sivuun. [4, s. 3–4.]

### 3.6.2 *Rappaus*

Levyn päälle tehtävä rappaus ei suuresti eroa ohuteristerappauksen päälle tehtävästä ohutrappauksesta. Käytettävät laastit ja materiaalit ovat aina lähes samoja ja rakenteen vahvikkeena käytetään muovipinnoitettua lasikuituverkkoa. [4, s. 7.]

## 4 KUSTANNUSLASKENNAN TEORIA

Rakentamisessa kustannuslaskenta pohjautuu mitattaviin työmääriin, joiden yhteenlaskettu summa muodostaa työn kokonaiskustannuksen. Kustannuslaskenta voi olla ennakoivaa laskentaa, jossa piirustusten ja suunnitelmien pohjalta lasketaan tulevalle rakenteelle kustannuksia, tai se voi olla jälkilaskentaa, jossa jo valmistuneelle rakenteelle lasketaan kustannuksia toteutuneiden kulujen mukaan.

### 4.1 **Ennakoiva kustannuslaskenta**

Ennakoivassa kustannuslaskennassa lasketaan kustannuksia tulevalle hankkeelle. Kustannuslaskennan pohjana on määrälaskenta, jolla selvitetään tulevan hankkeen suunniteltuja määriä rakennusosittain ja työkokonai-

suuksin. Määrälaskennan jälkeen kustannuslaskennassa pyritään hinnoitteluun nämä lasketut määrät mahdollisimman tarkasti ja todenmukaisesti.

#### 4.1.1 Määrälaskenta

Määrälaskennalla tarkoitetaan asiakirjojen tiedon ja sisällön muuttamista hanketta kuvaavaksi määrätiedoksi. Lasketuista määristä laaditaan määräluettelo, joka voi pohjautua yrityksen omaan litterointijärjestelmään, tai esimerkiksi yleisesti käytössä olevaan Talo 80-nimikkeistöön. [5, s. 40 – 41.]

#### 4.1.2 Määrien hinnoittelu

Laskettaessa työmaalla työvaiheiden kustannuksia toimivin ratkaisu on käyttää suoritepohjaista kustannuslaskentaa. Suoritepohjaisessa kustannuslaskennassa hinnoittelun perusteena on määräluettelosta saatava määrätieto, joka hinnoitellaan panoslajien kautta. Yleisesti käytetyt panoslajit ovat työpanos, materiaalipanos, aliurakkapanos, kalustopanosa ja muut panos. [5, s. 59.]

#### 4.1.3 Työkustannukset

Työkustannuksiin lasketaan kaikki välittömät ja välilliset kustannukset, jotka syntyvät työntekijälle maksettavasta palkasta. Palkka voi muodostua tunti-työnä tehdystä työstä tai urakkatyöstä. Välillisiä kustannuksia ovat sosiaalikulut. Vuonna 2010 käytettävä sosiaalikuluprosentti on n. 70. [5, s. 59.]

Työkustannuksien määrän muodostuminen määrälaskennasta tapahtuu käyttämällä valistunutta arviota, yrityksessä olevaa tietoutta tietyn työn tekemisen kestosta tai käyttämällä RATU-tietokorttien työmenekkitietoja.

Saadut työmenekit hinnoitellaan yrityksen saatavilla olevien työryhmien palkkakulujen mukaisesti.

#### 4.1.4 Materiaalikustannukset

Materiaalipanokseen kuuluu kaikki ne aineet ja tarvikkeet, jotka tarvitaan työn valmiiksi saattamiseksi. Tarvittava materiaalmäärä muodostuu laskennallisesta määrästä ja hukkaprosentista. Tarvittava materiaalmäärä hinnoitellaan toimittajien hinnastojen mukaisesti. [5, s. 60.]

## 4.2 Jälkilaskenta

Jälkilaskenta on rakennusalan yrityksessä erittäin tärkeä toimi, jolla pystytään selvittämään oman organisaation kyky tuottaa tiettyä rakennetyyppiä tai rakennusosaa tiettyyn kustannustasoon. Näistä tiedoista pyritään selvittämään tiettyjen rakenteiden yksikköhintoja, joita voidaan sittemmin käyttää hyödyksi määriteltäessä hintatasoa tuleviin hankkeisiin. Toimiva jälkilaskenta vaatii yritykseltä toimivan litterointijärjestelmän ja asiaan perehtyneen henkilökunnan. [5, s. 191–195.]

Hankkeesta luotuihin jälkilaskentatietoihin on suhtauduttava varauksella, koska tiedossa ei välttämättä ole kohteen erityispiirteitä, kohteessa tapahtuneita virrehankintoja, materiaalien rikkoutumisia, ylimääräisiä töitä tai litterointivirheitä. Hyvin tuotettua jälkilaskentatietoa voidaan kuitenkin käyttää hinnoiteltaessa uusia hankkeita. [5, s. 191.]

## 5 TUTKIMUSTULOKSET

Opinnäytetyön tutkimustuloksina muodostui laskennassa käytettävä kerrostalomalli ja neljä rakenneratkaisua. Rakenneratkaisujen pohjalta laskettiin kunkin rakenteen vertailukelpoiset kustannukset toisiinsa nähden. Rakenneratkaisuista on esitetty malliaikataulut ja verrattu näiden aiheuttamia kustannuksia.

Kohdassa 5.5 verrataan eri pohjaolosuhteiden ja työmenetelmien vaikutusta kustannuksiin.

### 5.1 Kerrostalomalli

Opinnäytetyön pohjaksi luotiin asuinkerrostalon malli, joka kuvastaa 1960- ja 1970-lukujen rakennuskantaa. Malli on tarkoituksen mukaisesti yksinkertaistettu, ja mallin mitat on tarkoituksen mukaisesti valittu säännönmukaiseksi mallin muokattavuuden takia.

Mallikerrostalon runko on ns. kirjahyllyrunko, eli rungon kantavat osat ovat talon poikki kulkevat väliseinät ja päätyseinät. Mallitalossa kantavia seinäelementtejä ovat väliseinäelementit ja sandwich-elementit talon päädyissä. Välipohjat ovat paikallaan valettuja ja pitkillä seinillä on itsensä kantavat sandwich-elementit.

Rakennus koostuu porraskäytävä moduuleista, jotka ovat kooltaan n. 10 m x 18 m. Moduuleja voidaan pinota päällekkäin ja vierekkäin talon koon kasvatamiseksi. Ensimmäinen kerros on varattu teknisille tiloille.

Päädyn kantavien elementtien rakenne on 150 mm kantava betoninen sisäkuori, 90 mm mineraalivilla ja 60 mm ansailla kannatettu betoninen ulko-kuori. Pitkien julkisivujen elementit ovat muuten samoilla mitoilla, paitsi sisäkuorena on 80 mm itsensä kantava betoni. Parvekkeiden taustaseinät on oletettu puurunkoisiksi kevytelementeiksi.

Katon rakenteeksi on valittu kevytsora-eristetty bitumipinnoitettu katto. Laskennan helpottamiseksi räystäsrakenteeksi on valittu räystäälle muuratut kevytbetoniharkot.

Mallissa on porrasmoduulia kohden valittu vain 2 parvekelinjaa, 1960- ja 1970-luvuilla vallinneiden ARA-sääntöjen mukaisesti.

Ikkunat on mallin yksinkertaistamiseksi valittu samankokoisiksi, eli 1,8 m x 1,4 m. Ikkunoiden koko julkisivupintaan on valittu siten, etteivät ne vaikuttaisi RATU-menekkeihin.

Opinnäytetyön kustannustenlaskennassa käytettiin kerrostalomallia, jossa on peräkkäin asennettu kolme porraskäytävä-moduulia ja kussakin moduulissa on kolme asuinkerrosta. Mallikerrostalon pohjakuva ja julkisivukuvat mittoineen on esitetty liitteessä 1.

## 5.2 Rakennerratkaisut

Opinnäytetyön vertailtaviksi rakennerratkaisuiksi valikoitui neljä rakennerratkaisua, joista kaksi on eristerapattua seinärakennetta ja kaksi on levyrapattua rakennerratkaisua. Rappauksen materiaaliperheinä käytettiin MAXIT Oy:n rappaustuotteita.

Rakennemallien lähtökohtana on, että vanhan julkisivun ulkokuori sekä eriste on purettu ja elementtien ansaat poistettu. Kaikkien rakennerratkaisujen lopputuloksena on yhtenäinen rapattu julkisivupinta, jotka eivät silmämääräisesti tarkasteltaessa eroa toisistaan.

Kaikki rakennerratkaisut on valittu siten, että ulkopinnan asema sisäkuoreen nähden on lähes samalla tasolla. Tällä valinnalla on pyritty siihen, ettei ra-

kenteen alareunasta, räystästä ja ikkuna- ja oviaukkojen pielistä tarvitse tehdä toisistaan poikkeavia. Varsinkin räystäsrakenteen muuttaminen toisistaan poiketen rakenneratkaisujen välillä muuttaa kustannuksia ja vääristää vertailua. Uusien julkisivupintojen asema poikkeaa vanhasta pinnasta n. 30 mm.

Eristerapatut rakenteet on valittu käyttämällä 150 mm paksua eristettä ja levyrapatuissa rakenteissa on käytetty 125 mm paksua runkorakennetta ja 20 mm paksua tuuletusrakoa

#### *5.2.1 Vaihtoehto 1, eristerappaus, villa + 3-kerrosrappaus*

Ensimmäinen eristerapatuista rakenneratkaisuista on toteutettu perinteisellä kolmikerrosrappauksella mineraalivillan päälle. Tuotenimikkeenä ja lähdemateriaalina on käytetty MAXIT Oy:n SerpoRoc-eristerappausta.

Rakennemalli koostuu 180 mm paksusta mineraalivillaeristekerroksesta, joka asennetaan rappaamalla oikaistun sisäkuoren päälle. Eristekerros ja rappauksen teräsverkko kannatetaan sisäkuoreen asennetuilla vetotangoilla. Vetotangon kiinnitys sisäkuoreen tapahtuu nylon-lyöntitulpalla, jonka poraussyvyys on 55 mm.

#### *5.2.2 Vaihtoehto 2, eristerapattu julkisivu, EPS + ohutrappaus*

Toinen eristerapattu rakenneratkaisu on toteutettu ohutrappauksella EPS-solumuovieristeen päälle. Tuotenimikkeenä ja lähdemateriaalina on käytetty MAXIT Oy:n SerpoTherm-eristerappausta.

Rakennemalli koostuu 180 mm paksusta EPS-solumuovieristekerroksesta, joka on asennettu rappaamalla oikaistun sisäkuoren päälle liimaamalla. Eristeen kiinnitys alustaan on varmistettu mekaanisilla kiinnikkeillä eristepaksuuden vaatimassa määrin. Pintana rakennemallissa on ohutrappaus muovipinnoitetulla lasikuituverkolla vahvistettuna.

#### *5.2.3 Vaihtoehto 3, levyrappaus, puurunko vaakaan asennettuna*

Ensimmäinen levyrapattu rakenneratkaisu on toteutettu puurunkoisena. Puurunko asennetaan vaakatasoon sisäkuoresta irrotettuna kulmarautojen varaan 600 mm jaolla. Puurungon tausta ja välit eristetään pehmeällä mineraalivillalla ja tuulensuojana käytetään kivipohjaista 4,5 mm paksua tuulensuoja-

levyä. Tuuletusrako toteutetaan 20 mm paksuisena pystyyn asennetuilla puurimoilla.

Tuuletusraon ulkopuolinen ratkaisu on toteutettu käyttäen tuotenimikkeenä ja lähdemateriaalina MAXIT Oy:n SerpoVent-levyrappausta. Levyrappausten pohjana on 10 mm paksu kivipohjainen julkisivulevy, jonka päälle pinta on tehty ohutrappausmenetelmin muovipinnoitetulla lasikuituverkolla vahvistettuna.

#### 5.2.4 *Vaihtoehto 4, levyrappaus, metallirunko pystyyn asennettuna*

Toinen levyrapattu rakenneratkaisu on toteutettu teräsrunkoisena. Runkorakenteena toimii täyskerroskorkeinen lämpörankaprofiili, joka asennetaan sisäkuoreen mekaanisesti kiinnittämällä kulmarauodoilla välipohjien kohdalta. Teräsranka on korkeudeltaan 125 mm. Rankojen taustat sekä välit eristään pehmeällä mineraalivillalla, jonka päälle asennetaan tuulensuojavilla ja tuulensuojavillan saumat teipataan. Tuuletusrakona toimii 20 mm korkea vaakaan asennettu rei'itetty hattuprofiili.

Tuuletusraon ulkopuolinen rakenne on vastaavanlainen kuin edellisessä rakenteessa.

#### 5.2.5 *Elementtirappaus*

Elementtirappaus rakenneratkaisuna karsiutui pois, sillä markkinoilla ei ole vielä olemassa tuotetta, jolla voitaisiin toteuttaa itsestään kantava ulkokuori, ja jonka päälle voitaisiin rappaamalla toteuttaa yhtenäinen pinta. Ratkaisu ei myöskään ole vertailukelpoinen julkisivupinnan sijainnin ulospäin siirtymisen takia.

### 5.3 **Kustannusten laskeminen**

Opinnäytetyötä varten kehitetyn kerrostalomallin mukaan laskettujen määrien perusteella saatiin laskettua kunkin rakenneratkaisun kustannukset.

Kustannukset on jaettu kustannuslajien mukaisesti työ- ja materiaalikustannuksiin sekä muihin kuluihin. Lisäksi laskennassa on jaoteltu kustannukset työkokonaisuuksien mukaisesti pohja- ja esitöihin, runkorakenteeseen (levyrappaus), eristeen ja verkon asennukseen (eristerappaus), rappaukseen, avustaviin töihin ja rahteihin.

Kaikki laskennassa käytetyt hinnat ovat arvonlisäverottomia.

### 5.3.1 Kustannuslajit

Työkustannukset on laskettu RATU:n mukaisista työmenekistä käyttämällä T4-kokonaistyöaikoja. Kunkin työsuorituksen hinnoittelussa on käytetty alalla vallitsevia tuntipalkkoja. Tuntipalkat on kerrottu kertoimella 1,25, jolloin on saatu urakatyön keskituntiansio. Yleiskustannuslisänä on käytetty kerrointa 1,7. Käytetyt tunti hinnat on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1, Työkustannukset

	tuntipalkka	keskituntiansio	hinta
Apumies	10,00	12,50	21,25
Rappaja	16,00	20,00	34,00
Rakennusmies	15,00	18,75	31,88

Materiaalikustannuksina laskennassa on käytetty valmistajien ilmoittamia hintoja. Lisäksi materiaalimenekit on kerrottu valmistajien ilmoittamilla tai RT- ja RATU-korteista poimituilla hukkaprosenteilla.

Muita kuluja laskennassa ovat pääasiassa rahdeista muodostuvat kulut. Rahtien hinnat on laskettu valmistajien ilmoittamista rahtihinnoista määrien mukaisesti.

### 5.3.2 Työkokonaisuudet

Työkokonaisuuksien jaottelussa on pyritty kokoamaan yhteen samojen työryhmien tekemiä työkokonaisuuksia, jotka todellisuudessa tulitisiin hinnoittelemaan yhtenäisinä urakoina. Lisäksi kokonaisuuksilla pyritään keräämään kasaan kustannuskokonaisuuksia, joiden vertailu helpottaa selvittämään eri rakenneratkaisujen kustannuseroja.

**Pohjatöiden** kustannusryhmään on kerätty kustannukset, jotka käsittävät kaikki betonipohjalle tehtävät työvaiheet ja materiaalikulut ennen varsinaisen runko- ja eristystyön aloitusta. Pohjatöiden menekit ja materiaalikulut vaihtelevat päälle tulevan rakenteen mukaisesti.

**Runkorakenteen** kustannusryhmän on kerätty kaikki kustannukset, jotka muodostuvat levyrapatussa julkisivussa, pohjatöiden ja varsinaisen rappauksen väliin.

**Eristeen ja verkon asennuksen** kustannusryhmään on kerätty kaikki kustannukset, jotka syntyvät eristerapatun julkisivun tapauksessa pohjatöiden ja rappauksen väliin. Kustannusryhmään on kohdistettu myös lähtölistojen ja vahvikeprofiilien kulut.

**Rappauksen** kustannusryhmään on kerätty kaikki kustannukset, jotka syntyvät varsinaisesta rappauustyöstä. Eristerapatuissa julkisivuissa tässä kustannusryhmässä on myös verkon asennus, joka tapahtuu itse rappauustyön aikana. Levyrapatuissa julkisivuissa rappauksen ryhmään on kerätty myös kaikki kulut tarvittavista lähtö- ja tuuletusprofiileista.

**Avustavien työvaiheiden** kustannusryhmään on kerätty kaikki kustannukset, jotka avustavat muiden työvaiheiden toteutusta. Näihin kuuluu muun muassa siivoustyö ja materiaalsiirrot.

**Rahतिकustannukset** on tarkoituksenmukaisesti eroteltu erilliseksi kustannuskokonaisuudeksi johtuen eri rakenneratkaisujen vaatimista materiaalityöistä ja materiaalien määrästä.

### 5.3.3 Kustannukset

Kustannuslaskennan tuloksena syntyy kokonaiskustannus kullekin rakenneratkaisulle. Kustannukset on laskettu siten, että ne ovat vertailukelpoisia toisiinsa nähden. Rakenneratkaisujen kustannukset kustannuslajeittain on esitetty taulukossa 2. Kustannuslaskennat ja kustannusten tarkempi jakaminen työkokonaisuuksiin on esitetty liitteessä 2.



Taulukko 2, Kustannusten jakautuminen kustannuslajeittain

	€	€/m <sup>2</sup>	%
<b>Vaihtoehto 1, eristerappaus, villa + 3-kerrosrappaus</b>			
työ	45 314,62	57,07	62,3
materiaali	25 920,98	32,65	35,6
muut kulut	1 486,00	1,87	2,0
yhteensä	72 721,60	<b>91,59</b>	100,0
<b>Vaihtoehto 2, eristerappaus, EPS + ohutrappaus</b>			
työ	35 587,54	44,82	51,5
materiaali	32 457,63	40,88	46,9
muut kulut	1 124,00	1,42	1,6
yhteensä	69 169,17	<b>87,11</b>	100,0
<b>Vaihtoehto 3, levyrappaus, puurunko</b>			
työ	40 349,49	50,82	43,3
materiaali	51 741,29	65,17	55,5
muut kulut	1 198,50	1,51	1,3
yhteensä	93 289,28	<b>117,49</b>	100,0
<b>Vaihtoehto 4, levyrappaus, metallirunko</b>			
työ	45 516,42	57,33	41,0
materiaali	63 574,52	80,07	57,2
muut kulut	2 039,75	2,57	1,8
yhteensä	111 130,69	<b>139,96</b>	100,0

#### 5.4 Aikataulutus

Jokaisesta rakenneratkaisusta on luotu oma aikataulunsa, joiden runko pohjautuu tahdistaviin tekijöihin. Mallikerrostalo on jaettu neljään työskentelylohkoon, joita ovat päädyt omina lohkoina ja pitkät sivut omina lohkoina. Eristerapattujen rakenneratkaisujen lohkojako alkaa toisesta päädyistä ja kiertää parvekeseinän kautta. Levyrapattujen rakenneratkaisujen lohkojako alkaa sisäänkäyntiseinästä. Aikataulut on esitetty liitteissä 3–6.

#### 5.5 Vertailu

Kustannuslaskenta on opinnäytetyössä suoritettu käyttäen esimerkkikohtetta ja tämän määrälaskentaa. Todellisessa kohteessa kustannusten vaihtelua tapahtuu kohteen sijainnin, vuodenajan, saatavilla olevien resurssien, käytössä olevan nosto- ja telinekaluston, suhdannetilanteen ja määrien muuttuessa.

Tässä vertailussa on esitetty näkemyksiä ja laskelmia eri pohjarakenteiden ja työmaalla vallitsevien olosuhteiden vaikutuksesta rakenneratkaisujen väliin hinnoitteluun ja käyttökelpoisuuteen.

### 5.5.1 Työvoiman vaikutus

Kaikissa neljässä valitussa rakenneratkaisussa työn ja materiaalien kustannukset ja niiden suhde vaihtelevat suuresti. Rakenneratkaisujen työkustannusten sisällä vaihtelua on myös ammattiryhmien tekemän työn määrässä. Rakenneratkaisujen vaatimat työmäärät ammattiryhmittäin on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3, Rakenneratkaisujen vaatimat työtunnit ammattiryhmittäin

		Vaihtoehto 1		Vaihtoehto 2		Vaihtoehto 3		Vaihtoehto 4	
		[h]	[%]	[h]	[%]	[h]	[%]	[h]	[%]
<b>Yhteensä</b>		<b>1443</b>		<b>1096</b>		<b>1340</b>		<b>1502</b>	
	Rappaja	1148	79,6	962	87,8	396	29,6	396	26,4
	Rakennusammattimies	0	0,0	0	0,0	644	48,1	806	53,7
	Rakennusapumies	295	20,4	134	12,2	300	22,4	300	20,0

Yleisesti ottaen kaikkia rakenneratkaisujen vaatimia työtehtäviä tehdään työryhmittäin, joihin kuuluu ammatti- ja aputyömiehiä. Ryhmien koko ja määrä vaihtelevat kohteessa tehtävien työmäärien mukaisesti, mutta ryhmän sisäinen jako pysyy lähes samana. RATU-kortistosta poimitun tiedon mukaisesti hyvä ryhmän sisäinen suhde on kaksi ammattimiestä yhtä apumiestä kohden.

Rakenneratkaisujen valinnan pohjana on myös tarvittavien työryhmien saatavuus, joten tämä pitää olla yhtenä valintakriteerinä. Eristerapatuissa rakenneratkaisuihin sama rappausalan ammattilaisista koostuva ryhmä tekee koko rakenteen pohjatöistä pintatöihin asti. Levyrapatuissa rakenneratkaisuihin rungon työmäärä suhteessa rappauksen työmäärään nousee merkittäväksi tekijäksi ja vaikuttaa rakenneratkaisujen valintaan.

### 5.5.2 Pohjarakenteen vaikutus

Olemassa olevalla pohjarakenteella on suuri vaikutus eri rakenneratkaisujen käyttökelpoisuuteen ja niiden hinnoitteluun.

Eristerapatuissa rakenneratkaisuihin on laskennassa lähdetty siitä oletuksesta, että pohja on purkutyön jäljeltä suhteellisen suora ja se ei vaadi

järeitä piikkaus- ja tasoitustöitä. Laskennassa on laskettu kummallekin ratkaisulle piikkaustyötä noin 40 tuntia ja sisäpinnan oikaisua noin 15 mm kauttaaltaan. Pohjarakenteiden piikkauksen ja pohjantasoituksen lisäämisen vaikutukset rakenneratkaisujen vertailukelpoisiin neliöhintoihin on esitetty taulukoissa 4 ja 5.

*Taulukko 4, Pohjan piikkauksen lisääntymisen vaikutus rakenneratkaisun neliöhintaan.*

	Vaihtoehto 1		Vaihtoehto 2	
	€/m <sup>2</sup>	%	€/m <sup>2</sup>	%
piikkaus +50 %	0,53	0,6	0,53	0,6
piikkaus +100 %	1,06	1,2	1,06	1,2
piikkaus +150 %	1,59	1,7	1,59	1,8
piikkaus +200 %	2,12	2,3	2,12	2,4

*Taulukko 5, Pohjan tasoituksen lisääntymisen vaikutus rakenneratkaisun neliöhintaan.*

	Vaihtoehto 1		Vaihtoehto 2	
	€/m <sup>2</sup>	%	€/m <sup>2</sup>	%
tasoitus +5mm	3,67	4,0	3,67	4,2
tasoitus +10mm	7,35	8,0	7,35	8,4
tasoitus +15mm	11,03	12,0	11,03	12,7
tasoitus +20mm	14,70	16,0	14,70	16,9

Levyrapatuissa rakenneratkaisuissa ei laskennassa ole otettu huomioon pohjan epätasaisuutta rappauksena tehtävällä tasoituksella vaan pohjan epätasaisuudet hoidetaan käyttäen pehmeää tasausvillaan.

Yksi ongelmia tuottava kohta on sisäkuoren paksuus, joka rajoittaa eri rakenneratkaisujen käyttöä. Taulukossa 6 on esitetty rakenneratkaisujen mukaisten järjestelmien kiinnikkeiden minimiporaussyvydet, jotka määrittelevät järjestelmän käyttöä eri paksuisissa sisäkuorirakenteissa.

*Taulukko 6, Järjestelmän kiinnikkeiden minimi vaatimukset*

	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	Vaihtoehto 4
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
min. asennussyvyys	50	25	40	ei vaikutusta
min. poraussyvyys	55	35	50	ei vaikutusta

Vaihtoehto 4 on ajateltu toteutettavaksi siten, etteivät sen kiinnityskohdat satu seinärakenteessa sisäkuoren kohtaan, vaan välipohjien kohdalle, jolloin sillä ei ole minipaksuusvaatimuksia.

### 5.5.3 Kohteen maastomuotojen vaikutus

Kohteessa vallitsevat maastonmuodot vaikuttavat rakenneratkaisujen valintaan teline- ja nostokaluston kautta. Lisäksi muuttuvia tekijöitä ovat kohteessa tapahtuva varastointi ja materiaalin siirrot. Ahtaissa ja maastonmuodoiltaan haastavissa kohteissa materiaalsiirtojen vaikutus korostuu ja alkaa vaikuttaa rakenneratkaisujen hinnoitteluun.

Työssä tehtyjen laskelmien pohjalla on ollut olettaus, että kohde on maastomuodoiltaan normaali ja materiaalien varastointi, nostot ja kuljetukset eivät vaikuta hintojen muodostumiseen.

### 5.5.4 Telinekaluston vaikutus

Käytetty telinekalusto tai vaihtoehtoisesti käytetty henkilönostinkalusto vaikuttaa suuresti eri rakenneratkaisujen hinnoitteluun. Mallilaskelmissa on lähdetty olettamuksesta, että kaikki työt tehdään telineeltä, jotka on pystytetty rakennuksen ympärille. Telineitä käytetään kohteessa myös muihin töihin, kuin julkisivun rakennustyöhön.

Telinekaluston määrätiedot ja vaikutus rakenneratkaisujen neliöhintoihin on esitetty taulukossa 7. Taulukon pohjatietoina ovat kohdassa 5.4 esitetyt rakenneratkaisujen aikataulutukset. Telineen kustannukset on laskettu ilman pystytys-, purku- ja peitekuluja.

Taulukko 7, Telinekaluston määrätiedot ja vaikutus rakenneratkaisujen neliöhintoihin.

	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	Vaihtoehto 4
<b>Telinepinta-ala lohkoittain [m<sup>2</sup>]</b>				
<b>Yhteensä</b>	<b>1251</b>			
Pääty 1	123			
Pääty 2	123			
Parvekeseinä	366			
Sisäänkäyntiseinä	639			
<b>Telineen seisotusaika lohkoittain [vrk]</b>				
<b>Yhteensä</b>	<b>81</b>	<b>70</b>	<b>120</b>	<b>115</b>
Pääty 1	10	8	28	24
Pääty 2	10	10	21	15
Parvekeseinä	24	20	31	28
Sisäänkäyntiseinä	37	32	40	48
<b>Telineen seisotusaika lohkoittain [vrkm<sup>2</sup>]</b>				
<b>Yhteensä</b>	<b>34 887</b>	<b>29 982</b>	<b>42 933</b>	<b>45 717</b>
Pääty 1	1 230	984	3 444	2 952
Pääty 2	1 230	1 230	2 583	1 845
Parvekeseinä	8 784	7 320	11 346	10 248
Sisäänkäyntiseinä	23 643	20 448	25 560	30 672
<b>Telineen kustannukset [€] (0,08 €/m<sup>2</sup>)</b>				
<b>Yhteensä</b>	<b>2 790,96</b>	<b>2 398,56</b>	<b>3 434,64</b>	<b>3 657,36</b>
Pääty 1	98,40	78,72	275,52	236,16
Pääty 2	98,40	98,40	206,64	147,60
Parvekeseinä	702,72	585,60	907,68	819,84
Sisäänkäyntiseinä	1 891,44	1 635,84	2 044,80	2 453,76
<b>Telinekustannuksen vaikutus rakenneratkaisun neliöhintaan [€/m<sup>2</sup>]</b>				
<b>Yhteensä</b>	<b>3,52</b>	<b>3,02</b>	<b>4,33</b>	<b>4,61</b>

Taulukossa esitetyt hinnat ei ole sisällytetty rakenneratkaisujen neliöhintoihin.

#### 5.5.5 Talvityön vaikutus

Talvityö vaikuttaa rakenneratkaisujen kustannuksiin suoraan lämpötilan alenemisella ja välillisesti lumen haittaavana vaikutuksena ja lisääntyneillä apu-työtunneilla.

Jokainen rakenneratkaisu vaatii talvella toteutettaessa telineet ja lämpötilan laskiessa lämmityksen telineiden sisälle. Lämmityksen tarpeellisuus eri työvaiheiden aikana kuitenkin eroaa rakenneratkaisujen välillä. Tehtäessä eris-

terappaustöitä, joissa pohjan oikaisutyöt ja kaikki pintatyöt eristeen asennuksen jälkeen ovat niin sanottuja märkätöitä, joudutaan telineillä olevan lämpötila pitämään koko ajan nollan yläpuolella. Levyrapatuissa rakenneratkaisuissa voidaan lämpötiloja säätää laajemmin ja päästää lämpötila telineen sisällä putoamaan eristystyön jälkeen. Levyrapatuissa rakenteissa voidaan myös pintarappaus siirtää edullisempaan vuodenaikaan ja tehdä esimerkiksi telineiden purun jälkeen nostimilta.

Lämmityksestä aiheutuneiden kustannusten arviointi on hyvin vaikeaa siihen vaikuttavien monien muuttujien takia, ja näin ollen sen hinnoittelun on tapahduttava kohdekohtaisesti.

Lumesta aiheutuvat aputyötunnit koostuvat työmaalla tehtävästä lumenluonnista ja materiaalien hidastuneesta siirrosta. Aputöiden vaikutus on vaikea hinnoitella suoraan rappaustyölle, sillä työmaalla tehdään todennäköisesti muutakin työtä.

#### *5.5.6 Kohteen sijainnin vaikutus*

Kohteen sijainti vaikuttaa rakenneratkaisujen hinnoitteluun työvoiman saannin ja niistä kertyvien yleiskustannusten kautta. Lisäksi alueellisesti on saatavilla eritasoista työvoimaa eri työvaiheiden vaatimiin tehtäviin.

Kohteen sijainti vaikuttaa myös materiaalien hinnoitteluun niiden rahtikustannusten kautta.

#### *5.5.7 Suhdanteen vaikutus*

Rakentamisen suhdannetilanne vaikuttaa rakennusmateriaalien ja työvoiman saatavuuteen sekä hinnoitteluun. Jos työ tai sen osa joudutaan tekemään alihankintana, vaikuttavat saatavilla olevat työryhmät rakenneratkaisujen valinnassa. Korkeasuhdanteessa joudutaan tietyt työryhmät varaamaan kohteeseen aikaisemmin ja työn hinta todennäköisesti nousee.

#### *5.5.8 Ikkunoiden vaikutus*

Ikkunoiden määrä, muoto, kiinnitys ja sijainti vaikuttavat rakenneratkaisujen hinnoittelussa, materiaalimenekeissä, materiaalien hukkaprosentissa ja työn aikatauluttamisessa.

Esimerkkikohteessa oletuksena oli, että kaikki ikkunat ovat samankokoisia ja sijoittuvat seinärakenteeseen tasaisin välein. Lisäksi kaikki ikkunat olivat suhteellisen suurikokoisia. Muutettaessa ikkunapinta-alan määrää, muuttamatta ikkunoiden pielen yhteenlaskettua määrää, muuttuu rakenneratkaisun kokonaiskustannus suoraan verraten rakenneratkaisun neliöhintaan. Muutettaessa ikkunoiden pielen yhteenlaskettua määrää, eli ikkunoiden määrä kasvaa ja koko pienenee, mutta pidettäessä ikkunoiden pinta-ala samana, muuttuvat rakenneratkaisujen kustannukset taulukon 8 mukaisesti.

*Taulukko 8, Ikkunan pielen määrän muuttumisen vaikutus julkisivun neliöhintaan.*

	Vaihtoehto 1		Vaihtoehto 2		Vaihtoehto 3		Vaihtoehto 4	
	€/m <sup>2</sup>	%	€/m <sup>2</sup>	%	€/m <sup>2</sup>	%	€/m <sup>2</sup>	%
muuttuu 5 %	0,26	0,3	0,28	0,3	0,27	0,2	0,30	0,2
muuttuu 10 %	0,52	0,6	0,56	0,6	0,54	0,5	0,60	0,4
muuttuu 15 %	0,78	0,9	0,83	1,0	0,80	0,7	0,90	0,6
muuttuu 20 %	1,05	1,1	1,11	1,3	1,07	0,9	1,20	0,9
muuttuu 25 %	1,31	1,4	1,39	1,6	1,34	1,1	1,50	1,1

Sandwich-elementeillä vuoratussa talossa ikkunat on kiinnitetty elementteihin. Käytettyjä rakenneratkaisuja on koko aukon kiertävät apukarmit, puiset kiinnityskohdat sisäkuoressa tai puiset kiinnityskohdat kuorikerrosten välissä. Näistä ratkaisuista ainoastaan sisäkuoreen kiinnitetyt ikkunat pysyvät paikoillaan eivätkä tarvitse lisätukemista julkisivupurun jälkeen. Tämän työn kustannuslaskennassa on lähdetty siitä, ettei ikkunoiden kiinnittämistä tarvita.

Usein kuitenkin ikkunat on kiinnitetty vanhaan rakenteeseen siten, että ne joudutaan kiinnittämään uudestaan paikallisesti tai rakentamaan uudet apukarmit. Usein myös vanhat ikkunat halutaan siirtää rakenteessa ulospäin erisiteen kohdalle tai kohteessa uusitaan ikkunat kokonaan leveämmällä karmileveydellä. Tällöin uusien apukarmien rakentaminen on välttämätöntä. Levyrapatuissa rakenneratkaisuissa tämä on huomioitu runkorakenteessa eikä rakentamisessa synny ylimääräisiä kustannuksia. Eristerapatuissa rakenneratkaisuissa pitää ikkunoiden ympärille rakentaa erilliset puiset apukarmit. Apukarmien rakentamisen kustannukset ja vaikutus rakenneratkaisun neliöhintaan on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9, Apukarmin metrihinta, neliöhinta ja vaikutus neliöhintaan.

	€/m	€/m <sup>2</sup>	%
vaihtoehto 1	14,14	8,19	8,9
vaihtoehto 2	14,14	8,19	9,4

### 5.5.9 Räystäsrakenteen vaikutus

Opinnäytetyössä käytetyn kerrostalomallin kattorakenteena on kevytsoralla eristetty bitumihuopapintainen tasakattorakenne, joka kaataa talon keskelle päin sisäpuoliseen vedenpoistoon. Tämä kattorakenne on hyvin yleinen 1960- ja 1970-lukujen asuinrakennustuotannossa. Katon kokonaispaksuus on yleisesti 350 – 500mm, jos rakenteelle ei ole tehty lisälämmöneristyskorjausta.

Katon eristeenä toimiva kevytsora on irtonaisessa muodossa ja se on padottu pysymään katolla räystäsrakenteiden avulla. Yleisimmin käytetyt räystään padotuskeinot ovat ylimmän julkisivuelementin ulkokuoren jatkaminen räystäälle asti, räystään tukeminen ulkokuorinauhaelementillä tukipukeilla yläpohjasta ja kevytbetoniharkoista muurattu tukimuuri sisäkuorilinjalle. Näistä rakenteista kevytbetonimuuri tuottaa purun ja rakennustyön yhteydessä vähiten kustannuksia ja vaatii vähiten ylimääräistä työtä kevytsoran työnäisessä tukemisessä.

Kerrostalomallissa lähdettiin oletuksesta, että rakenteena oli käytetty kevytbetonista tukimuuria. Tällöin kaikki valitut rakenneratkaisut pystyttiin tekemään ilman ylimääräistä tuentaa räystäällä. Jos räystäsrakenteena olisi ollut irtonainen kevytsora, olisi julkisivun purun yhteydessä kaikkiin rakenneratkaisuihin pitänyt rakentaa räystäälle tukiseinä pitämään kevytsoran paikoillaan. Lisäksi valmiisiin rakenteisiin olisi pitänyt rakentaa tuki pitämään kevytsora paikoillaan myös julkisivun asennuksen jälkeen.

Levyrapatuissa rakenneratkaisuissa tarvittava runko on jo olemassa, joten toimivaksi ratkaisuksi olisi riittänyt jäykän puulevyn asentaminen rungon ja kevytsoran välille. Eristerapatuissa rakenteissa ei ole runkorakennetta, joka voisi ottaa tämän kuorman vastaan, vaan niihin täytyy rakentaa tarvittava tukimuuri. Tukimuuri voi olla kevytbetoniharkoista tai kevytsoraharkoista muuraamalla rakennettu tai se voi olla levyverhottu puu- tai metallirunkoinen rakenne. Taulukossa 10 on esitetty eri räystäsrakenteiden vaikutus eri rakenneratkaisujen neliöhintoihin.



Taulukko 10, Räystäsrakenteen vaikutus rakenneratkaisun neliöhintaan

	Vaihtoehto 1		Vaihtoehto 2		Vaihtoehto 3		Vaihtoehto 4	
	€/m <sup>2</sup>	%	€/m <sup>2</sup>	%	€/m <sup>2</sup>	%	€/m <sup>2</sup>	%
Rungon levytys 12mm vanerilla					1,95	1,7	1,95	1,4
Kevytsoraharkko- muuri 150mm	3,06	3,3	3,06	3,5				

Kustannuksissa on otettu huomioon vain uusien rakenteiden vaatimat kustannukset, jolloin nämä olisivat vertailukelpoisia keskenään. Laskelmat eivät ota kantaa purunaikaiseen tuentaan, joka on kuitenkin jokaisessa rakenneratkaisussa lähes identtinen eivätkä aiheuta kustannuseroa.

#### 5.5.10 Kohteessa tehtävät muut työt

Kohteessa tehtävät muut työt vaikuttavat luonnollisesti työn hinnoitteluun ja aikataulutukseen. Esimerkiksi tässä työssä ei ole laskettu vertailuhintoihin telinekaluston vaikutusta, sillä kohteessa tehtäisiin todennäköisesti muitakin töitä, jotka vaatisivat telineitä. Näitä voivat olla esimerkiksi parvekkeille ja parveketaustaseinälle tehtävät työt, ikkunoiden siirrot tai vaihdot, räystään rakennustyöt ja maalauskorjaustyöt.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimustuloksista käy ilmi, että kaikki valitut rakenneratkaisut ovat jossain tilanteessa toimivimpia ja edullisempia kuin toiset. Jos rakenneratkaisuja verrataan pelkästään taloudelliselta kannalta, niin pohjaolosuhteiden osuessa hyvin kohdalle on EPS-eristeen päälle tehty ohutrappaus edullisin ratkaisu.

### 6.1 Rakenneratkaisujen valinta

Rakenneratkaisujen valintaan vaikuttaa monet työmaalla tehtävät valinnat, rakennuksen kunto ja rakennusvaiheessa tehdyt rakenneratkaisut. Seuraavassa on eritelty muutamia vaikuttavia tekijöitä ja verrattu rakennusratkaisuja kustannuksien kautta.

#### 6.1.1 Pohjaolosuhteiden vaikutus

Hyvin epätasainen pohjarakenne nostaa kustannuksia lähes kaikissa rakenneratkaisuissa. Varsinkin eristerapatuissa vaihtoehtoissa 1 ja 2 pohjan kunnostustyöt nostavat ratkaisujen neliöhintoja. Kohdassa 5.5.2 on esitetty poh-

jarakenteelle tehtävien kunnostustöiden vaikutusta ratkaisujen neliöhintoihin. Vaikka tarvittava tasoitusmäärä olisi yli 35 mm ja pohjien piikkaamiseen tarvittava työmäärä n. 120 tuntia, jäävät molemmat eristerapatut rakenneratkaisut neliö hinnaltaan levyrapattujen rakenneratkaisujen alapuolelle.

Sisäkuoren paksuus vaikuttaa rakenneratkaisun valintaan tarvittavien kiinnikkeiden poraussyvyiden takia. Tehtäessä työvaiheen aikana useita läpipo-rauksia huoneistojen puolelle kasvattaa tämä kustannuksia sisäkuoren paik-kauksessa. Kustannukset voivat olla hyvin huomattavia varsinkin märkätilo-  
jen kohdalla.

Molemmat eristerapatut ratkaisut vaativat mekaanisen kiinnikkeen kauttaal-taan seinäpinnan yli, ja näin ollen niiden käyttö rajoittuu taulukon 6 mukaisiin porrassyvyysiin. Näistä EPS-eristetty ratkaisu on vähemmän herkkä ohuille sisäkuorille. Sisäkuoren ohuuden tuomaa ongelmaa voidaan vähentää käyt-tämällä paksumpaa pohjan tasoitusta. Tällöin kiinnikkeiden pysyvyys on varmistettava erillisillä vetokokeilla ja varmistuttava niiden pysyvyydestä pohjarakenteessa.

Levyrapatuissa ratkaisuissa puurunkoinen vaihtoehto vaatii kauttaaltaan si-säkuoren samanvahvuista paksuutta kuin villalla eristetty eristerapattu rat-kaisu. Metallirunkoinen rakenneratkaisu on otettu mukaan sen takia, että se ei vaadi sisäkuorelta mitään paksuutta, sillä se on kiinnitetty vain rakennuk-sen välipohjiin. Rakenneratkaisu on helpoin vaihtoehto erittäin ohuissa ra-  
kennepaksuuksissa.

### 6.1.2 Työryhmien saatavuus

Saatavilla olevat työryhmät ja ammattimiehet vaikuttavat ratkaisujen valin-taan. Eristerapatuissa ratkaisuissa vaatimuksena on, että työntekijät ovat rappausten ammattilaisia pohjan tasoituksesta pinnan vetoon asti.

Levyrapattujen ratkaisujen runkorakenteen pystyy tekemään vähemmän ammattitaitoinen työntekijäryhmä ja tällöin rakenneratkaisut tulevat houkutte-leviksi vaihtoehtoiksi tilanteissa, joissa seinärakenne on saatava valmiiksi ja rappaus voidaan tehdä myöhemmin. Tällaisia tilanteita voi syntyä, kun am-mattitaitoista rappausr ryhmää ei ole saatavilla esimerkiksi suhdannetilanteen takia. Telinekustannukset voivat tällaisissa tilanteissa nousta hyvinkin suu-  
riksi.

### 6.1.3 Talviolosuhteet

Talviolosuhteet vaikuttavat suuresti rakenneratkaisujen valinnassa. Eristerapatut ratkaisut ovat aikataulullisesti nopeampia tehdä, mutta näissä niin sanottu märkätyön osuus on suurempi.

Tehtäessä työtä pakkasella joudutaan telineiden sisäpuolinen ilma lämmitämään ja lämmityksen kustannukset kohoavat suuresti ulkolämpötilan laskiessa.

Talviolosuhteissa levyrapatut rakenneratkaisut tulevat hyvin kustannustehokkaiksi lämmitystarpeen kautta, jolloin niiden lopullinen kustannus voi olla edullisempi. Tarkkaa kustannusta ei voida sanoa, sillä se riippuu käytössä olevasta lämmitystavasta, energian hinnasta, telineen eristyksestä ja ulkolämpötilasta. Lopullinen laskenta on tehtävä tapauskohtaisesti.

## 6.2 Todelliset kustannukset

Tässä opinnäytetyössä ei anneta yksiselitteistä hintaa millekään rakenneratkaisulle, vaan vertailuhintoja, joilla voidaan hinnoitella mahdollinen muutostai lisätyö ja joiden pohjalta voidaan hinnoitella tarjousvaiheessa oleva KVR-hanke.

Eri rakenneratkaisujen todelliset kustannukset muodostuvat kohdekohtaisista eroista, joihin tässä työssä pyritään hakemaan kattavaa listausta niiden poissulkemiseksi ja hinnoittelemiseksi. Kohdassa 5.5 on esitetty pintapuolisesti osa mahdollisista kustannusvaikutuksista ja ratkaisuja niihin ja hinnoiteltu ratkaisut. Todellisessa kohteessa mahdolliset ratkaisumallit voivat olla monimutkaisempia ja niiden hinnoittelu pitää tehdä kohdekohtaisesti.

## 6.3 Rakenneratkaisujen toiminta

Tässä opinnäytetyössä ei oteta kantaa minkään rakenneratkaisun rakennusfysikaalisiin ja rakenteellisiin ominaisuuksiin. Kaikki rakenneratkaisut on esitetty periaatteellisina, ja niiden toiminta ja rakenteellinen kestävyys on varmistettava erillisin laskelmin kohdekohtaisesti.

Työssä luotu laskentamalli ja taulukot on muokattavissa käytettyjen materiaalien ja materiaalihintojen mukaisiksi.

## 7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä pyrittiin etsimään vaihtoehtoisia rakenneratkaisuja eristerapatulle julkisivulle tilanteissa, jolloin vanhan julkisivun ulkokuoren purun jälkeen huomataan sisäkuoren olevan hyvin epätasainen tai kauttaaltaan hyvin ohut.

Vertailuun otettiin neljä rakenneratkaisua, joista kaksi ovat eristerapattua ratkaisua ja kaksi eri rungolla toteutettua levyrapattua ratkaisua. Eristerapattujen ratkaisujen eristeenä käytettiin villaa tai EPS-solumuovia. Levyrapattujen ratkaisujen runkomateriaaleina ovat puu ja metallinen termo-ranka. Metallinen runkorakenne poikkeaa muista ratkaisuista siinä, ettei se vaadi kiinnitystä ohueen sisäkuoreen. Elementtirappaus vaihtoehtona karsiutui pois, koska markkinoilla ei ole olemassa tuotetta käytettäväksi tähän tarkoitukseen.

Rakenneratkaisujen vertailuna käytettiin pääasiassa kustannuslaskennallista vertailua, jolloin kustakin rakenteesta laskettiin niiden vertailukustannukset. Vertailukelpoisia kustannuksia verrattiin rakenneratkaisujen kesken ja vertailuun laskettiin mukaan erinäiset pohjarakenteen, suhdanteen ja työvoiman vaikutuksen muodostamat ongelmat.

Työn lopputuloksena saatiin tieto, että eristerappaus on kustannustehokkaampi vaihtoehto verrattaessa vaihtoehtoisiin levyrappaus rakenteisiin. Vaikka purun jälkeen rakennuksen sisäkuori olisi hyvinkin epätasainen, on eristerappaus halvempi tapa toteuttaa seinän eristys ja pintarakenne.

Levyrappauksien eduksi voidaan kuitenkin sanoa, että ne ovat vaihtoehtoisia rakenteita silloin, kun ammattitaitoista rappauseräilyä ei ole saatavilla ja viivästyminen voi aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia.

Työssä yhtenä vaihtoehtona käsitelty metallirunkoinen levyrappaus oli ainoa rakenneratkaisu, joka soveltui kohteisiin, joissa sisäkuoren paksuus on niin ohut, että läpiporauksien mahdollisuus on suuri.

## 8 POHDINTA

Kaikki rakenneratkaisut tuntuivat toimivilta, ja näistä eristerappausvaihtoehdot olivat suoraan materiaalivalmistajan työselityksien mukaisia. Levyrap-

uksissa myös rappaus ja sen alla oleva kuitusementtilevy olivat materiaali-toimittajan suosittelemia ratkaisuja. Ainoastaan runkorakenteet olivat hahmotelmia rajattomasta määrästä mahdollisuuksista toteuttaa kyseiset rakenteet.

Työssä ei missään vaiheessa oteta kantaa eristerappauksen ja levyrappauksen väliseen toimivuuteen rakennusfysiikan näkökannalta. Tämä onkin eri lähestymisnäkökulma ja pitää ottaa huomioon suunnittelun puolella.

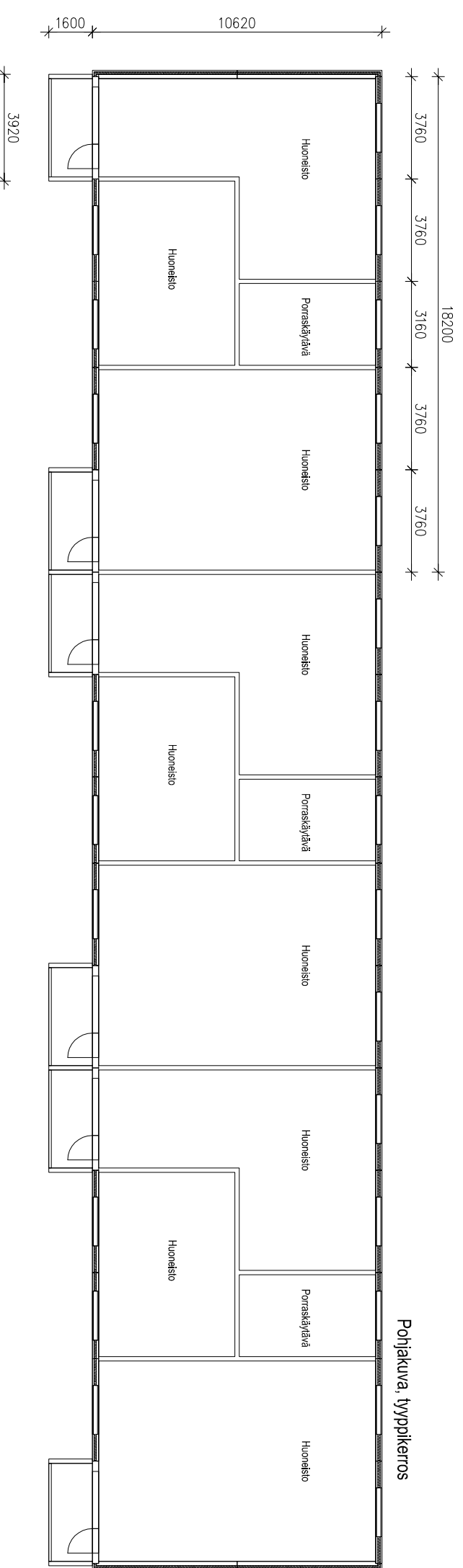
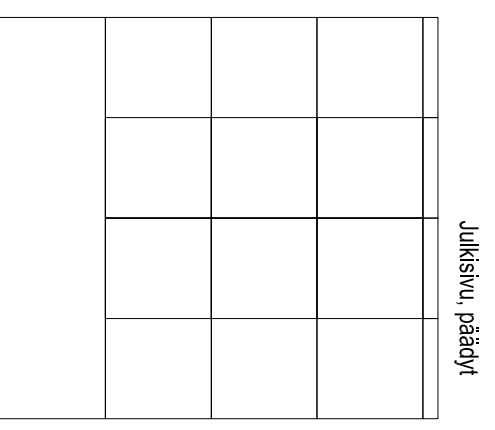
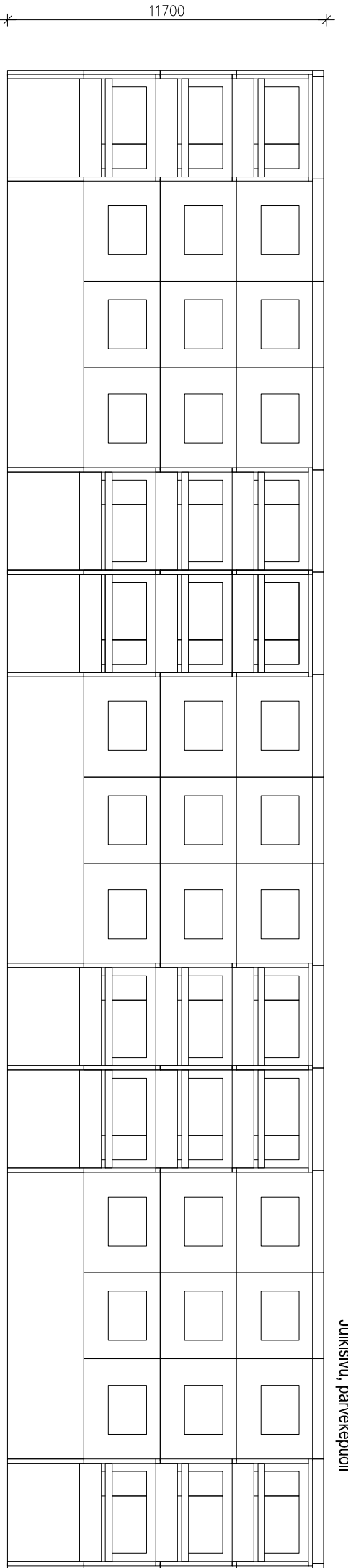
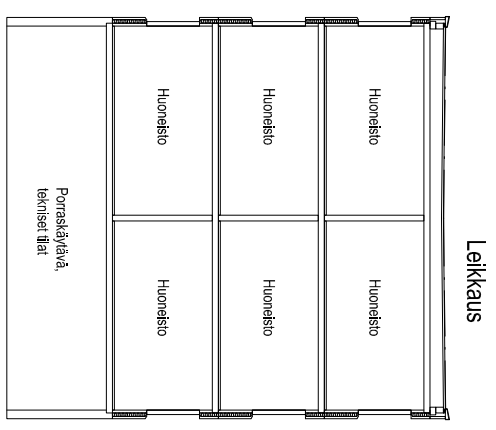
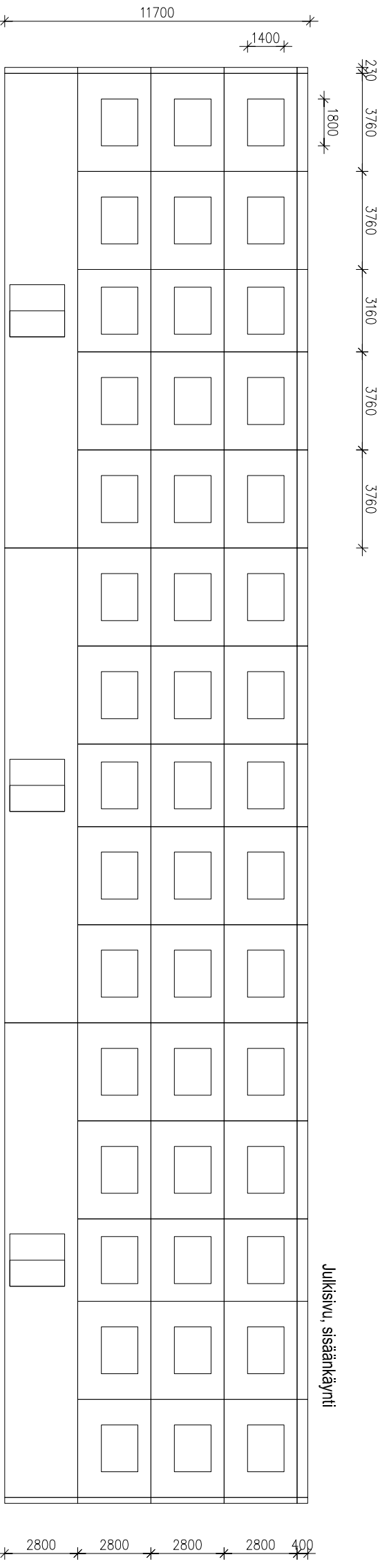
Elementtirappaus saneerauskohteessa karsiutui vaihtoehdoista pois, koska markkinoilla ei ole vielä saatavissa tuotetta, joka soveltuisi jälkiasennukseen. Markkinoille on tullut betonisia ulkokuorielementtejä, joiden sisäpintaan on kiinnitetty eriste. Nämä elementit tukeutuvat kantavalla ulkokuorella vahvistettuun sokkeliin ja kiinnitetään yläpäästään, vain sivuttaisvoimia vastaan, rakennuksen välipohjiin. Tällaiset elementit voivat tulevaisuudessa olla yksi ratkaisu julkisivun uudelleen verhoukseen. Nähtäväksi jää, saadaanko jälkiasennuselementti ja elementtirappaus yhdistettyä.

Elementtirappaus voisi olla kustannustehokas vaihtoehto työssä käytetyn mallikerrostalon päätyjen kohdalla. Asuinkerrosten kasvaessa ja sokkelin leveyden pysyessä kapeana kasvaa seinäneliöiden määrä suhteessa tarvittavaan sokkelin vahvistukseen. Koska työ voidaan tehdä ilman telineitä voivat kustannukset jäädä alle eriste- ja levyrappauksen. Tätä ei kuitenkaan työssä voitu selvittää, sillä kyseistä tuotetta ei vielä ole olemassa.

Työ on onnistunut vastaamaan annettuihin kysymyksiin rajoitusten puitteissa. Toivottavasti tehdystä työstä on apu yritykselle muutos- ja lisätöiden sekä KVR-hankkeiden hinnoittelussa. Työssä on pyritty tuomaan esille kaikki hinnoitteluun vaikuttavat tekijät. Hinnoittelu on suuntaa-antava ja tarkasteltava tarkemmin tapauskohtaisesti.

**VIITELUETTELO**

- [1] Lahdensivu, Jukka, *Rappauskirja 2005 By 46*, Helsinki: Suomen Betoniyhdistys, 2005.
- [2] Mannonen, Petri – Petrow, Seppo, *Kestävä kivitalo*, Helsinki: Suomen Betonitieto Oy, 2006.
- [3] Huhtaniemi, Seppo – Knuuttila, Ilkka, *Muuraus-, laatoitus- ja rappaustyöt*, Jyväskylä: Rakennusalan kustantajat RAK, 2000.
- [4] Maxit Oy Ab, *SerpoVent – levyrappaus työselostus* [verkkodokumentti] 12.1.2009 [viitattu 17.9.2010]. Saatavissa:  
  
[http://www.maxit.fi/modules/upndown/download\\_upndownfile~id~F22979618F2D4E5D821A56A3C6DF2C80~itemtype~UPNDOWNFILE~tabletarget~data\\_1~pid~F524BE4C6C8347E9BE80F87D671C80A3~layout~06-ratkaisut.asp](http://www.maxit.fi/modules/upndown/download_upndownfile~id~F22979618F2D4E5D821A56A3C6DF2C80~itemtype~UPNDOWNFILE~tabletarget~data_1~pid~F524BE4C6C8347E9BE80F87D671C80A3~layout~06-ratkaisut.asp)
- [5] Enkovaara, Esko – Haveri, Heikki – Jeskanen, Pekka, *Rakennushankkeen kustannushallinta*, Rakennustieto Oy, 2008.



# LITE 1, Tyyppikerrostalo

Mittakaava: 1:200

3 asuinkerrosta, 3 porrasmoduulia

## Rakeneratkasiujen kustannuslaskennan yhteenveto työkokonaisuuksittain jaettuna kustannuslajeittain

	Vaihtoehto 1, eristerappaus, villa + 3-kerrosrappaus			Vaihtoehto 2, eristerappaus, EPS + ohutrappaus			Vaihtoehto 3, levyrappaus, puurunko			Vaihtoehto 4, levyrappaus, metallirunko		
	€	€/m <sup>2</sup>	%	€	€/m <sup>2</sup>	%	€	€/m <sup>2</sup>	%	€	€/m <sup>2</sup>	%
<b>Pohjatyöt</b>												
työ	6 243,61	7,86	8,6	11 643,49	14,66	16,8	2 676,44	3,37	2,9	2 676,44	3,37	2,4
materiaali	3 358,80	4,23	4,6	4 710,73	5,93	6,8	82,80	0,10	0,1	82,80	0,10	0,1
muut kulut	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
yhteensä	9 602,42	12,09	13,2	16 354,22	20,60	23,6	2 759,24	3,48	3,0	2 759,24	3,48	2,5
<b>Eristys, verkotus ja lähtölistat</b>												
työ	18 427,63	23,21	25,3	8 482,56	10,68	12,3						
materiaali	17 242,21	21,72	23,7	16 214,95	20,42	23,4						
muut kulut	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0						
yhteensä	35 669,84	44,92	49,0	24 697,50	31,11	35,7						
<b>Runkorakenne</b>												
työ							20 524,31	25,85	22,0	25 691,25	32,36	23,1
materiaali							28 026,21	35,30	30,0	39 859,44	50,20	35,9
muut kulut							0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
yhteensä							48 550,53	61,15	52,0	65 550,69	82,56	59,0
<b>Rappaus</b>												
työ	15 210,10	19,16	20,9	13 455,09	16,95	19,5	13 455,09	16,95	14,4	13 455,09	16,95	12,1
materiaali	5 319,96	6,70	7,3	11 531,96	14,52	16,7	23 632,28	29,76	25,3	23 632,28	29,76	21,3
muut kulut	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
yhteensä	20 530,06	25,86	28,2	24 987,05	31,47	36,1	37 087,37	46,71	39,8	37 087,37	46,71	33,4
<b>Avustavat työvaiheet</b>												
työ	5 433,28	6,84	7,5	2 006,40	2,53	2,9	3 693,65	4,65	4,0	3 693,65	4,65	3,3
materiaali	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
muut kulut	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
yhteensä	5 433,28	6,84	7,5	2 006,40	2,53	2,9	3 693,65	4,65	4,0	3 693,65	4,65	3,3
<b>Rahdit</b>												
työ	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
materiaali	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
muut kulut	1 486,00	1,87	2,0	1 124,00	1,42	1,6	1 198,50	1,51	1,3	2 039,75	2,57	1,8
yhteensä	1 486,00	1,87	2,0	1 124,00	1,42	1,6	1 198,50	1,51	1,3	2 039,75	2,57	1,8
<b>Kaikki yhteensä</b>												
työ	45 314,62	57,07	62,3	35 587,54	44,82	51,5	40 349,49	50,82	43,3	45 516,42	57,33	41,0
materiaali	25 920,98	32,65	35,6	32 457,63	40,88	46,9	51 741,29	65,17	55,5	63 574,52	80,07	57,2
muut kulut	1 486,00	1,87	2,0	1 124,00	1,42	1,6	1 198,50	1,51	1,3	2 039,75	2,57	1,8
yhteensä	72 721,60	<b>91,59</b>	100,0	69 169,17	<b>87,11</b>	100,0	93 289,28	<b>117,49</b>	100,0	111 130,69	<b>139,96</b>	100,0



Vaihtoehto 1, eristerappaus, villa + 3-kerrosrappaus

Hierarkia	Selite	Kesto	2011																	
			Tammikuu				Helmikuu				Maaliskuu				Huhtikuu					
			52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>1</b>	<b>Lohko 1, pääty</b>	<b>10 pv</b>	1	■																
1.1	Korkeidenkohtien piikkaus	1 pv	1.1	■																
1.2	Seinäpinnan oikaisu	1 pv	1.2	■																
1.3	Eristys, verkotus ja lähtölistat	4 pv	1.3	■	■	■	■													
1.4	Rappaus	3 pv	1.4	■	■	■														
<b>2</b>	<b>Lohko 2, parvekeseinä</b>	<b>24 pv</b>	2	■																
2.1	Korkeidenkohtien piikkaus	1 pv	2.1	■																
2.2	Seinäpinnan oikaisu	3 pv	2.2	■	■	■														
2.3	Eristys, verkotus ja lähtölistat	10 pv	2.3	■	■	■	■	■	■	■										
2.4	Rappaus	8 pv	2.4	■	■	■	■	■	■	■										
<b>3</b>	<b>Lohko 3, pääty</b>	<b>10 pv</b>	3							■										
3.1	Korkeidenkohtien piikkaus	1 pv	3.1							■										
3.2	Seinäpinnan oikaisu	1 pv	3.2							■										
3.3	Eristys, verkotus ja lähtölistat	4 pv	3.3							■	■	■	■							
3.4	Rappaus	3 pv	3.4							■	■	■								
<b>4</b>	<b>Lohko 4, sisäänkäyntiseinä</b>	<b>37 pv</b>	4							■										
4.1	Korkeidenkohtien piikkaus	2 pv	4.1							■	■									
4.2	Seinäpinnan oikaisu	5 pv	4.2							■	■	■	■	■						
4.3	Eristys, verkotus ja lähtölistat	16 pv	4.3							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
4.4	Rappaus	13 pv	4.4							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

Vaihtoehto 2, eristerappaus, EPS + ohutrappaus

Hierarkia	Selite	Kesto	2011														
			Tammikuu				Helmikuu				Maaliskuu				Huhtikuu		
			52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>1</b>	<b>Lohko 1, pääty</b>	<b>8 pv</b>		1													
1.1	Korkeidenkohtien piikkaus	1 pv		1.1													
1.2	Seinäpinnan oikaisu	2 pv		1.2													
1.3	Eristys, verkotus ja lähtölistat	2 pv		1.3													
1.4	Rappaus	3 pv		1.4													
<b>2</b>	<b>Lohko 2, parvekeseinä</b>	<b>20 pv</b>			2												
2.1	Korkeidenkohtien piikkaus	1 pv		2.1													
2.2	Seinäpinnan oikaisu	6 pv		2.2													
2.3	Eristys, verkotus ja lähtölistat	5 pv			2.3												
2.4	Rappaus	7 pv			2.4												
<b>3</b>	<b>Lohko 3, pääty</b>	<b>10 pv</b>							3								
3.1	Korkeidenkohtien piikkaus	1 pv							3.1								
3.2	Seinäpinnan oikaisu	2 pv							3.2								
3.3	Eristys, verkotus ja lähtölistat	2 pv							3.3								
3.4	Rappaus	3 pv							3.4								
<b>4</b>	<b>Lohko 4, sisäänkäytiseinä</b>	<b>32 pv</b>								4							
4.1	Korkeidenkohtien piikkaus	2 pv								4.1							
4.2	Seinäpinnan oikaisu	9 pv								4.2							
4.3	Eristys, verkotus ja lähtölistat	7 pv									4.3						
4.4	Rappaus	11 pv										4.4					

# Vaihtoehto 3, levyrappaus, puurunko

Liite 5

Hierarkia	Selite	Kesto	2011															
			Tammikuu				Helmikuu				Maaliskuu				Huhtiku			
			52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<b>1</b>	<b>Lohko 1, sisäänkäyntiseinä</b>	<b>40 pv</b>	1	[Green bar from day 1 to 9]														
1.1	Korkeidenkohtien piikkaus	2 pv	1.1	[Green bar]	RM;													
1.2	Elementtisaumojen paikkaus	5 pv	1.2	[Green bar]	RM;													
1.3	Rungon rakennustyöt	20 pv	1.3	[Cyan bar from day 2 to 6]				2 RAM;										
1.4	Rappaus	11 pv	1.4	[Orange bar from day 6 to 11]					2 RAP;									
<b>2</b>	<b>Lohko 2, pääty</b>	<b>28 pv</b>	2	[Green bar from day 6 to 19]														
2.1	Korkeidenkohtien piikkaus	1 pv	2.1	[Green bar]	RM;													
2.2	Elementtisaumojen paikkaus	1 pv	2.2	[Green bar]	RM;													
2.3	Rungon rakennustyöt	4 pv	2.3	[Cyan bar from day 6 to 9]			2 RAM;											
2.4	Rappaus	12 pv	2.4	[Orange bar from day 9 to 15]						2 RAP;								
<b>3</b>	<b>Lohko 3, parvekeseinä</b>	<b>31 pv</b>	3	[Green bar from day 6 to 19]														
3.1	Korkeidenkohtien piikkaus	1 pv	3.1	[Green bar]	RM;													
3.2	Elementtisaumojen paikkaus	3 pv	3.2	[Green bar]	RM;													
3.3	Rungon rakennustyöt	12 pv	3.3	[Cyan bar from day 6 to 10]				2 RAM;										
3.4	Rappaus	7 pv	3.4	[Orange bar from day 11 to 18]							2 RAP;							
<b>4</b>	<b>Lohko 4, pääty</b>	<b>21 pv</b>	4	[Green bar from day 9 to 22]														
4.1	Korkeidenkohtien piikkaus	1 pv	4.1	[Green bar]	RM;													
4.2	Elementtisaumojen paikkaus	1 pv	4.2	[Green bar]	RM;													
4.3	Rungon rakennustyöt	4 pv	4.3	[Cyan bar from day 9 to 12]			2 RAM;											
4.4	Rappaus	3 pv	4.4	[Orange bar from day 12 to 15]											2 RAP;			

# Vaihtoehto 4, levyrappaus, metallirunko

Liite 6

Hierarkia	Selite	Kesto	2011															
			Tammikuu				Helmikuu				Maaliskuu				Huhtiku			
			52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<b>1</b>	<b>Lohko 1, sisäänkäyntiseinä</b>	<b>48 pv</b>	1	[Green bar from day 1 to 10]														
1.1	Korkeidenkohtien piikkaus	2 pv	1.1	[Dark Green bar]	RM;													
1.2	Elementtisaumojen paikkaus	5 pv	1.2	[Dark Green bar]	RM;													
1.3	Rungon rakennustyöt	24 pv	1.3	[Cyan bar from day 2 to 6]				2 RAM;										
1.4	Rappaus	11 pv	1.4	[Orange bar from day 7 to 11]				2 RAP;										
<b>2</b>	<b>Lohko 2, pääty</b>	<b>24 pv</b>	2	[Green bar from day 6 to 10]														
2.1	Korkeidenkohtien piikkaus	1 pv	2.1	[Dark Green bar]	RM;													
2.2	Elementtisaumojen paikkaus	1 pv	2.2	[Dark Green bar]	RM;													
2.3	Rungon rakennustyöt	6 pv	2.3	[Cyan bar from day 6 to 9]			2 RAM;											
2.4	Rappaus	3 pv	2.4	[Orange bar from day 10 to 12]			2 RAP;											
<b>3</b>	<b>Lohko 3, parvekeseinä</b>	<b>28 pv</b>	3	[Green bar from day 6 to 19]														
3.1	Korkeidenkohtien piikkaus	1 pv	3.1	[Dark Green bar]	RM;													
3.2	Elementtisaumojen paikkaus	3 pv	3.2	[Dark Green bar]	RM;													
3.3	Rungon rakennustyöt	14 pv	3.3	[Cyan bar from day 6 to 10]				2 RAM;										
3.4	Rappaus	7 pv	3.4	[Orange bar from day 11 to 15]				2 RAP;										
<b>4</b>	<b>Lohko 4, pääty</b>	<b>15 pv</b>	4	[Green bar from day 10 to 23]														
4.1	Korkeidenkohtien piikkaus	1 pv	4.1	[Dark Green bar]	RM;													
4.2	Elementtisaumojen paikkaus	1 pv	4.2	[Dark Green bar]	RM;													
4.3	Rungon rakennustyöt	6 pv	4.3	[Cyan bar from day 10 to 13]			2 RAM;											
4.4	Rappaus	3 pv	4.4	[Orange bar from day 14 to 16]			2 RAP;											