



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# BETONIRUNKOINEN KERROSTALO

TE - Marko Pesonen  
KIJÄ/T:

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Marko Pesonen	
Työn nimi Betonirunkoinen kerrostalo	
Päiväys 24.1.2017	Sivumäärä/Liitteet 36
Ohjaaja(t) Hannu Haaranen lehtori	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lapra Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön aiheena oli betonirunkoinen kerrostalo ja vertailukohteena oli paikallavalu ja elementtirakentaminen. Opinnäytetyössä tarkasteltiin erityisesti näiden kahden aikataulutusta, kustannuksia sekä molempien tapojen potentiaalisia riskejä. Opinnäytetyöni tavoitteena oli löytää näistä kahdesta menetelmästä kustannustehokkaampi rakennustapa betonirunkorakentamisessa. Lapra oy toimi tämän opinnäytetyön tilaajana.</p> <p>Aluksi tarkasteltiin ja perehdyttiin betonirunkoisen kerrostalon rakentamisen teoriaan sekä rakennustapojen eroavaisuuksiin. Näin saatiin näkemys siitä, mistä mahdolliset kustannus- ja aikataulueroavaisuudet muodostuvat. Molemmista rakentamisen tavoista tehtiin kustannusarvio, sekä aikataulu joiden yhteisvaikutusta vertailtiin.</p> <p>Opinnäytetyön tuotoksena valmistui tilaajalle tutkielma, jonka pohjalta Lapra Oy pystyy suunnittelemaan betonirunkorakentamista yksilöidysti. Tutkielmassa selviää myös mistä kustannusten sekä aikataulu eroavaisuudet koostuvat.</p>	
Avainsanat Betoni, Kerrostalo, Elementti	
Kustannusten ja aikataulun osalta luottamuksellinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Engineering			
Author(s) Marko Pesonen			
Title of Thesis Apartment House with Concrete Frame			
Date	24 January 2017	Pages/Appendices	36
Supervisor(s) Mr Hannu Haaranen, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Lapra Oy			
<p>Abstract</p> <p>The subject of this final project was to compare an apartment house with an in-situ concrete frame to a prefabricated frame. The aim was especially to study the scheduling, costs and potential risks of both ways of building. The purpose was to find the more cost-effective way of building to build a concrete frame. The project was commissioned by the company Lapra Oy.</p> <p>First, the theory of building an apartment with concrete frame and differences between ways of building were studied. After that, the costs were calculated. Then the schedule for building the frame was draw up. Finally, the schedules and costs were compared.</p> <p>As a result of this final project there was a study that the company can utilize when planning the prefabrication of concrete frames. The study also shows where the differences in costs and schedules result from.</p>			
Keywords concrete, apartment building, prefabricated unit			
costs and the schedules are confidential.			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Taustat ja tavoitteet .....	6
1.2	Lapra Oy .....	6
2	PAIKALLA VALETTU BETONIRUNKOINEN KERROSTALO .....	7
2.1	Betoni rakentamisessa .....	7
2.2	Muottijärjestelmä .....	8
2.2.1	Vanerimuotti .....	8
2.2.2	Muottisuunnitelma .....	9
2.3	Seinät .....	9
2.3.1	Valutyö .....	9
2.3.2	Jälkihoito .....	10
2.4	Holvi .....	10
2.4.1	Holvimuotti .....	11
2.4.2	Valutyö .....	12
2.5	Lämmitys sekä kuivatus .....	12
2.5.1	Puhallin lämmitin .....	13
2.5.2	Betonin lankalämmitysmenetelmä .....	13
2.5.3	Kuivamisaika .....	13
2.5.4	Jälkihoito .....	15
3	BETONIELEMENTTIRUNKOINEN KERROSTALO .....	16
3.1	Elementti .....	16
3.1.1	Seinät .....	16
3.1.2	Holvit .....	16
3.1.3	Elementtiasennus .....	17
3.2	Valutyöt sekä jälkihoito .....	18
4	RUNKOKUSTANNUKSET .....	19
4.1	Paikalla valetun kerrostalon kustannukset .....	20
	Paikallavalu kustannukset .....	21
4.2	Elementtirunkorakentamisen kustannukset .....	23
	Elementtirunkokustannukset .....	24
5	AIKATAULUT .....	26

5.1 Paikallavaletun betonirunkoisen kerrostalon aikataulu.....	26
Aikataulu .....	27
5.2 Elementtirunkoisen kerrostalon aikataulu .....	28
6 POA.....	29
6.1 Paikallavaletun kerrostalon PO- analyysi (POA) .....	29
6.2 Betonielementtirunkoisen kerrostalon PO- analyysi (POA) .....	30
7 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	31
8 POHDINTA .....	35
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	36

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Taustat ja tavoitteet

Opinnäytetyönäni on tehdä Lapra Oy:lle tutkielma, jonka tilaajana kyseinen yritys myös toimii. Tutkielma tehdään yksilöidysti kerrostalon arkkitehtikuvien perusteella. Tutkielman avulla yritys pystyy valikoimaan paikallavaletun- ja elementtirakentamisen välillä, taikka yhdistellä näitä tarpeen mukaan. Tutkielmassa käsitellään kerrostalon betonirunkorakentaminen teoriassa, kustannuksina sekä aikatauluna. Teoria perustuu pääsääntöisesti tilaajalta saatuun tietoon sekä ammattikorkeakoulutuksen antamaan tietopohjaan. Kustannusten laskennassa käytetään Excel-taulukkoa sekä Ratu-kirjaa (rakennustöiden menekit 2015). Materiaalien osalta vertaillaan tilaajan aikaisemmin toteutuneisiin projekteihin ja vaativimmissa osissa Klaranet-tietokanta oli tärkeässä osassa. Aikataulut tuotetaan TCM-planner ohjelmistolla yhdistäen kustannuslaskenta-Exceliä sekä Ratu-kirjaa.

Opinnäytetyössä käsitellään kerrostalon rungon paikallavalurakentamista. Tutkielmassa selvitetään paikallavalurakentamisen toteutusta työmaalla ja suunnittelun teknisiä haasteita. Paikallavalurakentamisen prosessi muodostuu muottijärjestelmän valinnasta ja sen mukaisesta suunnitelmasta. Suunnitelmassa huomioidaan betonin kuivuminen sekä työmaalla muottitöiden jaksottaminen tavoitteena rakentamisen tasapainoinen jatkuvuus. Elementtirakentamisen osalta opinnäytetyö käsittelee rakentamisen tavan hyötyjä ja suunnittelussa erityisesti huomioitavia asioita.

### 1.2 Lapra Oy

Lapra Oy on siilinjärveläinen rakennusliike. Yrityksessä työskentelee 2 rakennusinsinööriä ja noin 25 rakennusammattilaista. Lapra Oy:n on perustanut Kari Lappalainen vuonna 1991. Rakennusalalla yritys on keskittynyt pääsääntöisesti kiinteistöjen ja liikerakennusten saneeraamiseen ja rakentamiseen.

## 2 PAIKALLAVALLETTU BETONIRUNKOINEN KERROSTALO

Paikallavalurakentaminen tapahtuu nimensä mukaisesti rakennustyömaalla. Betoni toimitetaan työmaalle valmiina, valetaan ennalta valittuihin tai valmistettuihin muotteihin. Paikallavaletut runkorakenteet ovat yleisiä betonirakentamisessa. Paikallavaletuilla betonirakenteilla voidaan muotoilla rakennuksesta monipuolinen. Paikallavaletussa rungossa voidaan eri käyttökohteisiin varautua lisäämällä raudoitusta ja tarvittaessa kasvatamalla betonin vahvuutta. Paikallavalaminen mahdollistaa erikoisrakenteiden valmistamisen ja työmaalla käytännön soveltamisen rakentamisen kohteissa. Paikallavalettujen rakenteiden ääneneristävyys on hyvä johtuen rakennusmenetelmän tiiveydestä. Paikallavalettujen rakenteiden elinkaaren pituuteen vaikuttavat valussa käytetty betoni sekä sille laskettu teoreettinen elinkaari.

### 2.1 Betoni rakentamisessa

Betonin osa-aineiden, betonimassa ja kovettuneen betonin tulee täyttää standardissa SFS 206-1 asetetut vaatimukset. Kiviaineksen suurin raekoko saa olla enintään 40 % rakenteen paksuudesta ottaen huomioon raudoituksen asettamat vaatimukset. Raudoitteiden on täytettävä SFS-standardit. Betonin valinnassa on otettava huomioon rakenteelle asetetut lujuusluokat sekä rasitusluokat (taulukko 1.) ja (Taulukko 2) joka kertoo betonilta vaadittavan lieriöllä määritetyn puristuslujuuden.

Yleisimpiä rasitusluokkia

Rasitusluokkaryhmä	Rasitusluokka	Suunnittelukäyttöikä	Lujuusluokka	Betonipeite	Halkeamien maksimi-leveys	Kiviaineksen ylä-nimellisraja	Sementtityyppi	Vesi-sementtisuuhde	Betonin ilmämäärä	Testausmenetelmä	Pakkasenkestävyys
X0	S	S	S	S	S	S	B	B <sup>1</sup>			
XC	S	S	S	S	S	S	B	B <sup>1</sup>			
XD	S	S	S	S	S	S	B (S) <sup>2</sup>	S			
XS	S	S	S	S	S	S	B (S) <sup>2</sup>	S			
XF	S	S	S	S	S	S	B (S) <sup>2</sup>	B	B	B	
XA	S	S	S	S	S	S	B (S) <sup>2</sup>	B			

1) X0- ja XC-luokissa betonille ei aseteta vaatimusta vesi-sementtisuhteelle, mutta valmistajan on tiedettävä ja pyynnöstä asiakkaalle ilmoitettava vesi-sementtisuhteen tavoitearvo myös näissä rasitusluokissa.

2) Vaativissa kohteissa on suositeltavaa, että suunnittelija ja betonin valmistaja yhdessä valitsevat käytettävät sementtityypit.

TAULUKKO 1. (Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu 2007, by 51)

## Betonin lujuusluokat

Taulukko 3.7. Betonin lujuusluokitusta vastaavat lujuudet eri koekappaleilla.

Lujuusluokka mukaan	Alin 150 mm x 300 mm lie-riöllä määrätty ominaislujuus (C) $f_{ck,cyl}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Alin 150 mm:n kuutiolla määrätty ominaislujuus (K) $f_{ck,cube}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Alin 100 mm:n kuutiolla määrätty ominaislujuus $f_{ck,cube}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
C12/15	12	15	15,5
C16/20	16	20	20,6
C20/25	20	25	25,8
C25/30	25	30	30,9
C30/37	30	37	38,1
C35/45	35	45	46,4
C40/50	40	50	51,5
C45/55	45	55	56,6
C50/60	50	60	61,8
C55/67	55	67	69,0
C60/75	60	75	77,2
C70/85	70	85	87,6
C80/95	80	95	97,8
C90/105	90	105	108,2

TAULUKKO 2. (Betoninormit 2016, by 65)

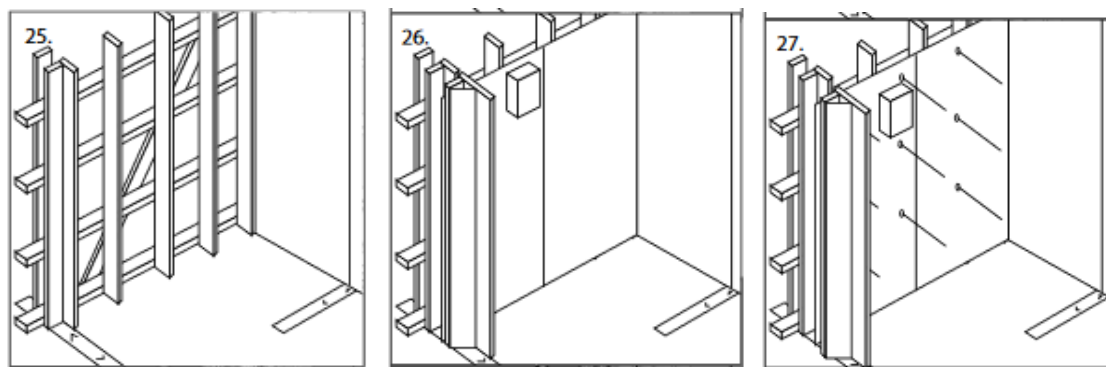
## 2.2 Muottijärjestelmä

Muottien rakenne tulee olla tiivistä, jottei betonin hienoaines eikä vesi pääse valumaan muotista ulos. Muottien runko sekä tuenta tulee valmistaa niin, että ne kestävät valupaineen sekä valun aikaisen työskentelyn. Muottien valmistuksessa on myös tärkeä huomioida valupaineen aiheuttama rasite siten, ettei valettavaan kohteeseen tule mittapoikkeamia. Muottien pinta ja pinnoite tulee käsitellä sellaisella aineella, joka helpottaa muottien irrotusta. Muotit saa purkaa aikaisintaan, kun betoni on saavuttanut 60 % lujuudestaan, jottei valettu rakenne vaurioidu (RT 82-10814 paikallavaletut runkorakenteet).

### 2.2.1 Vanerimuotti

Vanerimuottijärjestelmä on yleinen rakennuksessa, joissa muottia joudutaan muotoilemaan valukohteeseen. Vanerimuotit valmistetaan työmaalla tai mahdollisesti ennakoon helposti liikuteltaviin elementteihin. Vaneripinta valitaan halutun valupinnan lopputuloksen saavuttamiseksi sekä muottien uusiokäyttökertojen mukaan. Vanerimuotit tulee ennen valua aina öljytä, jotta ne voidaan irrottaa ehyenä ja käyttää uudelleen. (Ratu 0398 Kuvat Levymuottityöt)

#### Levymuottityöt



KUVA 1. (Ratu 0398 Kuvat 25-27 Levymuottityöt)

## 2.2.2 Muottisuunnitelma

Muottisuunnitelmassa käsitellään suunnitelmaa muottien käytöstä, rakenteiden muotittamisesta, muottikierrosta työmaan vaatimusten, olosuhteiden ja aikataulun mukaisesti. Tällä tavalla optimoidaan kohteisiin parhaiten soveltuvat muottikalustot ja niiden määrät. Muottisuunnitteluun kuuluu muotin rakenteelle asettamat pinta- ja muotovaatimukset, työryhmien suunnittelu, muottien nostot ja siirtomenetelmät, muottien asennusjärjestys, rakenteiden jälkituenta muottien purun jälkeen, tarvittavat lämmitys- ja suojausmenetelmät sekä muottien huolto ja varastointi työmaalla. Suunnitelmassa esitetään muottien yksityiskohtainen käyttö, materiaaliluettelot muoteista, sallitut kuormitukset (sisältäen holvin paksuuden, muottipaineen ja betonin nousunopeuden).

## 2.3 Seinät

Opinnäytetyön kohteessa valettavia seiniä ovat jokaisessa kerroksessa ulkoseinät sekä kantavat väliseinät. Ulkoseinistä paikallaan valetaan vain sisin eli kantava osa. Paksuus valikoituu rakennuksen elinkaaren arvioinnin sekä palonkestoluokituksen yhteisvaikutuksen (taulukko 3.)

### Palonkestoajat

#### TAULUKKO 8.10

Seinän vähimmäispaksuus [mm] ja kantavan seinän pääraudoituksen betonipeitteen nimellisarvon vähimmäisarvo [mm].

Palonkestoaja	30	60	90	120	180	240
a) tavallinen betoni						
– osastoiva, kantamaton seinä	60	80	100	120	150	175
– kantava seinä	100	120	140	160	180	240
– betonipeite kantavassa seinässä	10	15	25	35	50	60
b) kevytsorabetoni						
– osastoiva, kantamaton seinä	60	65	80	100	120	140
– kantava seinä	100	100	115	130	160	180
– betonipeite kantavassa seinässä	10	15	25	35	45	50

TAULUKKO 3. (RT RakMK-21253 RT betonirakenteet Ohjeet, 2005)

### 2.3.1 Valutyö

Seinien valutyö suoritetaan valukuoppaa tai pumppuvälineistöä hyväksi käyttäen, mutta kuitenkin niin että suurin mahdollinen betonin pudotuskorkeus on maksimissaan 1 m. Betonin pudotuskorkeutta ei saa kasvattaa 1m suuremmaksi, koska korkeampi pudotuskorkeus aiheuttaa betonin runkoaineksen erottumista. Valettavan betonin valunousunopeus on 200 mm kierrokselta sauvatäryntä käyttäen. Nousunopeuden ra-

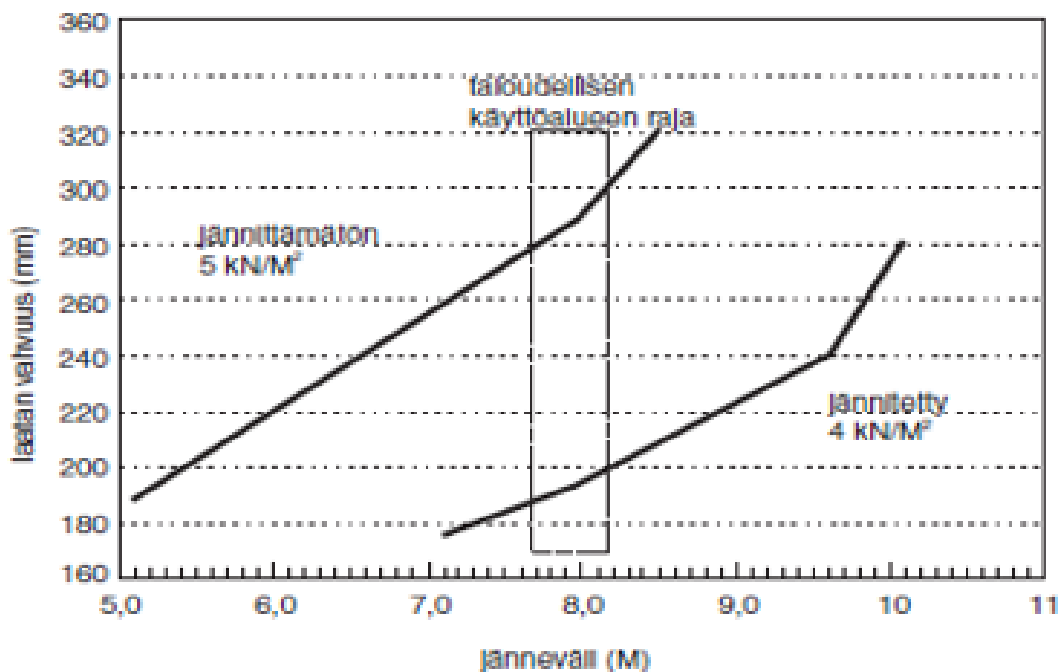
joitus johtuu muottiin kohdistuvasta paineesta sekä suurella nopeudella suoritettu valu nostaa riskiä onkalojen muodostumiseen. Valutöissä on otettava huomioon lämpötila ja pidettävä se sellaisena, ettei betoni pääse jäätymään.

### 2.3.2 Jälkihoito

Jälkihoitolla varmistetaan paikallavalettujen rakenteiden kuivuminen työmaalla, jotta täytetään betonille asetetut vaatimukset. Jälkihoito suunnitellaan kohdekohtaisesti ottaen huomioon valutyön laajuus, sääolosuhteet, betonille asetetut laatuvaatimukset sekä vaatimusaste valmiille valulle. Jälkihoito voidaan lopettaa, kun betoni on saavuttanut 60 % suunnitellusta lujuudesta. Työmaalla tehdään erillinen jälkihoitosuunnitelma jokaista valua kohden.

## 2.4 Holvi

Paikallavalettu holvi mahdollistaa tiiveytensä ja massiivisuutensa ansiosta hyvän ääneneristävyyden sekä työkohtaisen muokattavuuden ilman erillisiä lisäkustannuksia. Paikalla valettu holvi tulee suunnitella niin, että tarvittavat palo- sekä lujuustekniset määräykset täyttyvät. Rakennettavassa kohteessa jännittämättömän holvin paksuutta määrittää kantavien seinien jännevälit joiden vaikutuksia voidaan tarkastella (kuva 3.) sekä (taulukko 4.)



KUVA 3. Betonilaattojen jännevälit (RT 82-10814 Paikallavaletut betonirunkorakenteet).

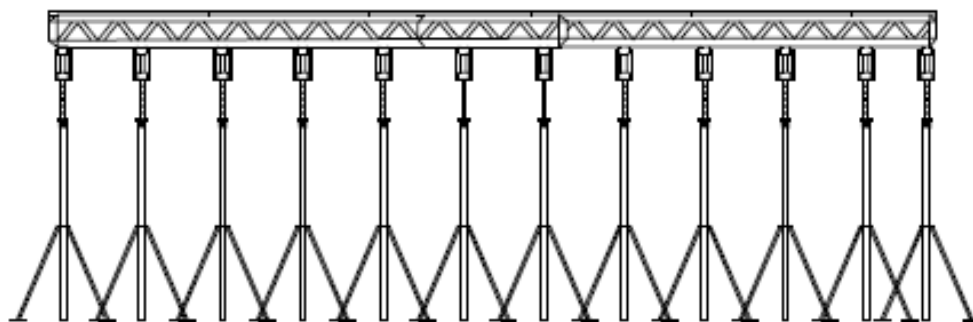
**TAULUKKO 8.2****Umpilaatan vähimmäispaksuus [mm]**

Palonkesto aika [min]	30	60	90	120	180	240
a) tavallinen betoni						
– laatan paksuus	60	80	100	120	150	175
b) kevytsorabetoni						
– laatan paksuus	60	65	80	95	120	140

TAULUKKO 4. (RT 82-10814).

## 2.4.1 Holvimuotti

Holvimuotti valmistetaan holvin alapinnan korkoon valitulla muottimenetelmällä. Muotin tulee kestää valumassan paine sekä työskentelystä aiheutuva kuorma. Muotin reunat tulee olla tiiviit, jottei hienempi valuaines eikä vesi pääse valumaan raoista pois. Muotti tulee valmistaa niin, että holvin valu saadaan liitettyä kantaviin seinärakenteisiin. Muottitöistä on tehtävä erillinen suunnitelma, jossa esitetään muottijärjestelmä ja valusaumat. Muotin saa purkaa aikaisintaan, kun betoni on saavuttanut 60 % lujuuden. Holvimuottien valmistamisessa sekä purkamisessa on suuret tapaturmariskit ja työntekijät on perehdytettävä muottisuunnitelmiin sekä muotin valmistusmenetelmiin huolellisesti (Holvimuotti kuva 4. Marko Pesonen).

**Muotti**

- 22mm Vaneri (naulataan kevyesti kiinni)
- Doka palkki 240mm k600. Palkkien limitys vähintään 500mm
- Dokapalkki 240mm k600. Palkkien limitys vähintään 500mm
- Tyltät k1000mm

Holvimuotti kuva 4. (Marko Pesonen,2017)

## 2.4.2 Valutyö

Holvi valutyön voi toteuttaa pumppu tai kuoppa välineistöllä. Betonimassa levitetään muotille tasaisesti samalla tiivistäen sauvatäryttimellä, varmistaen massan tunkeutumisen muotin jokaiseen kohtaan. Valu tasaan laserilla suunnitelmissa esitettyyn korkoon. Betonin annetaan kuivua muutaman tunnin verran, jonka jälkeen pystytään suorittamaan hiertämis- sekä liippaustyö. Betonin pinta on hierrettävä puuhiertimellä niin, että pintaan nousee betoni liima, joka viimeistellään teräslastalla liippaamalla. Lattioiden pintarakenteet valmistetaan siten, että vaadittava mittatarkkuus saavutetaan.

## 2.5 Lämmitys sekä kuivatus

Rakennusaikaisella lämmityksellä ja kuivauksella pyritään saavuttamaan työmaalla optimaalinen lämpötila rakenteiden kuivumiseen. Lämmityksen järjestäminen kohteeseen on erittäin oleellinen osa runkorakentamista. Betonirakenteet eivät saa työmaaolosuhteissa jäätyä ja liian alhainen lämpötila hidastaa kuivumisreaktiota. Rakennustyömaa lämmitetään puhaltimilla jotka voivat olla joko sähkö- tai polttoöljykäyttöisiä. Betonirakenteisiin on mahdollista asentaa valun yhteydessä lämmitysjärjestelmä joka pitää valetun rakenteen halutussa lämpötilassa. Eri lämmitysjärjestelmien energiankulutusta voidaan tarkastella taulukosta (taulukko 5).

Lämmitysmenetelmien energian kulutukset

Menetelmä	Energian kulutus kWh/bm <sup>3</sup>	Betonin kovettumisaika vrk
Lankalämmitys	60...100	1...3
Muottilämmitys	50...100	1...3
Infrapunalämmitys	90...180	1...3
Kuumailmalämmitys	150...500	2...5
Kuumabetoni	150...500	0,75...2

TAULUKKO 5. (Talvirakentaminen JK.)

### 2.5.1 Puhallin lämmitin

Rakennuksen lämmittäminen puhalltimella vaatii, että lämmitettävä alue on eristetty ulkoilmasta esimerkiksi rakennuspeitteillä. Puhallinlämmitin on asennettava niin, että puhallettava ilman leviää mahdollisimman laajalle. Lämmittimiin on mahdollista asentaa letkuja, joilla voidaan haaroittaa puhallusta moneen eri kohteisiin.

Lämmitystarpeen mitoitukseen käytetään kaavaa:

$$V \times T \times K = \text{Kcal/h, jossa}$$

V= lämmitettävän alan tilavuus

T= ulkolämpötilan ja halutun sisälämpötilan eroa

K= hajontakerroin tilan eristämisen mukaa

K=4 jos tila on eristämätön

K=0,5 jos tila on eristetty energiamääräysten mukaan

### 2.5.2 Betonin lankalämmitysmenetelmä

Betonin lankalämmityksessä verkkovirta johdetaan työmaalla sähkölämmitysmuuntajaan, joka muuttaa verkkojännitteen 9-42V suojajännitteeksi. Runkokaapeleita pitkin suojajännitevirta johdetaan lämmitettävään rakenteeseen. (Kone-Ratu kortti 07-3031).

### 2.5.3 Kuivamisaika

Betonirakentamisessa oleellisena osana on rakenteiden kuivattaminen ja kuivatusaikojen arviointi. Ennen valutöitä tehdään kuivatussuunnitelma, joka on osana rakentamisen kosteudenhallintaa. Eri betonilaatujen kuivumisaikoja on esitetty (taulukko 6.)

Eri betonilaadun kuivumisaikoja tietyissä olosuhteissa

Rakenne -suhteellinen kosteus	Peruslattiabetoni	Nopeasti sitoutuva lattiabetoni	Nopeammin päällystettävä lattiabetoni (NP)
Pintalattia, 50 mm - tavoite RH 90 % - tavoite RH 85 %	n. 7 viikkoa n. 12 viikkoa	n. 7 viikkoa n. 12 viikkoa	n. 3 viikkoa n. 5 viikkoa
Holvi, 240 mm - tavoite RH 90 % - tavoite RH 85 %	n. 12 viikkoa n. 22 viikkoa	n. 12 viikkoa n. 22 viikkoa	n. 6 viikkoa n. 10 viikko
Olosuhde: T = +20 °C, RH = 45 % Jälkihoitona muovipeite 1 viikko, ei tasoitetta, ei kastumista. Ajat eivät ole yleispäteviä.			

Taulukko 6. (Mantila 2014, 516)

Jälkihoidon, rakennepaksuuden ja kuivumisolosuhteiden vaikutus vesi-sementtisuhteiltaan erilaisten betoneiden kuivumisaikoihin saadaan selville taulukon 13 ja taulukon 11 avulla. Esimerkiksi vesi-sementtisuhteen ollessa 0,7 ja rakennepaksuuden 250 mm, kestää betonin kuivuminen 90 % RH-arvoon arviolta noin

144 vuorokautta. Vesi-sementti suhteen ollessa 0,6 betonin kuivuminen kestää noin 92 vuorokautta. Jos betonin vesi-sementtisuhte olisikin 0,5 kestäisi betonin kuivuminen vain noin 48 vuorokautta.

Betonin kuivumisaikoja

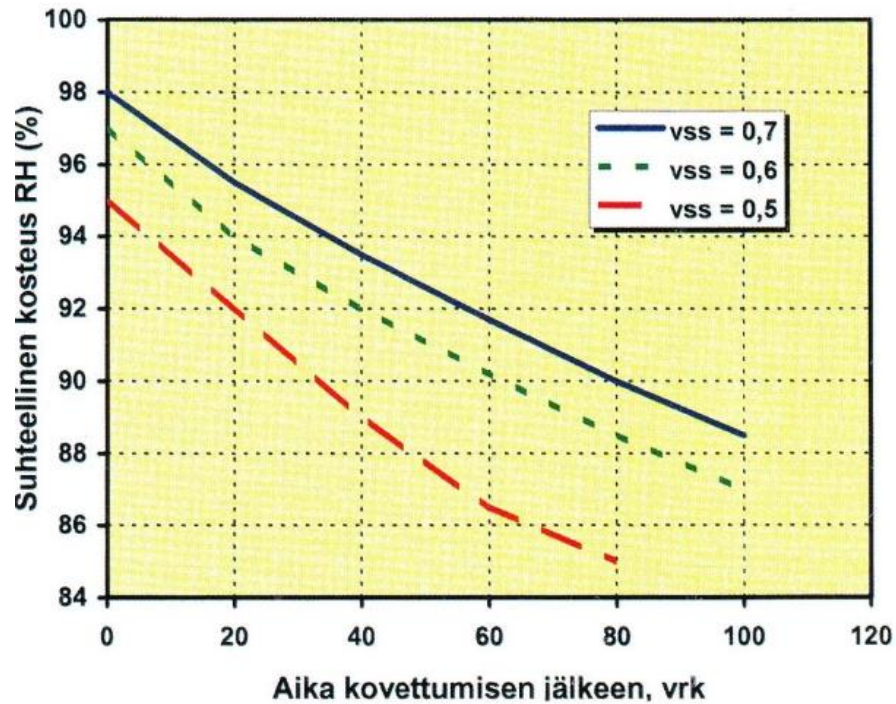
<b>Muuttuja</b>	<b>Betoni 1</b> vss 0,7	<b>Betoni 2</b> vss 0,6	<b>Betoni 3</b> vss 0,5
<b>Jälkihoito:</b>			
1 vrk muotissa	0,7x	0,5x	0,5x
14 vrk vedessä	1,0x	0,9x	0,8x
28 vrk muovikalvo	0,8x	0,7x	0,5x
14 vrk vedessä +			
14 vrk muovikalvo	1,0x	1,0x	1,0x
28 vrk vedessä	1,3x	1,3x	1,0x
<b>Rakennepaksuus:</b>			
100 mm	0,4x	0,4x	0,4x
150 mm	0,7x	0,8x	0,8x
180 mm	1,0x	1,0x	1,0x
200 mm	1,2x	1,1x	1,1x
250 mm	1,8x	1,5x	1,4x
<b>Kuivumisolosuhte:</b>			
RH = 35 %	0,8x-0,9x	0,8x-0,9x	0,8x-0,9x
RH = 60 %	1,0x	1,0x	1,0x
T = 18 °C	1,0x	1,0x	1,0x
T = 30 °C	0,6x-0,7x	0,6x-0,7x	0,6x-0,7x

Taulukko 7. (Lumme & Merikallio 1997, 13.)

Vesi-sementtisuhteeltaan erilaisten betonien ohjeelliset kuivumiskäyrät. Kuivumisen oletetaan alkavan kovettumisen jälkeen (28 vrk). Jälkihoidon, rakennepaksuuden ja kuivumisolosuhteiden vaikutus kuivumiseen saadaan kertomalla käyrältä saatu kuivumisaika taulukosta 7. saatavilla kertoimilla. (Merikallio & Lumme 1997, 13.)

Betonin kuivumista voidaan arvioida kovettumisaajan jälkeen taulukosta (taulukko 8).

Vesisementti suhteen vaikutus suhteelliseen kosteuteen



TAULUKKO 8. (Merikallio & Lumme 1997, 11.)

#### 2.5.4 Jälkihoito

Paikalla valetuissa vaakatasoisissa rakenteissa on tärkeä valvoa kohteen kuivumista sekä hallita sitä jälkihoitomenetelmät niin, ettei kuivuminen tapahdu suunniteltua nopeammin aiheuttaen rakenteen halkeamia sekä lohkeamia. Valutöistä viikon (1Vk) kuluttua betonin pinnassa oleva betoniliima tulee hioa pois. Betoniliiman poishiomisella nopeutetaan tämän lopullista kuivumisprosessia.

### 3 BETONIELEMENTTIRUNKOINEN KERROSTALO

Betonielementtien käyttö rakentamisessa on yleistä, koska elementtivalmistajia löytyy ympäri maata, joten kuljetusmatkat työmaille ovat suhteellisen lyhyet ja kuljetuskustannuksissa voidaan saada säästöä. Nostokaluusto on nykypäivänä kehittynyt siinä määrin, että suuriakin elementtejä voidaan nostaa työmaalla paikalleen ja tämä nopeuttaa rakentamista työmaolosuhteissa huomattavissa määrin. Betonielementtijärjestelmällä on mahdollista valmistaa rakennuksen runko kokonaisuudessaan. Elementtirakentaminen vaatii huolellisen suunnittelun kohteeseen.

Elementit valmistetaan tehtaissa suunnitelmien mukaisesti ja kuljetetaan työmaalle. Työmaalla elementit varastoidaan säältä suojattuna ja nostojärjestyksessä. Elementit nostetaan suunnitelmien mukaisessa järjestyksessä paikalleen ja tuetaan suunnitelmien mukaisesti. Elementtisuunnitelma on laadittava niin, että työskentely on mahdollisimman turvallista ja kustannustehokasta.

#### 3.1 Elementti

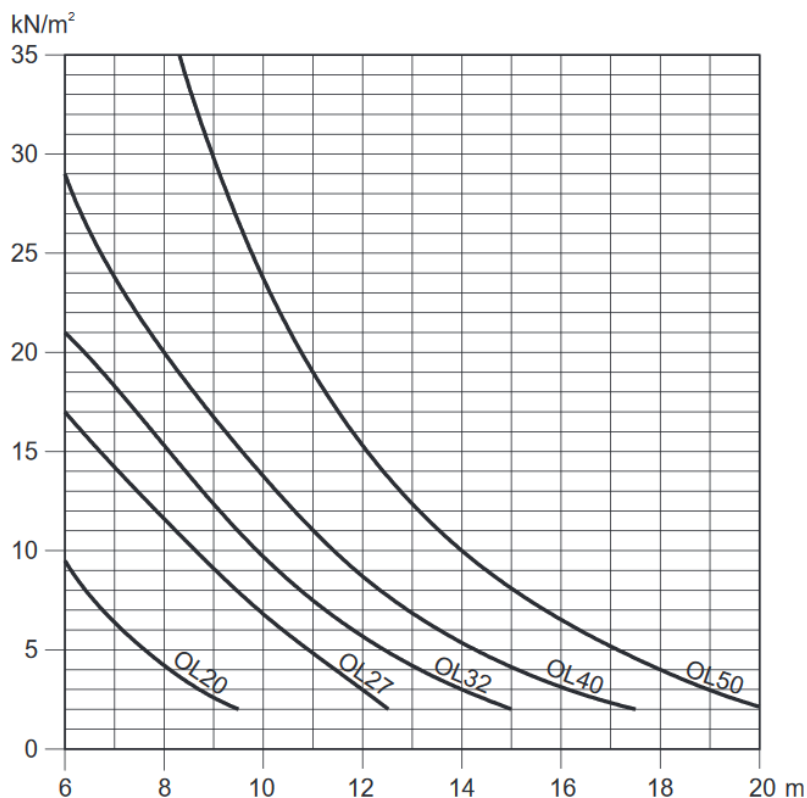
Elementit käsittävät yhden tai useamman rakennuksen osat, jotka nostetaan rakennusvaiheessa paikalleen ja liitetään toisiinsa. Elementit voivat olla valmistettu eri rakennusmateriaaleista, mutta opinnäytetyön kohteessa käsitellään teräsbetonielementtejä.

##### 3.1.1 Seinät

Asuinrakennuksen kantavana pystyrunkona käytetään yleensä betoniväliseiniä ja osin julkisivuelementtien kantavaa teräsbetonista sisäkuorta. Asuntojen väliset seinät tehdään betonista. Tällöin väliseinät täyttävät myös vaadittavat äänitekniset vaatimukset. Esijännitettyjen välipohjalaattojen pitkät jännevälit mahdollistavat pinta- alaltaan suurien asuntojen tekemisen ilman sisäisiä kantavia väliseiniä. Vasta jännevälin ylittäessä 12 m, asuntojen sisäisten kantavien väliseinien rakentaminen on tarpeen (RT82-10821 betonielementtirunkorakenteet 2.3)

##### 3.1.2 Holvit

Asuinrakennuksen vaakarunko koostuu kantaviin seiniin tukeutuvista laatoista. Välipohjalaatat ovat yleensä esijännitettyjä ontelo- tai kuorilaattoja. Kuorilaattojen suurin jänneväli asuinrakennuksissa on 7...8mja vastaavasti ontelolaattojen 11...13 m. Kerrostaloissa välipohjalaatta on yleensä 265 mm, 320 mm tai 370 mm paksuinen ontelolaatta. Esimerkkejä ontelolaattojen käyttö alueesta kuva5. Palonkestoaajan ollessa suurempi kuin R60 välipohjissa käytetään ontelolaattana ns. palolaattaa, joka on tyyppihyväksytty ko. palo- luokkaan. Vastaavasti kuorilaattavälipohjissa suurennetaan laattaelementin paksuutta. (RT 82-10821 betonielementtirunkorakenteet 2.3)



Kuva 5. Ontelolaattojen käyttöalue. (RT 82-10821)

### 3.1.3 Elementtiasennus

Elementtien asennuksesta on laadittava asennussuunnitelma ennen asennustöiden aloitusta. Elementtiasennussuunnitelman teosta vastaa työmaa, mutta se on hyväksyttävä rakennesuunnittelijalla. Asennussuunnitelman on oltava työmaalla kirjallisessa muodossa. Elementtien asennuspaikat mitataan paikoilleen rakennuksen mittalinjoista tai -pisteistä esimerkiksi takymetrillä tai mitalla. Asennuslinjat ja paikat merkitään niin, että ne ovat näkyvissä asennustyön edetessä. Elementin oikea korkeusasema mitataan tai tasolaserilla ja mitalla.

Asennusalusta puhdistetaan liasta, vedestä, jäätystä ja muista epäpuhtauksista ennen asennustyön aloitusta. Tarvittaessa, esimerkiksi betonivalun päälle asennettaessa, suuret epätasaisuudet poistetaan piikkaamalla pinta suoraksi. Ontelolaatan asennustyön yhteydessä elementit säädetään vaakasuoraan sopivankorkuisilla asennustassuilla. Elementit nostetaan suoraan kuormasta tai välivarastosta suunnitellussa asennusjärjestyksessä. Nostettaessa käytetään aina varmuusketjua. Kavennetut laatat voidaan nostaa myös tehtaalla laattaan valetuista nostolenkeistä.

### 3.2 Valutyöt sekä jälkihoito

Elementtitoissa valutyöt käsittävät pääosin elementtien juotosvalun toisiinsa kiinni. Juotosvalamalla saadaan elementtirakenteista yhtenäisiä ja näin ollen saavuttavat suunnitelmissa laaditun jäykkyyden sekä kantavuuden. Kokonaisuudessaan valutöiden ajan sekä valun kuivumiseen saakka elementit on oltava tuettuna. Ontelolaattojen pinta puhdistetaan huolellisesti ja tarvittava talotekniikka asennetaan ennen valutöitä. Valutyöt suoritetaan sisäryl2013 määräyksiä täyttämään kuten kohdassa 2.5.1 Valutyö sekä kuivatus voidaan toteuttaa samalla tavoin kuin kohdassa (2.5).

Opinnäytetyön kohteessa sekä laskennassa käytetään sisäkuorielementtejä sekä 200 mm paksuisia väli-seinä- elementtejä. Holvien elementit koostuvat ontelolaatoista, joiden päälle valetaan 100 mm paksu pinta-valu.

Elementit liitetään toisiinsa vaijerilenkkien sekä harjateräksien avulla. Elementtiliitokset suunnittelee rakennesuunnittelija, sillä elementtien liitokset ovat tärkeä osa rakenteen jäykkyydessä sekä kantavuudessa. Liitokset "sinetöidään" Juotosvalulla.

#### 4 RUNKOKUSTANNUKSET

Runkokustannuksia lähdettiin litteroimaan Talo-80 nimikkeistön mukaisesti ja jaoteltiin Excelin kustannuslaskenta- pohjalla työtehtävä kohteittain. Litteroinnin sekä työtehtävien nimikkeistön laadinnan jälkeen aloin laskea materiaalmääriä tilaajan toiveiden mukaisesti, huomioiden myös rakentamistavat ja siihen liittyvät materiaalit. Määrien laskentaan sain tilaajalta asemakaava- ja kellarikuvan sekä kuvat kerroksista 1 – 5. Kuvien pohjalta oli helppo toteuttaa materiaalien määrälaskenta ja siirtää määrät Excel kustannuslaskentapohjaan.

Rakennusmateriaalien valinta koostui laajalti siihen, mitä tilaaja on aikaisemmissa urakoissaan käyttänyt ja todennut toimivaksi. Materiaalien valinnassa keskityin erityisesti siihen, mikä materiaali on työstettävyydeltään sekä laadultaan sellainen, että työntekijäkustannukset pysyvät linjassaan materiaalien kustannusten kanssa. Kustannuslaskennassa niin materiaalien kuin työntekijöiden osalta seurasin Rakennustöiden menekit 2015 kirjan ohjeita ja määräyksiä. Kaikki työntekijäkustannukset on laskettu T4 kokonaisuutta käyttäen ja materiaalien ollessa ALV 0 %.

Työmaan käyttökustannukset (Litterat 8 – 9) jakoutuivat lineaarisesti työmaan rakennusvaiheen keston suunnittelun mukaisesti. Kustannusten lopputulos koostuu Talo 80 mukaisesti litteroituna litteroista 1-9 jotka sisältävät:

- materiaalit
- työntekijäkustannukset
- työmaankäyttökustannukset
- hukkavarauksista
- sosiaalikulunnuksista.

#### 4.1 Paikalla valetun kerrostalon kustannukset

Opinnäytetyön tässä osiossa käsitellään ja avataan paikalla valettavan betonirunkoisen kerrostalon kustannusten muodostumista. Tavoitteena on selventää kustannuslaskennassa käytettyä Excel-taulukkoa (Taulukko 9).

RAM=rakennusammattimies

RM=rakennusmies

Seinämuottityövaiheen kustannukset määräytyvät muottimateriaaleista sekä muotin valmistamiseen tarvittavista työntekijäkustannuksista. Muotteja valmistetaan suunnitelmien mukaisesti työmaalla uudelleen käytettäviksi elementeiksi. Materiaalikustannukset ovat muottien osalta 30,64 €/m<sup>2</sup>. Työntekijäkustannukset ovat 4,37 €/m<sup>2</sup>, kun käytetään työryhmää, jossa on 2 Ram ja 3 Rm

Betonointi on laskettu niin, että massa kuljetetaan maksimissaan 20 km päästä työmaalta ja pumpataan erillisellä pumppukalustolla. Yrityksen omat työmiehet valavat betonoin muotteihin työryhmällä 2 Ram ja 2 Rm, jonka kustannus on 4,75 €/m<sup>3</sup>. Materiaalikustannukset koostuvat betonista ja teräksestä, joiden kustannus on 142 €/m<sup>3</sup>. Betonointiin kuuluvat vielä alihankintakustannukset, mitkä koostuvat pumppuautosta sekä betonin kuljetuskalustosta. Betonoinnin kokonaiskustannukset ovat yhteensä 183,79 €/m<sup>3</sup>.

Holvimuottivaiheessa työryhmän koko pysyy yhtä suurena kuin seinärakenteiden valmistamisen osalta. Eri rakentamisvaiheissa käytetään samaa betonitoimittajaa.

Holvin muottityövaiheessa käytetään Doka-muottijärjestelmää

- työntekijäkustannukset 7,66 €/m<sup>2</sup>
- alihankintakustannukset 11,41 €/m<sup>2</sup>
- yhteensä 19,07 €/m<sup>2</sup>

Holvin valuvaiheessa kustannusten määräytyminen

- työntekijäkustannukset 1,358 €/m<sup>2</sup>
- materiaalikustannukset 47,736 €/m<sup>2</sup>
- alihankintakustannukset 9,775 €/m<sup>2</sup>
- yhteensä 58,869 €/m<sup>2</sup>

Työmaan käyttökustannukset

- työntekijäkustannukset yhteensä 84 574,51 €
- ainekustannukset yhteensä 484 444,16 €
- käyttökustannukset 113 000,00 €

Kokonaisurakka hinnaksi muodostuu 850 256,88 €, ALV 0 %.





## 4.2 Elementtirunkorakentamisen kustannukset

Opinnäytetyön tässä osiossa käsitellään betonielementtirukoisen kerrostalon kustannusten määräytymistä sekä muodostumista. Tavoitteena on selventää kustannuslaskennassa käytettyä Excel-taulukkoa (Taulukko 10).

Ram=rakennusammattimies

Rm=rakennusmies.

Elementtirunkorakentamisen kustannukset määräytyvät todellisessa projektissa elementtitehtaiden hinnoittelusta sekä tarjouksista. Opinnäytetyössä elementti rakentamisen kustannuksia on lähdetty laskemaan klara.net-sovelluksen avulla, josta on pystytty hakemaan yleisiä elementtirakenteiden hintoja. Elementtirakentamisen työntekijäkustannukset ovat katsottu Rakennustöiden menekit 2015 -kirjasta ja laskettu T4 kokonaisaikamenekin mukaisesti.

### Väliseinäelementit

- hinnat 1422,71 €/kpl
- asennus 36,55 €/kpl
- kuljetus työmaalle 26 €/kpl

### Ulkoseinissä käytetyt kuorielementit

- hinnat 3727,66 €/kpl
- asennus 40,806 €/kpl
- kuljetus työmaalle 26 €/kpl

### Ontelolaatat

- hinnat 454,57 €/kpl
- asennus 11,28 €/kpl
- kuljetus työmaalle 26 €/kpl

### Holvien pintavalu

- yhteensä 35,23 €/m<sup>2</sup>

### Työmaan käyttökustannukset

- työntekijäkustannukset yhteensä 20 909,07 €
- ainekustannukset yhteensä 752 809,02 €
- käyttökustannukset 61 699,02 €/kpl

Kokonaisurakkahinnaksi muodostuu 1 044 305,43 €, ALV 0 %.

## Elementtirunkokustannukset

Koodi		Maarattiedot		Työkustannus				Kustannustiedot				Alih./omat palvelut/muut k.		Yhteensa		Työryhmä				
ro	suo	Nimike ja selitys	määrä	yks	tth/yks	h	€/h	€/yks	yht.€	huk-ka %	€/yks	yht.€	KL	€/yks	yht.€	€/yks	yht.€	RAM	RM	
1		Tuntipalkat	RAM				18,00													
2			RM				14,00	€												
3																				
4																				
5																				
6																				
7	1	Maa- ja pohjarakennus					0,00		0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0	0	
8							1,000		0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0	0	
9																				
10		Maa- ja pohjarakennus yhteensä					1		0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00			
11																				
12	2	Perustukset ja ulkop. Rakent.					1,000					0,00		0,00	0,00		0,00			
13																				
14		Perustukset yhteensä					1		0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00			
15																				
16																				
17	3	Runko- ja vesikattorakenteet																		
18																				
19		Parkkihallin laatta																		
20	23	21 Raudotukset	m2	0,005	3,047	15,60	0,07	€	47,53	17	€	5 481,26		0,00	0,00	8,17	€	5 528,79	2	3
21	23	22 Betonointi erikois betoni	m3	0,210	13,340	15,60	3,28	€	208,11	4	€	13 882,71		33,98	2 158,58	255,80	€	16 249,40	2	3
22	23	23 Jalkhoito	m2	0,020	13,540	14,00	0,28	€	189,56	0	€	0,00		0,00	0,00	0,28	€	189,56	2	2
23	23	24 Betoni hionta	m2	0,000	0,000	14,00	0,00	€	0,00	0	€	0,00		1,28	€	866,56	€	866,56	1	1
24	23	22 Betonointi	m3	0,210	5,324	15,60	3,28	€	83,05	4	€	3 574,17		33,98	€	861,39	€	4 518,61	2	3
25																				
26		Parkkihallin väliseinät																		
27	51	325 Mittaus	kpl	0,200	3,600	18,00	3,60	€	64,80	0	€	0,00		0,00	0,00	3,60	€	64,80	2	2
28	51	325 Elementtiasennus	kpl	1,770	31,860	16,00	28,32	€	509,76	0	€	25 608,78		0,00	0,00	1 451,03	€	26 118,54	2	2
29	51	325 tuenta	kpl	0,297	5,346	16,00	4,75	€	85,54	0	€	75,60		0,00	0,00	8,95	€	161,14	2	2
30	51	325 Sauma muutit	m2	0,300	1,800	16,00	4,80	€	28,80	10	€	73,92		0,00	0,00	17,12	€	102,72	2	2
31	51	325 Saumaus	m3	0,250	0,375	14,00	3,50	€	5,25	10	€	282,98		33,98	€	237,76	€	350,66	€	525,99
32	51	325 Muuttien purku ja puhdistus	m2	0,257	1,542	14,00	3,60	€	21,59	0	€	0,00		0,00	0,00	0,00	€	21,59	2	2
33		Parkkihallin ulkoseinät																		
34	51	321 Mittaus	kpl	0,200	2,600	18,00	3,60	€	46,80	0	€	0,00		0,00	0,00	3,60	€	46,80	2	2
35	51	322 Elementtiasennus	kpl	1,620	21,060	16,00	25,92	€	336,96	0	€	48 459,58		0,00	0,00	3 753,58	€	48 796,54	2	2
36	51	322 tuenta	kpl	0,297	3,861	16,00	4,75	€	61,78	0	€	54,60		0,00	0,00	8,95	€	116,38	2	2
37	51	322 Sauma muutit	m2	0,300	1,260	16,00	4,80	€	20,16	10	€	51,74		0,00	0,00	17,12	€	71,90	2	2
38	51	322 Saumaus	m3	0,250	0,250	14,00	3,50	€	3,50	10	€	188,65		33,98	€	237,76	€	429,91	€	429,91
39	51	12 Muuttien purku ja puhdistus	m2	0,257	1,079	14,00	3,60	€	15,11	0	€	0,00		0,00	0,00	3,60	€	15,11	2	2
40	51	12 Muuttien purku ja puhdistus	m2	0,257	1,079	14,00	3,60	€	15,11	0	€	0,00		0,00	0,00	3,60	€	15,11	2	2
41																				
42		1-Kerrosken ontelo laatat																		
43	51	335 Mittaus	kpl	0,200	14,000	18,00	3,60	€	252,00	0	€	0,00		0,00	0,00	3,60	€	252,00	2	2
44	51	335 Elementtiasennus	kpl	0,480	33,600	16,00	7,68	€	537,60	0	€	32 936,40		0,00	0,00	478,20	€	33 474,00	2	2
45	51	335 Sauma muutit	m2	0,300	7,200	16,00	4,80	€	115,20	10	€	295,68		0,00	0,00	17,12	€	410,88	2	2
46	51	335 Saumaus raudotus	m3	0,290	2,842	16,00	4,64	€	45,47	10	€	1 848,77		33,98	€	237,76	€	2 127,55	2	2
47	51	12 Muuttien purku ja puhdistus	m2	0,257	3,084	14,00	3,60	€	43,18	0	€	0,00		0,00	0,00	3,60	€	43,18	2	2
48																				
49		1-Kerrosken väliseinät																		
50	51	325 Mittaus	kpl	0,200	4,600	18,00	3,60	€	82,80	0	€	0,00		0,00	0,00	3,60	€	82,80	2	2
51	51	325 Elementtiasennus	kpl	1,770	40,710	16,00	28,32	€	651,36	0	€	16 365,42		0,00	0,00	739,86	€	17 016,78	2	2
52	51	325 tuenta	kpl	0,297	6,831	16,00	4,75	€	109,30	0	€	96,60		0,00	0,00	8,95	€	205,90	2	2
53	51	325 Sauma muutit	m2	0,300	1,800	16,00	4,80	€	28,80	10	€	73,92		0,00	0,00	17,12	€	102,72	2	2
54	51	325 Saumaus	m3	0,250	0,250	14,00	3,50	€	3,50	10	€	188,65		33,98	€	237,76	€	429,91	€	429,91
55	51	325 Muuttien purku ja puhdistus	m3	0,257	1,542	14,00	3,60	€	21,59	0	€	0,00		0,00	0,00	3,60	€	21,59	2	2
56																				
57		1-Kerrosken ulkoseinät																		
58	51	325 Mittaus	kpl	0,200	4,000	18,00	3,60	€	72,00	0	€	0,00		0,00	0,00	3,60	€	72,00	2	2
59	51	325 Elementtiasennus	kpl	1,620	32,400	16,00	25,92	€	518,40	0	€	48 459,60		0,00	0,00	2 448,90	€	48 978,00	2	2
60	51	325 tuenta	kpl	0,297	5,940	16,00	4,75	€	95,04	0	€	84,00		0,00	0,00	8,95	€	179,04	2	2
61	51	325 Sauma muutit	m2	0,300	2,400	16,00	4,80	€	38,40	10	€	98,56		0,00	0,00	17,12	€	136,96	2	2
62	51	325 Saumaus	m3	0,250	0,250	14,00	3,50	€	3,50	10	€	188,65		33,98	€	237,76	€	429,91	€	429,91
63	51	12 Muuttien purku ja puhdistus	m2	0,257	2,056	14,00	3,60	€	28,78	0	€	0,00		0,00	0,00	3,60	€	28,78	2	2
64																				
65		2-5 Kerrosken ontelolaatat																		
66	51	335 Mittaus	kpl	0,200	42,400	18,00	3,60	€	763,20	0	€	0,00		0,00	0,00	3,60	€	763,20	2	2
67	51	335 Elementtiasennus	kpl	0,480	101,760	16,00	7,68	€	1 628,16	0	€	96 368,84		0,00	0,00	462,25	€	97 997,00	2	2
68	51	335 Sauma muutit	m2	0,300	28,800	16,00	4,80	€	460,80	10	€	1 182,72		0,00	0,00	17,12	€	1 643,52	2	2
69	51	335 Saumaus raudotus	m3	0,290	11,136	16,00	4,64	€	178,18	10	€	7 244,16		33,98	€	156,21	€	7 578,55	2	2
70	51	12 Muuttien purku ja puhdistus	m2	0,257	24,672	14,00	3,60	€	345,41	0	€	0,00		0,00	0,00	3,60	€	345,41	2	2
71																				
72		2-5 Kerrosken väliseinät																		
73	51	325 Mittaus	kpl	0,200	18,400	18,00	3,60	€												



## 5 AIKATAULUT

Opinnäytetyön rakennuskohteelle tehtiin kaksi aikataulua TCM-planner ohjelmalla. Aikataulujen tavoitteena oli tukea kustannuslaskentaa työmaankeston osalta. Aikataulut valmistettiin Excelillä tehdyn kustannuslaskentataulukon pohjalta ja luotiin tehtäville toisistaan riippuvaisuudet. Aikataulussa tarvittavat työryhmien koot määräytyivät Rakennustöiden menekit- kirjan pohjalta samalla tapaa kuin kustannuslaskennassakin käyttäen kokonaisaikaa T4.

### 5.1 Paikallavaletun betonirunkoisen kerrostalon aikataulu

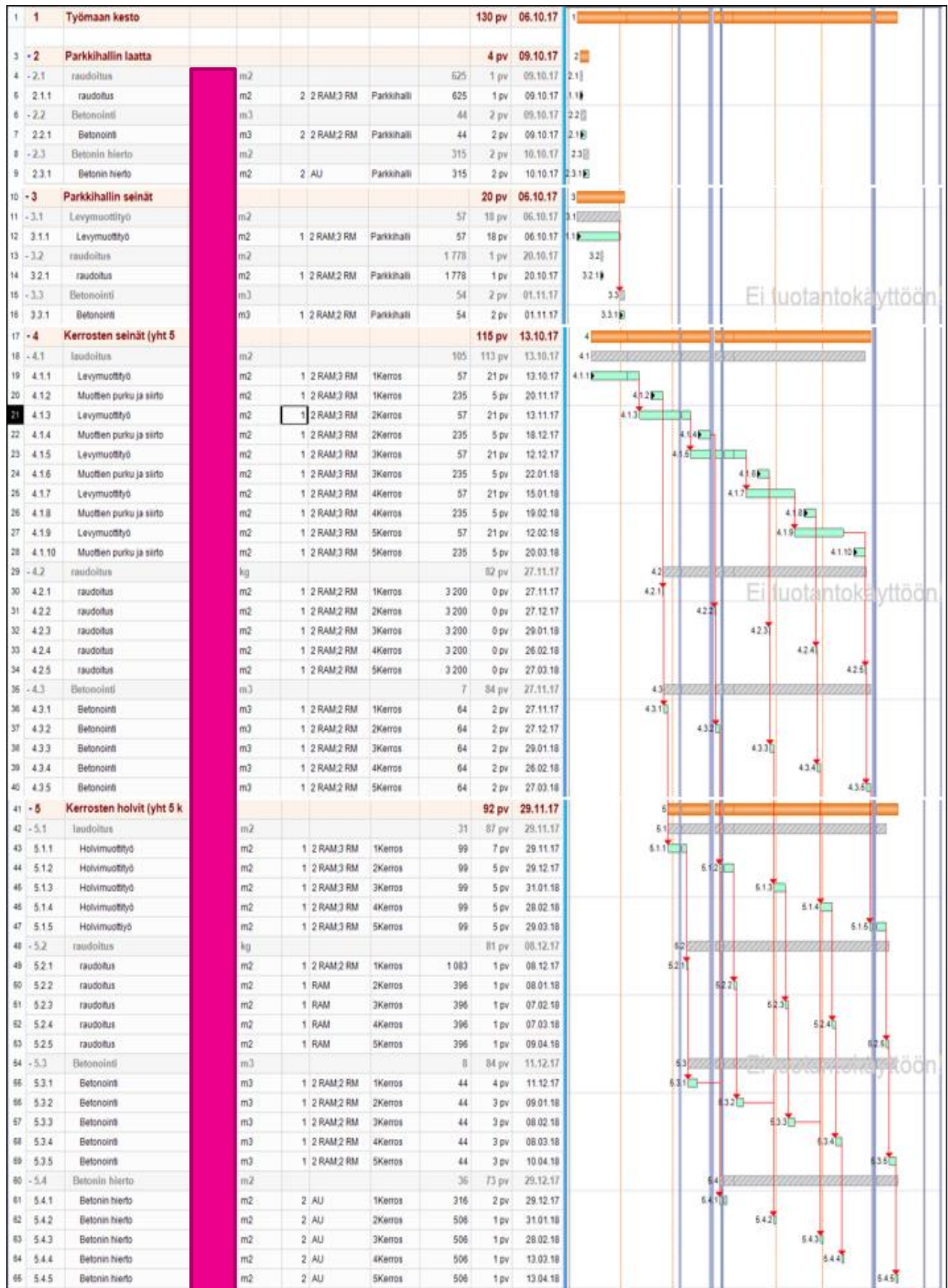
Paikallavalettavassa betonirungossa käytettiin levymuottia. Se valmistettiin niin, että jaksotus muodostetaan yksilöllisesti kahden rakennuskerroksen välille. Holvimuottijärjestelmän jaksotus riippui puretuista seinämuotteista. Tällä mahdollistetaan työmaan logistiikan toimivuus sekä työturvallisuus. Holvimuottien kuivumisajaksi saatiin laskennallisesti 7 vuorokautta, mikä määrittää muottien purkuvaiheen. Väliseinien muottien valmistaminen on jaksotettu holvin kuivumisajan kanssa, jolloin muottien valmistamisen saa aloittaa aikaisintaan 1 vuorokauden kuluttua valusta.

Aikataulu on jaksotettu niin, että jokaista rakennusvaihetta kohden on oma työryhmä. Tällä jaksottamisella tavoitellaan kustannustehokasta työskentelyä, koska samat työryhmät toistavat samaa tehtävää. Kerroksia on yhteensä 6 kpl ja pohja pysyy samana lukuun ottamatta parkkihallia sekä ensimmäistä kerrosta. Aikataulutuksessa samojen rakenteiden toistuvuus tarkoittaa T4-kokonaisajan kerrointa niin, että työ on nopeampaa suoritämäärien kasvaessa. Aikataulun riippuvuus muotti- sekä valutöiden välillä on vakioitu opinnäytetyössä tarkoituksella. Käytännössä tarvitaan työmaa-aikataulussa pelivaraa ja riskivarausta.

Aikataulun käytössä on otettava huomioon se, että betonille asetetut kuivamisajat on laskettu betonille optimaalisissa olosuhteissa. Talvirunkorakentamisen aikataulua jouduttaisiin muokkaamaan niin, että rakentaminen on mahdollista sääolosuhteiden muutoksesta riippuen. Kuivamisajat näyttelevät suurta osaa talvirakentamisessa.

Aikataulusta selviää riippuvuudet, jaksotukset, työryhmät sekä kerrokset, missä työskennellään. Kokonaisurakan ajaksi muodostui 130 vuorokautta. Mahdollista olisi nopeuttaa aikataulua lisäämällä työryhmiä sekä käyttämällä nopeammin kuivuvaa betonia. Tämä aiheuttaisi mahdollisia kustannusnousuja rakentamisessa (Taulukko 11).

## Aikataulu

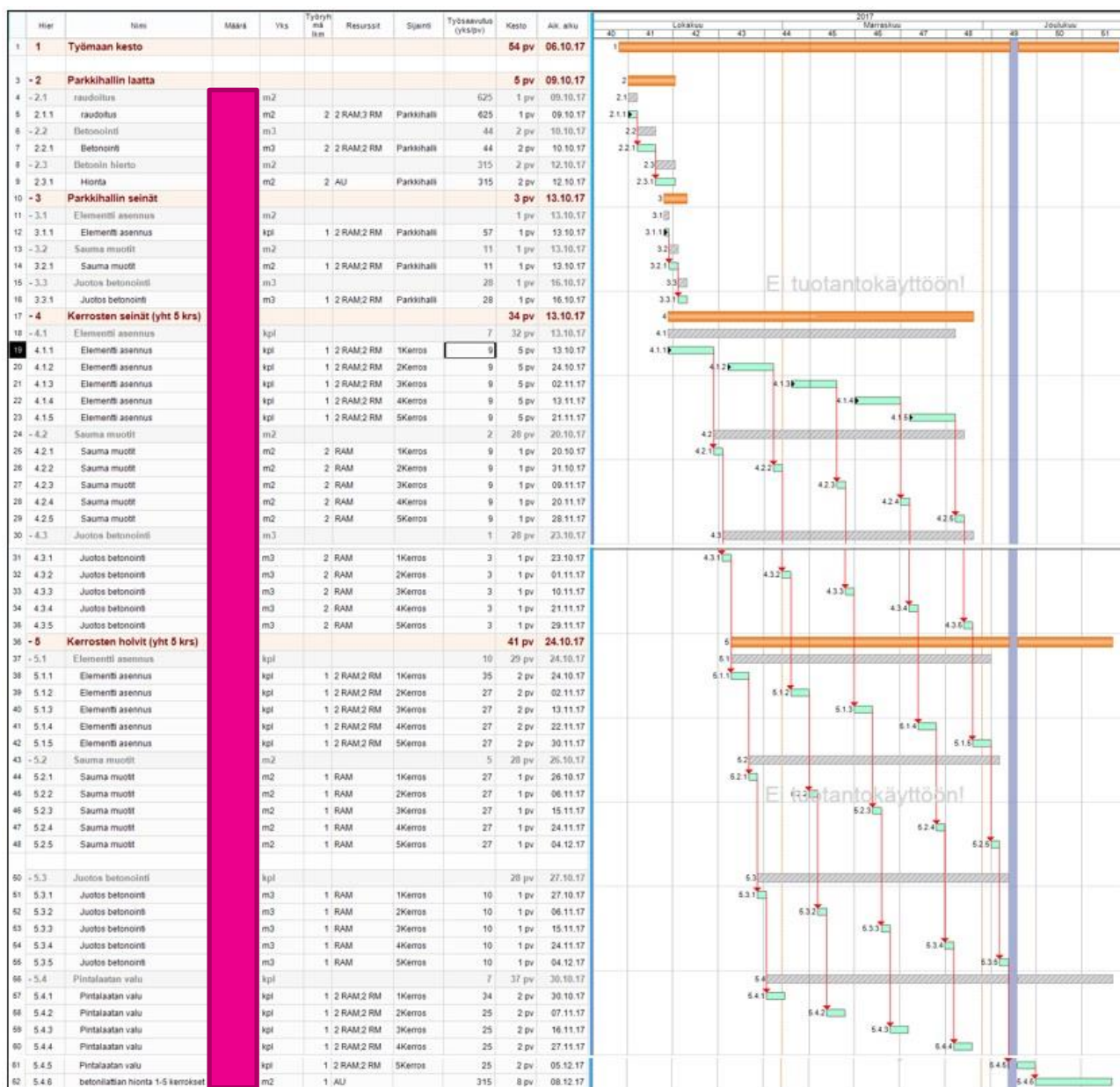


TAULUKKO 11. Paikallavaletun betonirungon aikataulu

## 5.2 Elementtirunkoisen kerrostalon aikataulu

Betonielementtirunkoisen kerrostalon aikataulua lähdettiin suunnittelemaan sellaisella jaksotuksella, että elementtejä varastoidaan työmaalla vain sen verran, kun tulevan viikon aikana työryhmä ennättää asentamaan paikalleen. Elementtiasennus on jaksotettu riippuvuuksiltaan niin, että seinäelementtien asennus tapahtuu väliseinistä ulkoseiniin päin. Tavoitteena on tällä järjestyksellä elementtiasentamisessa saavuttaa mahdollisimman hyvä näkyvyys nostojen kanssa. Jokaisen kerroksen osalta on riippuvuus asetettu niin, että saumojen juotosvalujen tulee olla kuivuneita ja saavuttaneet vähintään 60 % lujudestaan ennen tuentojen poistamista. Ontelolaattojen asennus on jaksotettu kuitenkin limittäin seinien saumavalun kuivumisajan kanssa, jotta työskentely työmaalla saadaan sujuvaksi ilman katkoja. Työryhmät ovat jaksotettu jokaista työkohtetta kohti niin, että jokaiselle työvaiheelle on oma työryhmänsä. Työryhmäjaksotuksella tavoitellaan liukuvaa työmaan etenemistä ja työkohteiden kustannustehokasta toimintaa työryhmien toistaessa samaa kaavaa. (Taulukko 12).

## Aikataulu



TAULUKKO 12. Betonielementtirakentamisen aikataulu (Marko Pesonen, 2018).

## 6 POA

Potentiaalisella ongelmien analyysillä opinnäytetyössäni esitän molempien rakentamisen tapojen välillä esiintyviä riskejä ja vertailen näitä. Riskianalyysi on rakennusurakassa tärkeässä osassa sillä riskien ennakointi ja niihin puuttuminen mahdollistaa kustannustehokkaan ja turvallisen rakentamisen. Rakentamisessa tapahtuessa vahinko/ tapaturma johtaa yleisesti suuriin kustannuksiin ja sanktioihin.

## 6.1 Paikallavaletun kerrostalon PO- analyysi (POA)

Marko Pesonen	Paikallavalettu betnoirunkoinen kerrostalo	28.1.2018
---------------	--	-----------

Vaaraa/uhkaa aiheuttava tilanne	Seuraukset	Riski	Nykyinen varautuminen	Toimenpideehdotukset
Muottien hajominen valussa	Valutyön keskeytyminen	Henkilö, kustannus, materiaali	Suunnitelmien mukaan eteneminen	Muottien valvonta ja varmistus
Valuun jäävät kolot	Rakenne valettava uusiksi tai purettava	Laatu, kustannus, materiaali	Ohjeistus	Valvonta ja perehdytys työteltävään
Työtapaturmat	Putoaminen	Tapaturma	-	Putoamissuojaus
Väärä valumassa	Laadun heikkeneminen	Laatu, kustannus, materiaali	-	Massan tarkastaminen
Suunnitteluvirheet	Laadun heikkeneminen	Laatu, kustannus, materiaali	-	Suunnitelmiin perehtyminen
Aikatauluvirhe	Laadun heikkeneminen	Kustannus	-	Viestinnän ja valvonnan panosten lisääminen

Taulukko 13. (POA, Marko Pesonen, 2018)

Paikallavaletuissa rakenteissa PO-analyysissä käsitellään rakennusvaiheiden riskejä. Riskejä muodostuu erityisesti valutyön aikana. Valutöiden epäonnistuessa, esimerkiksi muotin särkymisen seurauksena voi olla suuria henkilö- ja taloudellisia vahinkoja. Jokaista rakennuskohtaa kohden olisi tärkeää tehdä erillinen analyysi ja selvittää kaikki mahdolliset riskit ja kuinka nämä voitaisiin välttää. (Taulukko 13).

## 6.2 Betonielementtirunkoisen kerrostalon PO- analyysi (POA)

Marko Pesonen		Betonielementtirunkoinen kerrostalo	28.1.2018	
Vaaraa/uhkaa aiheuttava tilanne	Seuraukset	riski	Nykyinen varautuminen	Toimenpide-ehdotukset
Elementtien puuttuminen	Työmaan pysähtyminen	Kustannus, materiaali	Suunnitelmien mukaan eteneminen	Valvonta ja varmistus
Elementin kaatuminen	Tapaturma	Tapaturma	Ohjeistus	Valvonta ja perehdytys työtehtävään
Työtapaturmat	Putoaminen	Tapaturma	-	Putoamissuojaus
Tuulinen sää	Tapaturma, Työn hidastuminen	Kustannus, materiaali, tapaturma	-	Sään seuranta
Suunnitteluvirheet	Laadun heikkeneminen	Laatu, kustannus, materiaali	-	Suunnitelmiin perehtyminen
Aikatauluvirhe	Laadun heikkeneminen	Kustannus	-	Viestinnän ja valvonnan panosten lisääminen

Taulukko 14. (POA, Marko Pesonen, 2018)

Elementtirakentamisen riskit keskittyvät suunnitteluun sekä elementtien asennusvaiheeseen. Suunnitteluvaiheen riskit ovat elementtisuunnitelman epäonnistuminen tai mahdollisen elementtitarjouksen väärinymmärrykset. Elementin puuttuessa voi työmaa pysähtyä viikoiksi, mikä aiheuttaa lisäkustannuksia. Nostovaiheessa erillinen nostosuunnitelma ja perehdytys on välttämätöntä vakavien tapaturmien välttämiseksi (Taulukko 14).

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä paneuduttiin alkuun teoriaosuuteen, mikä oli valurakentamisessa laajempi johtuen betonin valinnassa huomioitavista seikoista. Mikäli kerrostalon runko valmistetaan betonivaluna työmaalla, se antaa suunnittelijalle, urakoitsijalle sekä tilaajalle monesta osasta koostuvan rakennusurakan. Tämä rakentamistapa mahdollistaa oikein suunniteltuna ja toteutettuna kustannustehokkaan lopputuloksen. Varjopuolena voidaan nähdä monesta tekijästä johtuva yhteisvaikutus, mikäli suunnittelu, työnjohto ja työntekijät eivät ole perehtyneet riittävästi työtehtäviinsä. Pahimmassa tapauksessa ne voivat aiheuttaa kustannuksien ja aikataulun pettämisen. Positiivisiin puoliin näen valurakentamisessa kustannustehokkuuden, itse rungon elinkaaren ja äänen eristävyden.

Elementtirakentamisessa ulkoistetaan alihankkijoille suuri osa runkovaiheen toteutuksesta, mistä johtuen työmaa-aikainen rakentaminen tulee nopeammaksi kuin paikallavalettu rakentaminen. Elementtitehtaat ovat nykyisessä taloussuhdanteessa työllistetty siinä määrin, että elementtien hinnat ovat nousseet korkeiksi ja toimitusajat ovat pidentyneet. Mikäli halutaan saavuttaa sujuva elementtirakentaminen, on satsattava suunnitteluun ja riskien ennakointiin. Positiivisina puolina ulkoistetussa elementtirakentamisessa näen lyhyemmän runkorakentamisajan työmaalla sekä riskien ulkoistamisen tehtaille.

Kokonaiskustannuseroksi näiden kahden rakentamistavan välillä saatiin vertailussa 194 048,55 € ilman arvolisäveroa. Kustannuksien osalta laskelmissa päästiin siihen, että paikallavalurakentaminen on edullisempi. Kustannukset, mitä opinnäytetyö käsittelee, olivat hyvin suuntaa-antavia, koska elementtien lopulliset hinnat määritetään tehtailta tarjouspyynnöllä ja niissä voi muodostua eroavaisuuksia. Paikallavalurakentamisen kustannuksiin vaikuttaa erittäin paljon betonin suhteutus, lisäaineet, vuodenaika ja työtehokkuuden valvonta.

### Kustannusten jakautuminen

Kustannusten määräytyminen näiden kahden rakentamistavan välillä muodostui materiaali-, työntekijä- ja työmaakustannuksista. Materiaalikustannusten muodostumiseen vaikutti suurelta osin molemmissa rakentamistavoissa käytetyt materiaalit. Jokaiseen rakentamiskohteeseen on hyvä suunnitella sekä vertailla materiaalikustannuksia, jotta saavutettaisiin kohdekohtainen kustannustehokkuus. Esimerkiksi paikallavalurakentamisessa on selvitettävä, onko edullisempaa vuokrata muottikalustoa vai käyttää levymuottia. Elementtirakentamisessa on puolestaan tarkasteltava elementtien kuljetusmatkoja ja yksittäisiä hintoja.

Kustannuslaskentaa vertailtaessa todettiin, että materiaalikustannusten osalta paikallavalurakentaminen oli halvempaa. Tässä materiaalikustannuksien vertailussa tulee kuitenkin ottaa huomioon, että paikallavalurakentamisessa on laskettu teräsbetonirakenteet minimiraudoitemäärällä. Elementtikustannukset on laskettu tehtaiden keskimääräisellä neliöhinnalla. Vertailua ei voida pitää itsestäänselvänä ennen kuin rakennushankkeeseen on tehty yksilöidyt suunnitelmat.

Työntekijäkustannukset elementtirunkorakentamisessa olivat selkeästi pienemmät kuin paikallavalurakentamisessa. Tämä johtuu siitä, että elementit valmistetaan tehtaalla ja työmaalla työvoiman käyttötarve on huomattavan paljon vähäisempää paikallavalurakentamiseen verrattuna. Tästä syystä paikallavalurakentamisessa työtehokkuuden valvonta sekä oikeanlainen johtaminen ovat erityisen tärkeässä roolissa kustannusten muodostumisessa.

Työmaan käyttökustannukset riippuvat täysin runkovaiheen kestosta. Näiden eroavaisuudet muodostuivat pääosin lämmitystarpeen arvioinnista, käytettävästä nostokalustosta sekä muista rakentamisaikaisen toiminnan edellyttämistä kustannuksista. Molempien rakentamistapojen vertailussa otettiin huomioon työmaan käyttökustannukset vuorokaudessa, jotka kerrottiin runkovaiheen kestolla. Elementtirakentaminen oli käyttökustannuksiltaan tehokkaampi johtuen lyhyemmästä rakennusajasta.

#### Aikataulueroavaisuudet

Aikatauluja lähdettiin luomaan ajatellen tilaajan työntekijäresursseja. Työryhmät suunniteltiin ja laskettiin sen mukaisesti, minkä toteuttamiseen Lapra Oy:llä olisi mahdollisuus ilman suuria rekrytointeja. Tavoitteena oli saavuttaa tilaajalle mahdollisimman hyvin yrityksen resursseilla toteutettava urakka. Työryhmät pääsääntöisesti jakautuivat niin, että yhteen ryhmään kuului kaksi rakennusammattilaista ja kaksi rakennusmiestä. Nämä ryhmät jaoteltiin niin, että työmaalla on rakennusvaiheeseen oma ryhmänsä. Sillä pyritään saavuttamaan aikataulullisesti sellainen tilanne, että jokainen työryhmä on kuormitettu saman verran.

Elementtirakentamisessa työryhmien koko oli myös aikatauluista nähdessä hyvässä linjassa yleisen betonirunkorakentamisen kanssa. Työryhmiä tai niiden kokoa lisäämällä ei välttämättä saavutettaisi oleellista aikatauluhyötyä. Suuremmassa roolissa on suunnittelun ja työnjohdon pätevyys, jotta saadaan työryhmät sekä työmaa-aikainen toiminta tehokkaaksi sekä sujuvaksi. Aikataulua luodessa oletettiin, että elementtejä varastoidaan yhden kerroksen vaatima määrä eli kaikki seinät sekä ontelolaatat. Työmaalle toimitettaisiin uudet elementit sekä varastoitaisiin silloin, kun elementtisaumatyöt olisivat käynnissä.

Paikallavalurakentamisessa hyödynnettiin lähes samankokoisia työryhmiä kuin elementtirakentamisessa. Työryhmät olivat jaoteltuina jokaista työvaihetta kohtaan niin, että jokaisen työvaiheen kesto olisi lähes yhtä pitkä. Tavoitteena oli saada luotua aikataulu, mikä mahdollistaisi työmaalla tasaisen työskentelyn jokaista työryhmää kohden. Paikallavalurakentamisessa miehitystä lisäämällä pystyttäisiin lyhentämään runkovaiheen kesto merkittävästi ja jopa voitaisiin päästä lähelle elementtirakentamisen runkovaiheen kesto.

## Riskien kartoitus

Potentiaalisen analyysin tuloksina voidaan nähdä molempien rakentamistapojen suurimmat riskitekijät ja vaaran aiheuttajat. Molemmissa vaihtoehdoissa on mahdollisuus suureen taloudelliseen vahinkoon sekä henkilövahinkoihin. Tästä syystä riskien kartoittaminen ja todentaminen ovat erittäin tärkeässä roolissa.

Paikallavalurakentamista suunniteltaessa on pystyttävä kartoittamaan mahdolliset riskit ja riskitekijät jo suunnitteluvaiheessa. Tärkeää on lähteä kartoittamaan riskejä avoimesti ja rohkeasti kyseenalaistamalla työnjohdon pätevyys valutöiden suunnitteluun ja toteutuksen suorittamiseen. Betonivalutöissä ja suunnitteluvaiheessa tehdyt virheet kustautuvat työmaalla suurissa määrin. Riskien kartoittaminen on osa kehittävää rakentamista ja sillä ehkäistään vahinkojen syntymistä. Valurakentamisen riskejä työnjohdon osalta ovat betonin valinta, sääolojen ennakointi, valun valvonta, aikataulujen joustavuus, käytettävä muottijärjestelmä, jokaisen työvaiheen valvonta ja työntekijöiden perehdyttäminen.

Työvaiheen mahdollisia riskejä kartoitetaan ennakoivasti ja niihin varaudutaan. Mahdollisimman laaja työvaiheikainen kartoitus sekä mahdollisimman monen projektiin osallistuvan henkilön mielipiteen kuuleminen on tärkeää työn onnistumisen kannalta. Rakennusprojekti koostuu monesta osasta. Jokaiseen tehtävään on oma ammattilaisensa. Ammattilaisten kuuleminen on osa riskikartoitusta. Paikallavalurakentamisessa on useita työvaiheita, joten on varauduttava useisiin riskeihin. Yksi suurimmista kustannus- ja työturvallisuusriskin aiheuttajista on muottien särkyminen valuvaiheessa. Esimerkiksi holvimuotin purkautuminen aiheuttaa valutyön keskeyttämisen, mikä luo aikataulu- sekä kustannusrakennemuutoksia negatiiviseen suuntaan.

Elementtirakentamisessa riskikartoitus toteutetaan samalla tavalla kuin paikallavalurakentamisessa, mutta riskit eroavat toisistaan. Suunnitteluvaiheessa riskit painottuvat suurelta osin elementtisuunnitteluun, logistiikkaan ja näiden pettämiseen. Pahimmillaan tämä aiheuttaa työmaan pysähtymisen. Tästä syystä elementtirakentamisessa on suunnittelua tehostettava ja kartoitettava tarkkaan riskit. Esimerkiksi suunnitteluvaiheena voi olla väärin mitoitettu elementti tai jopa kokonainen seinän sivu. Tämän kokoluokan virhe aiheuttaa suuria kustannuksia ja mahdollisesti oikeanlaisten elementtien odottaminen voi kestää useita kuukausia.

Rakennusvaiheessa on riskikartoitus tärkeää ja nostoja kohtaan tulee tehdä laajat ja yksityiskohtaiset suunnitelmat. Suunnitelmilla ja riskikartoituksella tavoitellaan turvallista ja tehokasta työskentely-ympäristöä. Nostettaessa tuhansien kilojen painoisia elementtejä on työturvallisuus erittäin tärkeää.

Riskikartoituksia vertaillaan kahden rakentamistavan välillä. Siinä huomattiin, kuinka tärkeää on riskien ennakointi molemmissa rakennustavoissa. Riskikartoitukseen kuuluu myös oleellisena osana rakennuksen käyttötarkoitus rakentamisaajan jälkeen. Rakennuksen tulee täyttää sille annetut vaatimukset. Rakennuksen elinkaarta ja sille asetettavia vaatimuksia suunniteltaessa on myös hyvä kartoittaa mahdolliset riskit ja riskitekijät rakentamistapojen välillä.

Potentiaalisten ongelmien analyysin tuloksena näen molemmissa rakentamisvaihtoehdoissa olevan merkittäviä riskejä. Rakentamista suunniteltaessa voidaan välttää tehokkaalla riskikartoituksella suurimmat riskit.

Paikallavalettu rakenne mahdollistaa suunnitteluvapautta sekä rakennuksen käyttöään mukauttamista halutulla tavalla. Tällä rakentamistavalla oikein suunniteltuna ja toteutettuna voidaan saavuttaa massiivinen ja pitkäikäinen runkorakenne. Elementtirakentaminen oikein suunniteltuna ja johdettuna mahdollistaa nopean ja tehokkaan rakentamisen.

## 8 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus tutkia betonirunkoisen kerrostalon rakentamisvaihtoehtoja elementti- ja paikallavalurakentamisen välillä. Opinnäytetyössäni perehdyin betonin ominaisuuksiin ja betonirakentamisen vaatimuksiin, joilla on vaikutusta betonin työstettävyyteen ja jälkihoitoon. Tavoitteena on päästä sellaiseen runkorakentamiseen, missä on mahdollista rakennusaikainen kuivattaminen, jotta kustannustehokkuus ei kärsisi.

Kustannusten osalta rakentamisvaihtoehdot ovat hyvin lähellä toisiaan. Työmaalla tehtävillä asioilla sekä toimivalla kustannuseurannalla ja kustannustavoitteilla pystytään vaikuttamaan rakentamisen kustannustehokkuuteen eniten. Työelämästäni saamalla kokemuksella olen pystynyt huomaamaan sekä näkemään sen, että kerralla onnistunut rakenne on halvempi kuin kerran korjattu rakenne.

Betoniteollisuudessa ovat elementtitehtaat tällä hetkellä niin kuormitettuja, että toimitusajat ovat jo yli puoli vuotta. Tämä aiheuttaa sen, että elementtirakentamisessa elementtisuunnitteluun ja työmaan valmisteluun on laitettava huomattavan paljon enemmän panoksia kuin esimerkiksi paikallavalurakentamiseen. Paikallavalurakentamisessa on kiinnitettävä erityisesti huomioita massan seurantaan ja siihen, että massa on suunnitelmien mukaista.

Työmaan rakennusaika elementtirakentamisella on nopeampaa kuin paikallavalurakentamisessa. Nopea rakentaminen on riippuvainen tehokkaasta suunnittelusta. Paikallavalurakentamisessa pystytään aikataulua nopeuttamaan lisäämällä työvoimaa siinä määrin, että saavutetaan rakenteiden etenemisnopeus. Ainoastaan muotin purkulujuudet ovat nopeutta rajoittavia tekijöitä. Muotin purkulujuuden saavuttamista pystytään nopeuttamaan betonin eri suhteutuksilla ja lisäaineilla, mutta nämä lisäävät kustannuksia.

Omasta mielestäni opinnäytetyöni oli erittäin laaja ja haastoi minua opiskelijana. Jouduin perehtymään betonirunkorakentamiseen hyvin monelta eri näkökannalta. Koulutuksessa oppimiani asioita, kuten tcm-planner aikatauluohjelma sekä Excelillä tehty kustannuslaskenta ovat helpottaneet opinnäytetyön lopputuloksen saavuttamista. Oman elämäni kokemus sekä näkemys rakennusalalta helpotti kustannuslaskentaa ja aikataulun laadintaa.

Opinnäytetyön tilaajana toiminut Lapra Oy pystyy tämän opinnäytetyön vertailujen sekä laskelmien tulosten avulla kehittämään omaa osaamistaan rakentamisessa erinäköisten urakoiden osalta ja saavuttamaan kustannustehokkaita ratkaisuja.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- BETONINORMIT 2016, by 65 [online]. [viitattu 2017-16-10] Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortistot/tuotteet/114657.html.stx>
- BETONIRAKENTEIDEN KÄYTTÖIKÄSUUNNITTELU 2007, by 51 [Painettu 2007]. [viitattu 2017-5-11] [http://betoni.com/wp-content/uploads/2017/05/BET1702\\_66-71.pdf](http://betoni.com/wp-content/uploads/2017/05/BET1702_66-71.pdf)
- Kone-Ratu kortti 07-3031 [online]. [viitattu 2017-16-10] Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/ratu/kortit/3032.html.stx>
- Kone-Ratu kortti 07-3032 Rakenteiden lämmitys ja kuivatus [online]. [viitattu 2017-16-10] Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortistot/ratu/fi/index/kone-ratu/taus/40370000/RTU2815.html.stx>
- Lumme & Merikallio 1997 [painettu 1997]. [Suomen Rakennusmedia Oy, Helsinki]
- Mantila ,A 2014, 516 [painettu 2014]. [Rakennusteollisuus, Helsinki]
- Ratu 0398 [online]. [viitattu 2017-16-10] Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/bin/get/id/5guoZSZP2%3A%2447%24R0398%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv061EEO%3AE4-4010-40110200-40110202-108582/R0398.pdf>
- RT RakMK-21253 RT BETONIRAKENTEET Ohjeet 2005 [online]. [viitattu 2017-16-10] Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortistot/tuotteet/114657.html.stx>
- RT RakMK-21403 KANTAVAT RAKENTEET Määräykset 1990 [online]. [viitattu 2017-16-10] Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortistot/tuotteet/103711.html.stx>
- RT YM1-21613 infra YM1-720209 Ympäristö ministeriön asetus kantavista rakenteista [online]. [viitattu 2017-16-10] Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortistot/tuotteet/110964.html.stx>
- RT05-10710 Kosteusrakennuksissa [online]. [viitattu 2017-16-10] Saatavissa: [https://www.rakennustieto.fi/tuote.html.stx?RANEget=/index/haku&tuote=/RT\\_7876](https://www.rakennustieto.fi/tuote.html.stx?RANEget=/index/haku&tuote=/RT_7876)
- RT 14-10984 BETONIN SUHTEELLISEN KOSTEUDEN MITTAUS [online]. [viitattu 2017-16-10] Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortistot/tuotteet/103082.html.stx>
- RT 80-10437 TERÄS- JA TERÄSBETONIELEMENTTIEN LIITOKSET [online]. [viitattu 2017-16-10] Saatavissa: [https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortistot/tuotteet/RT\\_834.html.stx](https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortistot/tuotteet/RT_834.html.stx)
- RT 82-10814 PAIKALLA VALETUT BETONIRUNKORAKENTEET [online]. [viitattu 2017-16-10] Saatavissa: [https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortistot/tuotteet/RT\\_8818.html.stx](https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortistot/tuotteet/RT_8818.html.stx)
- RT 82-10821 BETONIELEMENTTIRUNKORAKENTEET [online]. [viitattu 2017-16-10] Saatavissa: [https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortistot/tuotteet/RT\\_8862.html.stx](https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortistot/tuotteet/RT_8862.html.stx)
- SisäRyl2013 [online]. [viitattu 2017-16-10] Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortistot/tuotteet/108769.html.stx>
- Talvirakentaminen JK [painettu 2017]. [viitattu 2017-16-10]