

Atte Hyttinen

Asuinkerrostalon paikallavalurakenteiden kustannusten vertaus Ratu-pohjaiseen laskentaan

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

23.08.2013

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Atte Hyttinen Asuinkerrostalon paikallavalurakenteiden kustannusten vertaus Ratu-pohjaiseen laskentaan
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Juha Virtanen Projektipäällikkö Petri Nousiainen
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli laskea esimerkkikohteen kellarikerroksen paikallavalurakenteiden kustannukset ja verrata niitä kohteessa toteutuneisiin kustannuksiin. Työ rajattiin niin, että työssä tarkasteltiin ainoastaan seinä-, pilari- ja palkkirakenteita. Tavoitteena oli, että laskelmat sisältäisivät betonin, muotituksen ja raudoituksen materiaalikustannusten lisäksi raudoituksen työkustannuksen. Insinööriyön kustannusvertailu tehtiin Rakennusosakeyhtiö Hartelan Lahden yksikköön.</p> <p>Työssä tutkittiin aluksi yleisesti paikallavalurakentamista ja paikallavaluprosessin eri työvaiheita sekä tarkasteltiin paikallavalukustannusten muodostumista projektin eri vaiheissa. Tämän jälkeen aloitettiin varsinaisten kustannuslaskennan teko. Ensiksi kohteen kellarista tehtiin määrälaskentataulukko, jonka perusteella laskettiin Ratu-ohjeita hyväksikäyttäen työmenekkilaskelma. Lopullinen kustannuslaskelma tehtiin tämän jälkeen määräluettelon ja työmenekkilaskelman perusteella. Työssä tehtiin myös lisätarkastelu, jossa tutkittiin, kuinka kahden eri betonointimenetelmän kustannukset eroavat.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena saatiin laskelma kustannuksista, joita tämän jälkeen verrattiin kohteen toteutuneisiin kustannuksiin. Tuloksilla päästiin niin työnkeston kuin kustannusmäärien osalta lähelle todellisen kohteen vastaavia arvoja. Työn lopputuloksena syntyi myös kahden eri betonointimenetelmän vertailu, joka havainnollistaa menetelmien välisiä kustannuseroja. Kustannuslaskennan aikana tehtiin yrityksen käyttöön Excel-laskentataulukkopohja.</p>	
Avainsanat	paikallavalu, kustannus, Ratu

Author(s) Title	Atte Hyttinen Comparison Between Cast-in-Situ Expenses of a Apartment Building and Ratu-Based Calculation
Number of Pages Date	42 pages + 1 appendices 23 August 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Juha Virtanen, Senior Lecturer Petri Nousiainen, Project Manager
<p>The objective of this bachelor's thesis was to calculate expenses of the cast-in-situ structures from the example target. Then these expenses were compared to the target's actual expenses. This thesis was limited to deal only with wall-, pillar- and beam structures. The expenses to be calculated, only included material costs of concrete, reinforcements and formwork and labour costs of reinforcement job. This thesis was made for the construction corporation Hartela Lahti.</p> <p>At first in-situ construction and different operation processes of the cast-in-situ work were studied. Also, the formation of the cast-in-situ expenses in the various stages of the project was studied. The calculation of expenses was started by creating a spreadsheet of different amounts of structures from the basement. On the basis of these amounts, a working time calculation was made by using Ratu database. The final calculation of expenses was then made by combining the above mentioned calculations. In this thesis, a review was also made of two different ways of casting concrete and their cost difference.</p> <p>As a result of this thesis the final calculations were then obtained and they were compared to the target's actual expenses. The values were close to each other. The review of two different ways of casting concrete was also successful and helps to illustrate the differences between expenses. During the cost calculation an Excel application sheet was created for the company.</p>	
Keywords	cast-in-place, expenses, Ratu

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Paikallavalurakentaminen	2
3	Kellarirakenteiden paikallavalu	4
3.1	Kellarirakenteet	4
3.2	Paikallavalun työvaiheet	5
3.2.1	Valmistelutyöt	6
3.2.2	Muottityö	7
3.2.3	Varausten asennus	9
3.2.4	Raudoitus	9
3.2.5	Betonointi	11
3.2.6	Jälkityöt	13
4	Paikallavalukustannusten muodostuminen	13
4.1	Hankkeen ominaisuuksista määräytyvät kustannustekijät	13
4.1.1	Rakennuskustannusten syntyminen hankkeen eri vaiheissa	13
4.1.2	Rakennusajankohdan vaikutus kustannuksiin	15
4.1.3	Rakennuskohteen sijainnin vaikutus kustannuksiin	15
4.2	Tuotantotekniset kustannukset	16
4.2.1	Muottityö	16
4.2.2	Raudoitus	17
4.2.3	Betonointi	18
5	Paikallavalun kustannuslaskelmat	19
5.1	Tutkimuskohteen esittely	19
5.2	Kustannuslaskelmat	22
5.2.1	Kellarirakenteiden kustannuslaskelmat	22
5.2.2	Torninosturi – Betonipumppuauto	29
6	Kustannusten vertailu	32
6.1	Laskelmien vertaus kohteen toteutuneisiin kustannuksiin	32
6.1.1	Muottityö	33

6.1.2	Raudoitus	35
6.1.3	Betoni	36
6.2	Kahden eri betonointimenetelmän kustannusten vertailu	37
7	Yhteenveto	39
	Lähteet	42
	Liitteet	
	Liite 1. Excel-pohjan laskentaraaportti	

1 Johdanto

Rakennettaessa kaupungin keskustaan, rakennukselta vaaditaan usein maanalaisia kerroksia. Tässä tapauksessa asemakaava usein vaatii asukkaalle oikeuden parkkipaikkaan, jolloin tilanpuutteen vuoksi joudutaan rakentamaan maanalaiset parkkihallitilat, jotka sisältävät myös väestönsuoja- sekä varastotilat. Tällaisen kohteen maanalaisten kerrosten runko toteutetaan usein paikallavaluna.

Paikallavalurakenteisen rungon tuotanto koostuu suuripiirteisesti kolmesta tehtävästä, jotka ovat muottityö, raudoitus ja betonointi. Nämä tehtävät sisältävät myös pienempiä töitä kuten mittauksen, varausten asennuksen ja jälkityöt. Näiden kolmen päätyövaiheen yhteensovittaminen määrää rungon pystytysnopeuden. Muottityö on usein tahdistava työvaihe, johon muut työvaiheet pyritään tahdistamaan. Kun muotitusjärjestys on järjestelmällinen ja hyvin suunniteltu, työmaa pysyy aikataulussa ja kustannukset pienempinä.

Paikallavalurakenteisen rungon kustannusten tarkka laskenta on vaikeaa. Rakennuskohteet ovat usein toisistaan eroavia sekä laajuudeltaan erilaisia, mikä lisää kustannusten eroavaisuutta. Myös rakennusajankohta vaikuttaa kustannusten syntyyn.

Opinnäytetyö tehdään Rakennusosakeyhtiö Hartelan Lahden yksikköön. Lahden yksikkö on yksi monesta Rakennusosakeyhtiö Hartelan toimiyksiköistä. Rakennusosakeyhtiö Hartela on perinteinen rakennusyhtiö, jonka päätoiminta-alueita ovat Etelä-Suomi, Uusimaa, Lounais-Suomi, Satakunta, Pirkanmaa sekä Oulu. Lisäksi on vientitoimintaa Venäjälle. Lahdessa rakentaminen on keskittynyt pääasiassa asuinkerrostalo sekä rivitalo rakentamiseen sekä suurempien varasto- ja liikerakennusten saneeraus- ja uudisrakentamiseen. Paikallavalurakenteita vaativia rakennuskohteita tuleekin vastaan aika ajoin, jolloin on tärkeää, että kustannuslaskelmat ja muut kustannusarviot vastaisivat sen hetkistä hintatasoa ja pyrkisivät ottamaan huomioon kaiken oleellisen.

Opinnäytetyön tavoitteena on laskea esimerkkikohteen kellarikerroksen paikallavalurakenteiden kustannuslaskelmat. Laskelmat sisältävät betonin, muotituksen ja raudoituksen materiaalikustannusten lisäksi raudoituksen työkustannuksen. Työn tavoitteena ei ole määrittää kaikkia kustannuksia, vaan saada kustannuslaskema, jota

voidaan luotettavasti verrata todelliseen kohteeseen. Kustannuslaskelmien työnkesto määritetään käyttäen hyväksi Ratu-tietokannan menekkitietoja. Laskennan ohessa tehdään Excel-pohjainen laskentataulukko yrityksen käyttöön, jonka tarkoituksena on myöhemmin toimia apuna määrälaskennassa. Opinnäytetyössä verrataan laskennassa syntyviä kustannuksia todellisessa kohteessa jo syntyneisiin kustannuksiin. Näitä kustannusten eroavaisuuksia pohditaan myöhemmin työssä. Lisäksi työssä tarkastellaan kahden eri betonointitavan kustannusten eroavaisuuksia.

2 Paikallavalurakentaminen

Paikallavalurakentaminen on betonirakentamista, jossa syntyvä runko tai rungon osa koostuu betonista ja raudoituksesta. Paikallavalurakentamisen eri työvaiheita ovat muotitus, raudoitus ja betonointi ja mahdollisesti talotekniikka. Tällainen rakentamismuoto antaa mahdollisuuden turvallisiin ja kestäviin rakenneratkaisuihin ja julkisivujen vapaaseen suunnitteluun.

Paikallavalu sopii kaikentyypiseen rakentamiseen. Erityisesti paikallavalutekniikkaa hyödynnetään vaativissa kertarakentamiskohteissa, kun halutaan luoda arkkitehtonisesti arvokkaita ja monimuotoisia rakennelmia. Yleisiä paikallavalukohteita on rakennukset, joissa rakenteet ovat toistuvia, mutta joissa esiintyy myös paljon erisuuruisia kuormituksia, aukotuksia ja kerroskorkeuksia. Tällöin paikallavalettaessa on usein kustannuksiltaan halvempaa kuin valmisosarakennelmia käytettäessä. [1, s. 3.]

Suomessa paikallavalua sovelletaan erityisesti asuntorakentamiseen, toimisto- ja liikerakentamiseen sekä pysäköintirakentamiseen. Muita kohteita ovat esimerkiksi tierakenteet, väestönsuojat, tukimuurit, sillat, tunnelit, aallonmurtajat ja patorakenteet. Paikallavalurakentamisen osuus maamme talonrakennustuotannossa on kuitenkin pysynyt pienenä valmisosarakentamiseen nähden. [1, s. 9; 2.]

Paikallavalurungolla on useita kilpailuetuja, jotka koskevat etenkin toimisto- ja liikerakennuksia sekä pysäköintirakennuksia. Myös asuinrakennusten tuotannossa saavutetaan samoja etuja tuotantomenetelmien oikeiden valintojen myötä. Näitä etuja ovat mm [1, s. 4-10]:

- Paikallavalurungon helppo muunneltavuus eli kantavien seinien ja pilareiden yhdistelmä, mahdollistaa vapaampaa suunnittelua ja myöhempi muunneltavuus on helppoa
- paikallavalukohteen suunnittelu- ja toteutusvaiheet voidaan limittää toisiinsa, jolloin rakentaminen voidaan aloittaa aikaisemmin. Työt voidaan aloittaa työmaalla heti, kun perustussuunnitelmat ovat valmiit
- tarjoaa pitkäikäisen, turvallisen ja kohtuullisin kustannuksin toteutetun rakennuksen
- paikallavaletulla rungolla on hyvä ääneneristävyys, koska perusrunkona on saumaton rakenne ja äänisiltoja aiheuttavat asennukset hoidetaan huoneistokohtaisesti rakenteita lävistämättä.

Valittaessa runkorakenteeksi paikallavalurunko, siitä hyötyvät myös rakennushankkeen eri osapuolet [1, s. 6-8]:

Rakennuksenomistaja ja käyttäjä

- Betonirakenteisen rakennuksen käyttö- sekä kestoikä on pitkä
- ääneneristävyys, palonkesto ja palokestävyys sekä kestävyys poikkeuksellisia kuormituksia vastaan
- betonilla saadaan aikaan vedenpitäviä sekä kulutuskestäviä rakenteita, jotka pienentävät korjauskustannuksia
- etenkin toimisto- ja liikerakennuksissa rakennuksen käyttötarkoitus voi rakennuksen käyttöiän aikana muuttua useitakin kertoja, jolloin runkorakenteelta vaaditaan muunneltavuutta
- paikallavalettu runko mahdollistaa uusien aukotusten teon, jolloin LVI-tekniikkaa on helpompi rakennuksessa uusia.

Rakennuttaja

- antaa mahdollisuuden rakennuttajalle aloittaa projekti nopeasti, kun hankkeen rahoitus- yms. päätökset on tehty
- paikallavaletut rakennukset koetaan laadukkaina, mikä edesauttavaa kohteen myyntiä sekä vuokrausta.

Suunnittelija

- paikallavalurunko antaa arkkitehtisuunnitteluun uusia mahdollisuuksia, koska rakennuksen muoto, julkisivut ja rakennukseen tulevat toiminnot voidaan valita välittämättä rakennejärjestelmän tai suositusmittojen rajoituksista
- suunnittelutyö voidaan tahdistaa työmaan toteutusaikataulun mukaiseksi ja suunnittelun määrä on valmisosarakentamiseen verrattuna pienempi, koska komponenttien yksityiskohtainen suunnittelu jää pois. Rakentamisvaiheen aikana tehtävät suunnitelmien muutokset ja muutostyöt eivät myöskään aiheuta aikataulun venymisiä tai merkittäviä kustannuksia.

3 Kellarirakenteiden paikallavalu

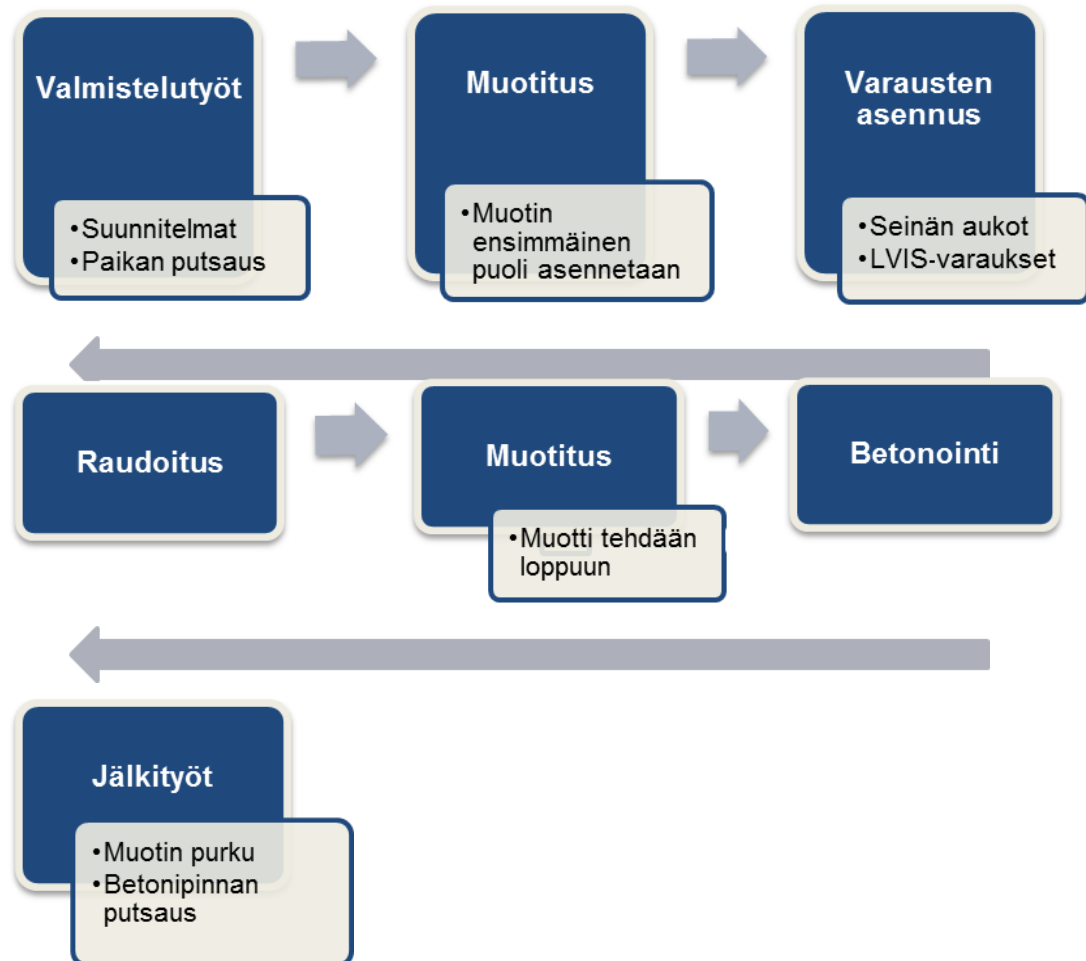
3.1 Kellarirakenteet

Kellarirakenteilla tarkoitetaan tässä työssä niitä rakennuksen rungon teräsbetonirakenteita, jotka on toteutettu paikallavalaen. Näitä betonirakenteita ovat seinät, pilarit ja palkit. Työn rajauksesta johtuen tässä työssä ei käsitellä anturoita, lattioita sekä välipohjia.

Paikallavalurakenteisen rakennuksen rungon muodostavat kantavat seinät ja niitä täydentävät pilarit sekä palkit. Kantavien seinien tyypillinen paksuus vaihtelee 200-350 mm:n välillä. Ohuempi 200 mm paksu seinä sijaitsee usein rakennuksen sisällä. Huoneistojen välinen 200 mm paksu seinä täyttää ääneneristys- ja palonkestovaatimukset. Paksuus on usein riittävä myös kuormituksen kannalta.

Paksummat seinät taas toimivat usein rakennuksen ulkoseinäinä, jolloin ne ottavat vastaan maasta syntyvän maanpaineen ja ovat tästä syystä paksumpia. Seinän paksuutta suurentamalla voidaan parantaa rakenteen vedenpitävyyttä. Pilareita ja palkkeja hyödynnetään silloin, kun huonetila halutaan saada avaraksi. Tällainen tila voisi esimerkiksi olla parkkihalli. Pilareiden tyypillinen paksuus vaihtelee 350–700 mm:n välillä. Palkkien tarkoituksena on toimia pilareiden sekä seinien välillä välipohjan tukena. Usein palkkeja hyödyntävässä rungossa välipohjarakenteena käytetään ontelolaattaa. [2, s. 191; 3, s. 174–175; 4, s. 4-5; 5.]

3.2 Paikallavalun työvaiheet



Kuva 1. Valuprosessia kuvaava kaavio.

Seinien, pilareiden ja palkkien paikallavaluprosessin voidaan katsoa kulkevan samalla tavalla. Ensinnäkin tehdään alustavat suunnitelmat ja siistitään sekä valmistellaan

valukohde. Seuraavaksi valettavaan rakenteeseen tehdään tarvittavat mittausmerkinnät ja asennetaan toinen muottipuolisko. Tämän jälkeen tapahtuu mahdollisten varausten asennus ja raudoitus. Näiden töiden jälkeen rakenne muotitetaan loppuun ja betonoidaan. Purkulujuuden saavutettua muotitus puretaan ja aloitetaan seinän jälkityöt. Tämä prosessi toistuu aina uudestaan. Seuraavaksi on kerrottu tarkemmin paikallavalun eri työvaiheista.

3.2.1 Valmistelutyöt

Paikallavalun valmistelutyöt työmaalla kohdistuvat betonointipaikkaan ja -kalustoon sekä työnsuorittajiin [3, s. 177].

Ennen muotitustyön tai betonointityön aloittamista tulee ensimmäisenä miettiä valettavan betonin määrä. Näin arvioidaan valun kesto ja tiedetään, kuinka paljon valumuottia tullaan pystyttämään. Betonin massamäärät ilmoitetaan betoniasemalle sekä kerrotaan suunniteltu ajoaikataulu, jossa on otettu huomioon betonointinopeus ja tarvittavat työntekijöiden tauot. Myös sääolosuhteet on otettava huomioon ja tarpeen mukaan betonointia siirretään tai tehdään suunnitelma suojaseinien tai -katosten rakentamisesta. Tärkeää on myös ottaa huomioon työmaan muut rutiinitapahtumat nosturikapasiteetin osalta, jolloin betonointi ei keskeytyisi. [3, s. 174.]

Ennen betonointityötä laaditaan usein betonointisuunnitelma. Betonointisuunnitelma on eräänlainen muisti- ja tarkastusasiakirja, joka sisältää paikallavalutyön tärkeimmät työtehtävät. Pienemmissä betonikohteissa se voi olla eräänlainen muistilista, johon on kerätty kaikki työhön liittyvät asiat ja josta tarkistetaan, että kaikki työvaiheet tulevat oikein ja turvallisesti suoritettua. [2, s.210, 3, s. 176.]

Betonointipaikka tulee olla siisti ja työturvallinen ennen muotitustyön aloittamista, sekä mahdolliset tartuntateräkset että valusauma tulee siivota hyvin. Betonoinnin työkalusto tarkastetaan, jotta tarvittavat ja toimivat työvälineet ehditään ajoissa hankkia.

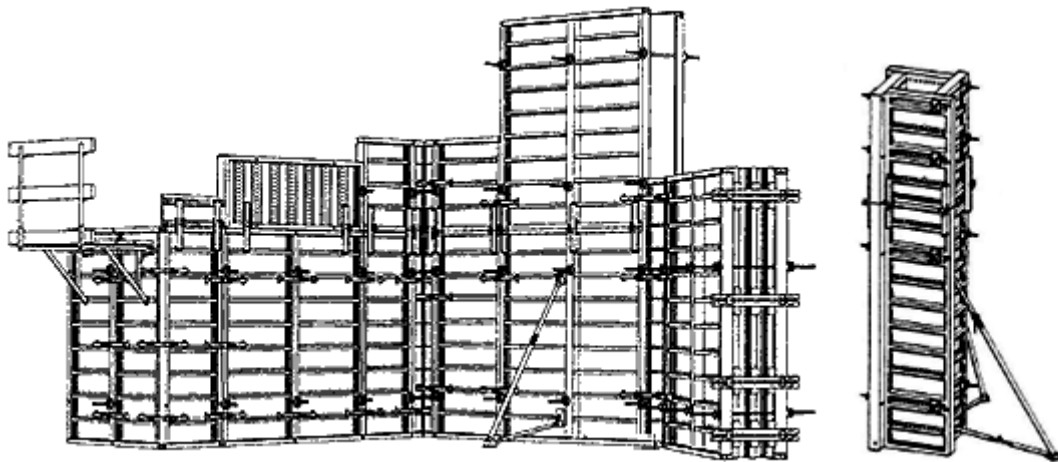
Itse työnsuoritusta varten on varattava riittävän suuri ja osaava työryhmä. Työryhmä voidaan katsoa koostuvan pienemmistä ryhmistä. Erikseen on muotin asennusryhmä, johon normaalisti kuuluu torninosturin lisäksi kaksi tai kolme rakennusmiestä. Toinen ryhmä on raudoittajat ja kolmantena ryhmänä on usein erikseen valuryhmä, joka

koostuu kahdesta työntekijästä. Koko työryhmään kuuluu myös mittamies, jonka tehtäviin kuuluu seinän paikan merkitseminen ja varausten mittaaminen paikoilleen.

Betonoitava kohde voidaan myös arvioida sen vaativuuden mukaan, jolloin siitä mahdollisesti laaditaan ennakkoon yksityiskohtainen työsuunnitelma, joka käydään läpi työnjohdon ja osan tai koko työhön osallistuvan työryhmän jäsenten kanssa. [3, s. 176.]

3.2.2 Muottityö

Muottityön kulku vaihtelee valitun muottijärjestelmän mukaisesti. Muottijärjestelmät voidaan jakaa kolmeen tyyppiin, jotka ovat pystyrakenteiden muotit, vaakarakenteiden muotit ja erityismuotit. Pystyrakenteisilla muoteilla saadaan aikaiseksi seiiniä ja pilareita, vaakarakenteisilla holveja ja palkkeja sekä erityismuoteilla muottitekniikan edellyttämällä tavalla. Erilaisia muottijärjestelmä tyyppiä on monia. Tässä työssä käsitellään tarkemmin järjestelmämuotteja, joilla erikokoisina järjestelmän osina voidaan tehdä niin pysty- kuin vaakarakenteita. [2, s. 211; 3, s. 178.]



Kuva 2. Järjestelmämuottikokonaisuus ja pilarimuotti [16; 2, s. 222]

Järjestelmämuotti on nimensä mukaisesti eri muotin osista koostuva kokonaisuus. Yleisimmin järjestelmämuotteja käytetään erilaisten pystyrakenteiden muottina. Näitä rakenteita ovat mm. seinät, suorakaide- ja neliöpilarit, hissikuilut ja väestönsuojat. Järjestelmämuotti voi toimia kuitenkin myös vaakarakenteiden valumuottina, kuten palkkimuottina. Eri osia ovat kasetti, joka toimii valupintana ja jonka koko vaihtelee

muottitoimittajan mukaisesti sekä erilaiset kiristimet ja liittimet, vinotuet ja usein myös valmiina asennettava työtaso. [2, s. 217; 7, s. 16]

Seinien ja pilareiden muottityö alkaa muottien kasauksella ja paikoilleen asettamisella. Järjestelmämuotit ovat varsinkin seinä- ja pilarivaluja tehdessä hyvin raskaita, jolloin niiden siirtelyyn tarvitaan nosturi, kuten esimerkiksi torninosturi.

Ennen paikoilleen asettamista, seinämuoteista kasataan usein useamman kasetin kokonaisuuksia, jotka putsataan ja öljytään ennen paikoilleen asettamista. Putsaus ja muotin öljyminen on tärkeä työvaihe, sillä se takaa parhaan mahdollisen valulaadun ja muottien myöhempi irrottaminen sekä putsaus on helpompaa. Seinävaluissa muotti kasataan vain toiselle seinäpuoliskolle ja sen toinen puoli asennetaan vasta raudoituksen ja varausten asennusten jälkeen. Pilarivaluissa muotti voidaan kasata osittain valmiiksi tai täysin valmiiksi, jolloin se vain nostetaan suoraan paikoilleen niin, että pilarirauditus on jo paikoillaan. Muottien kasauksen aikana ja jälkeen, valumuotti tuetaan ja suoritetaan vinotukien avulla. Lopuksi muottiin asennetaan mahdollisesti erilaisia tukipalkkeja ja jäykistysliittimiä, jotta varmistetaan, että muotti ei pääse valupaineesta johtuen taipumaan. Viimeisimpänä vaiheena muottiin asennetaan työlavakannatin, joka usein kuuluu valittuun järjestelmämuottiryhmään. [2, s. 214; 3, s. 177.]

Palkin muotitus on useimmiten vaativa kokonaisuus, jolloin siitä laaditaan erillissuunnitelmat. Nämä erillissuunnitelmat toimittaa usein muottikaluston toimittaja. Palkkimuotitus sisältää yksinkertaisuudessaan asennustuet, tukijalat, ansaspalkit tai niskapalkit, poikittaispalkituksen ja palkin muodosta riippuen muotituslevyt tai -kasetit. Työ aloitetaan tukijalkojen ja asennustukien asennuksella. Tukijalkojen asennus on yksi tärkeimmistä vaiheista, sillä niiden alla olevan maa-aineksen tai alustan tulee olla hyvin tärytetty ja painumaton. Näin varmistetaan, että palkin alapinnasta tulee mahdollisimman suora ja mittatarkka. Palkkimuotitus tulee tehdä niin, että raudoittajien on mahdollisimman helppo se myös raudoittaa, joten usein myös palkkimuotin tuplaus tapahtuu vasta raudoituksen jälkeen. Myös palkkimuotin öljyminen ja putsaus on tärkeää. [2, s. 226; 3, s. 177.]

3.2.3 Varausten asennus

Varausten asennus on työvaihe, jossa muottiin tehdään puu- tai muovimateriaalin avulla tarvittavan muotoinen kotelo. Varauksella tarkoitetaan muottiin tehtävää koloa, johon myöhemmin asennetaan esimerkiksi ilmanvaihtoputkia tai sähköjohdotuksia. Pilareihin ja palkkeihin ei usein varauksia tule.

Mittamies merkitsee varausten paikat muottiin värikynällä, joiden mukaisesti hän itse tai toinen rakennusmies siihen varauksen asentaa. Varaukset on tärkeä asentaa ennen raudoitustyön aloittamista, jolloin säästytään uudelleen raudoitukselta ja rautojen turhalta katkomiselta.

3.2.4 Raudoitus

Raudoitus tehdään rakennesuunnitelmien mukaisesti. Rakennesuunnittelijan tekemät raudoituspiirustukset sisältävät tiedot raudoitustavasta, materiaalilaadusta ja -paksuudesta, sallituista toleransseista ja suojabetonietäisyyksistä. Raudoituspiirustuksissa annetaan myös teräsvälit, ankkurointipituudet ja taivutustoleranssit. [2, s. 268; 3, s. 178.]

Raudoitustyöhön osallistuvien raudoittajien lukumäärä määräytyy raudoitettavan rakenteen vaativuuden ja laajuuden mukaisesti. Usein seinien ja pilareiden raudoitukseen osallistuu kaksi raudoittajaa, kun taas suurempien palkkiraidoitusten tekemiseen voi osallistua neljäkin raudoittajaa.



Kuva 3. Seinäraudoitus kuvattuna ylhäältä päin kohti muottia. [15]

Raudoite tulee työmaalle, joko pitkänä tankona tai valmiiksi taivutettuna sekä katkaistuna. Valmiiksi taivutettujen ja katkaistujen raudoitteiden asennus on nopeaa ja ne tilataan usein pilari- ja palkkiraudoituksiin, koska niiden mitat on helppo saada suoraan piirustuksista. Seinäraudoitteet kuitenkin vaihtelevat varausten ja valupituuksien vuoksi paljon, jolloin on yleistä, että seinäraudoitteet tulevat työmaalle pitkänä tavarana. Pitkänä tuleva raudoite katkaistaan ja taivutetaan työkoneita apuna käyttäen haluttuihin mittoihin. Mahdollisen katkaisun ja taivutuksen jälkeen jokainen raudoite putsataan mahdollisesta jäästä tai liasta ja sidotaan piirustusten mukaisesti muotin pintaa apuna käyttäen.

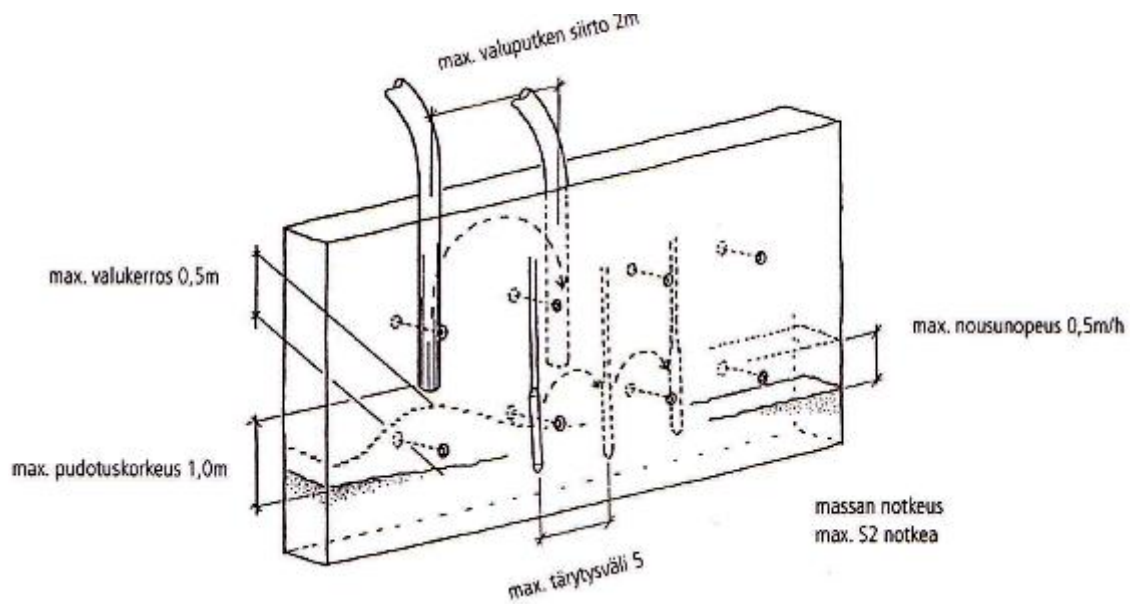
Raudoitustyössä on tärkeää ottaa huomioon terästen tuenta, sidonta, betonointiaukot ja suojaetäisyydet. Sidonta on tehtävä niin, että teräkset eivät pääse heilumaan. Sidontalangat tulee myös painaa raudoitteen sisään, jotta ne eivät valun jälkeen jäisi valmiin rakenteen pintaan. Raudoitusta tehdessä on hyvä ennalta ottaa huomioon sauvatäryttimen mahtuminen muotin sisään. Lopuksi vastaava työnjohtaja tai rakennesuunnittelija tarkistaa ja hyväksyy raudoituksen. [3, s. 178, s. 211-212.]

3.2.5 Betonointi

Betonointityö voidaan suuripiirteisesti jakaa kolmeen eri työjaksoon. Työnjaksot ovat valmistelevat työt ennen betonointia, varsinainen betonointijakso sekä jälkikäsitely. Tässä työssä keskitytään tarkemmin seinä- ja pilarimuottien betonointityöhön. Tässä työssä ei myöskään käsitellä talvibetonoinnin erikoistoimenpiteitä. [3, s. 226.]

Betonoinnin valmisteluvaiheessa varmistetaan, että valutyössä vaadittava kalusto on työmaalla ja toimintakunnossa. Varakaluston on myös oltava saatavilla, varsinkin jos valutyö tehdään ilta- tai yötyönä, jolloin uutta kalustoa ei enään saada hankittua. Kaluston huolto ja öljyäminen kuuluvat myös valmisteleviin töihin. Betonointityökunnan kanssa käydään läpi betonoitavan kohteen betonointisuunnitelma. Näin varmistutaan, että kaikki työtapahtumaan vaikuttavat tekijät otetaan huomioon ja saadaan paras mahdollinen valutulos. Näitä vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi: valukorko, tartuntarauditus ja erityishuomiota vaativat asiat kuten suuret varaukset. Betonointityökunnalle kerrotaan myös valumäärä ja sovitaan mahdollisista tauoista etukäteen, jotka on sovittu myös betoniaseman kanssa. Betonoitavaan kohteeseen tulee myös järjestää valutyötä varten turvallinen teline tai työtaso. Työtason tulee olla tukeva ja tilava, jotta mahdollinen betonin nostoastia tai pumppuauton letku mahtuu telineelle ja sen siirtely on mahdollista. Betonointityönjohtaja tarkistaa vielä valukohteen ennen betonointityön aloitusta. [3, s. 227; 5, s. 52-53.]

Yleisimmin betonointityö tehdään joko nostoastialla, jolloin siirtolaitteena toimii työmaan torninosturi tai pumppaamalla betonin erilaisilla pumppubetonikalustoilla. Betonointi nostoastialla tapahtuu niin, että nostoastia viedään torninosturilla esimerkiksi kuljetusauton säiliön alapuolelle, jossa se täytetään. Tämän jälkeen nostoastia viedään valettavan kohteen yläpuolelle haluttuun kohtaan, josta se lasketaan muotin sisälle. Nostoastian koko voi vaihdella 250-1300 litran välillä. Betonointi pumppuauton kanssa tapahtuu pumppuauton betonointiletkun avulla. Pumppuauto asetetaan valukohteen lähelle, josta koko valukohde voidaan valaa. Tämän jälkeen betonointi pyritään aloittamaan kohdasta, josta etäisyys pumppuautoon on suurin. [3, s. 234-236.]



Kuva 4. Havainnekuva betonisen seinärakenteen tiivistyksestä. [2, s. 328]

Betonimassa otetaan muottiin 250-300 mm:n kerroksina, jotka tiivistetään sauvatäryttimiä käyttäen. Betoni pyritään sijoittamaan muottiin niin, että se täyttää muotin tasaisesti ja halutun paksuisena kerroksena ja että se liittyy saumattomasti muottiin jo ennestään olevaan tuoreeseen betonimassaan. Tasainen betonikerros varmistaa sen, että betoni tulee tiivistettyä tasaisesti ja huolellisesti. Tiivistys tapahtuu lähes aina sauvatäryttimellä. Tärytyksen vaativuus määräytyy joko pinnan laatuvaatimusten tai rakenteen ympäristöolosuhteiden mukaan. Yleisesti sauvatärytintä lasketaan muotin sisällä noin 8-10 tangonvälin etäisyydellä ja niin, että sauvatärytin pyritään laskemaan noin 150 mm syvyydelle edelliseen valukerrokseen. Täryttimen laskuun käytetään betonimassan notkeudesta riippuen aikaa 5-20 s. Tärkeää on myös, että betoni säilyy tasalaatuisena. Massan tasalaatuisuutta voidaan parantaa pienentämällä betonimassan vapaata putoamiskorkeutta betonointitorvia ja -sukkia käyttämällä. Tällöin estetään myös massan vino iskeytyminen raudoitusta vasten. Usein etenkin seinävaluissa tilaa muotin sisällä on hyvin vähän, jotta betonointisukkaa tai -torvea voitaisiin käyttää. Näin ollen betoni pyritään vain laskemaan muottiin mahdollisimman suoraan. Tällöin tulee käyttää hyvin koossapysyvää ja hienorakeista betonimassaa sekä muotti tulee täyttää niin nopeasti, että muotin seinämiin ja betoniteräksiin tarttunut betoni ei ehdi sitoutua. Pilari- ja seinämuottia tulee seurata valutyön aikana. Muotin suoruuks ja ehjänä pysyminen tulee tarkastaa lyhyin väliajoin. Näin voidaan ajoissa puuttua ongelmakohtiin ja mahdollisesti pienentää syntyvää vaurioita ja jälkityötä. [3, s. 239-240; 5, s. 71-72.]

Kun betonimassa saavuttaa halutun valukoron, niin betonointi päätetään työsaumaan tai lopulliseen pintaan. Työsaumaan betonoitaessa pinta käsitellään saumaan asetettavien vaatimusten ja saumaan kohdistuvien rasitusten mukaisesti. Yleisesti pintaa ei kuitenkaan hierretä, vaan saumasta pyritään valamalla saamaan mahdollisimman suora ja johon tämän jälkeen upotetaan mahdolliset tartuntateräkset. Lopulliseen pintaan valettaessa betonipinta tavallisesti tehdään joko puulla tai teräksellä hiertäen pintakäsittelyohjeiden mukaisesti. [3, s. 248; 5, s. 79.]

Betonointityön lopuksi työvälineet ja -kalusto sekä telineet, työtasot ja valumuotti puhdistetaan veden avulla puhtaaksi. Valettu rakenne voidaan mahdollisesti suojata sadetta, tuulta, auringonpaistetta ja kylmää vastaan. Lopuksi on myös hyvä tarkistaa, että muotti on pysynyt suorassa ja ehjänä.

3.2.6 Jälkityöt

Muotit irrotetaan betonoidusta kohteesta sen saavutettua tarvittavan lujuuden. Tämän jälkeen betonipintaa käsitellään sen pinnan laatuvaatimusten mukaisesti.

Betonipinnasta poistetaan muottijätteet, raudoituksen sidelangoituksen päät, naulat, mahdolliset varaukset, muottisaumojen läpipurseet ja muut epätasaisuudet. Betonointivirheet ja pintojen epätasaisuudet, jotka eivät kuulu sallittuihin toleranssirajoihin piikataan ja hiotaan pois. Suuret pullistumat tai muottirakenteiden liikkumisesta aiheutuneet virheet voidaan myös joutua oikaisemaan. Paikkaukset suoritetaan käyttötarkoitukseen soveltuvilla materiaaleilla asetettavien laatuvaatimusten mukaisesti. [3, s. 261.]

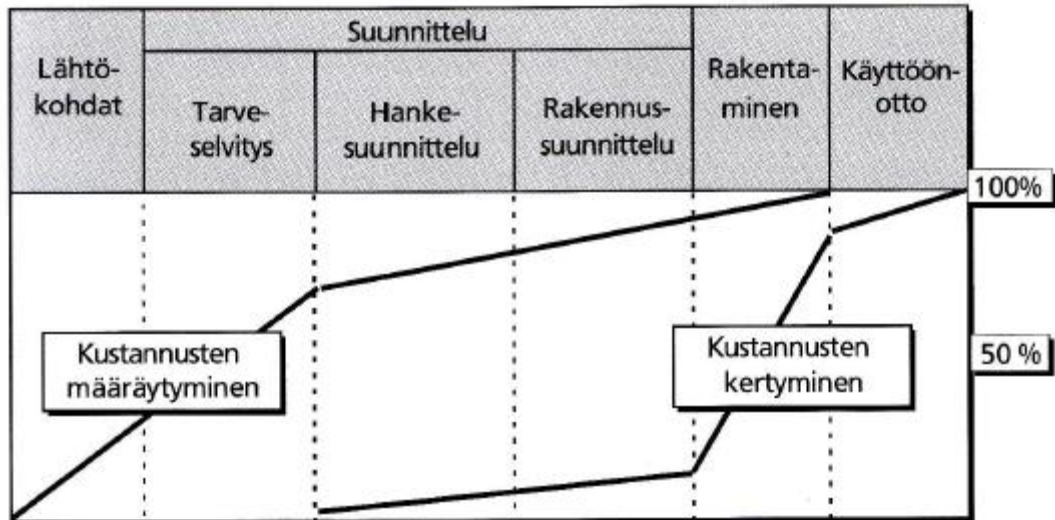
4 Paikallavalukustannusten muodostuminen

4.1 Hankkeen ominaisuuksista määräytyvät kustannustekijät

4.1.1 Rakennuskustannusten syntyminen hankkeen eri vaiheissa

Rakennuskustannuksien suuruuteen voidaan vaikuttaa eri voimakkuudella hankkeen eri vaiheissa. Voimakkaimmin rakennuskustannusten määräytymiseen voidaan vaikuttaa suunnitteluvaiheessa, koska silloin tehdään keskeiset hankkeen laajuuteen ja

laatutason liittyvät päätökset. Suunnitteluvaiheessa kustannukset määräytyvät suunnitteluratkaisujen mukaan (esim. hankkeen tilojen määrä, koko ja laatutaso, rakennuksen muoto ja eri toimintojen sijoittelu sekä rakennusosien ja tarvikkeiden laatutaso). [8, s. 9.]



Kuva 5. Rakennushankkeen kustannusten määräytyminen ja kertyminen. [7, s.9]

Kuvasta huomataan, että lähes kaikki kustannuksiin vaikuttavat tekijät on jo valittu hanke- ja rakennussuunnitteluvaiheessa, jolloin kun rakentaminen aloitetaan, kustannukset määräytyvät suurelta osin valittujen tekijöiden pohjalta ja kustannuksiin voidaan vaikuttaa rakentamisvaiheessa enää vähän.

Hankkeen kustannukset konkretisoituvat siis rakentamisen aikana, eikä valmiiden suunnitelmien pohjalta rakennettaessa ei kustannuksiin juurikaan voida enää vaikuttaa. Rakentamisvaiheessa voidaan rakentamiskustannuksiin vaikuttaa lähinnä tuotantoratkaisujen valinnalla, kuten menetelmävalinnoin ja toteutuksen ohjauksella. [9, s. 10–11; 8, s. 9-11.]

Kustannuserot samanlaajuisten rakennuskohteiden välillä aiheutuvat:

- Tilojen eroavaisuus, eli eri tiloihin liittyvä toiminta edellyttää erilaisia kalusteita ja varusteita, pintarakenteita, runkorakenteita ja LVIS-tekniikkaa

- tilojen erilaisesta sijoittelusta sekä erilaisista suunnitteluratkaisuista, kuten rakennus- ja laiteosavalinnoista
- rakennuspaikan perustamis- ja tonttiolosuhteista.

4.1.2 Rakennusajankohdan vaikutus kustannuksiin

Hankkeen rakentamisajankohdalla on paljon vaikutusta hankkeen kustannuksiin. Rakentamisessa suhdanteiden ja markkinatilanteiden muutokset vaikuttavat merkittävästi rakennustyön ja materiaalien hintoihin sekä urakoiden hintatarjouksiin. Tyypillisesti hyvän taloustilanteen aikana tarvikkeiden, työn ja urakkatarjousten hinnat nousevat vuosittain. Taantumien ja laskusuhdanteiden vaikutuksesta hinnat voivat myös laskea. [8, s. 12.]

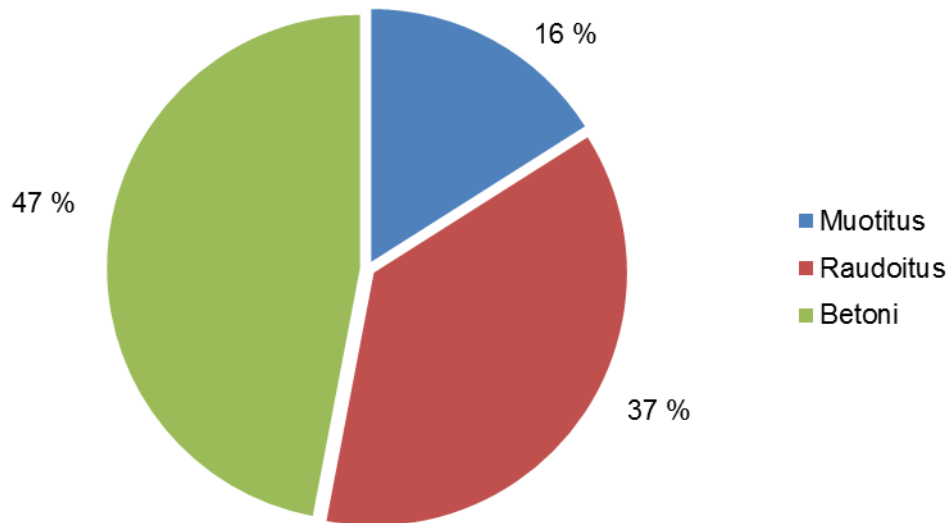
Myös vuodenajan valinnalla voi olla merkittäväkin vaikutus kustannusten syntyyn. Talvibetonointi on kesällä tai syksyllä tehtävää betonointia kalliimpi. Talvella betonoitaessa kylmyys, lumi, jää ja pimeys hidastavat suoritusta, ihmisten ja koneiden työteho alenee sekä betonoitavien osien lämmityksestä ja suojauksesta syntyy lisäkustannuksia.

4.1.3 Rakennuskohteen sijainnin vaikutus kustannuksiin

Kustannukset vaihtelevat eripuolella Suomea, sillä työvoiman ja materiaalien hinnat vaihtelevat. Rakentaminen Etelä-Suomessa ja kasvukeskuksissa on usein muuta Suomea kalliimpaa, koska esimerkiksi työntekijöiden palkat ovat suurempia. [8, s. 13.]

Rakennettaessa varsinkin keskustan tuntumassa, voi tontin sijainti ja ahtaus aiheuttaa lisäjärjestelyjä, jotka aiheuttavat lisäkustannuksia. Tilan ahtaus estää suurempien rakennustarvikemäärien säilyttämisen työmaalla, jolloin varastotila tarvitsee järjestää muualta. Esimerkiksi muottikaluston varastointi työmaalle voi tuottaa ongelmia. Perustamis- ja tonttiolosuhteet vaikuttavat myös tehtäviin rakenneratkaisuihin, jotka vaikuttavat osaltaan syntyviin kustannuksiin. [8, s. 13.]

4.2 Tuotantotekniset kustannukset



Kuva 6. Paikallavaluseinän materiaalikustannusten jakautuminen.

Kuvasta 6 nähdään paikallavaluseinän kustannusten karkea jakautuminen. Paikallavaletun rakenteen kustannuksista noin puolet syntyvät betonikustannuksista. Muotituksen ja raudituksen kustannukset riippuvat suuresti menetelmien eri valinnoista. Kuitenkin raudituksen voidaan olettaa synnyttävän suuremmat kustannukset.

4.2.1 Muottityö

Paikallavalukohteen muottityön kustannukset määräytyvät pitkälti jo suunnitteluvaiheessa. Rakennesuunnitelmien tulisi ottaa huomioon betonin ominaisuuksien ja monimuotoisuuden lisäksi nykyaikaisen muottitekniikan käyttömahdollisuuden. Näin tuotannollinen hinta olisi sidoksissa toteutettavuuteen.

Kustannuksia pienentää muottikierron järjestelmällinen ja tarkka suunnittelu. Muottikierto tulisi suunnitella niin, että kierto saadaan jatkuvaksi ja että muottityö on tahdistettu muihin muottikiertoon vaikuttaviin töihin. Pystyrakenteisten valurakenteiden kierron pituus ihanneolosuhteissa on yksi työpäivä, kun taas vaakarakenteissa 2,5 työpäivää. Yhtä kertavalualueetta kohden tulisi pystyrakenteisia muotteja yleensä olla noin 1,5 -kertainen määrä. Hyvien suunnitelmien avulla työmaa pysyy aikataulussaan ja kustannuksien hallinta on helpompaa. [10, s. 56.]

Muottikaluston valinnalla on vaikutusta syntyviin kustannuksiin. Tavoitteena olisi aina, että kohteeseen valittaisiin juuri siihen parhaiten sopiva muottijärjestelmä. Muottijärjestelmän tulisi täyttää niin kohteen laatuvaatimukset kuin myös teknisen soveltuvuuden. Lisäksi kaluston tulisi toteuttaa haluttu muottikierto ja aikataulu. Koska tuotetarjoajia on paljon, muottikalusto- ja muottityökustannusten laskeminen ja kilpailutus on tärkeää. [10, s. 56.]

Yhtenä suurimpana muottikustannusten tekijänä on eri valujen toistuvuus eli muottien käyttökertojen määrä. Rakennesuunnittelun ja muottisuunnittelun yhteistyöllä voidaan merkittävästi parantaa toteutettavuutta. Kun valettavat seinät tai pilarit omaavat suuripiirteisesti samoja ominaisuuksia, niin toistuvuus lisää työntekijöiden oppimista ja uusien muottikappaleiden uudelleen kasaukseen ei kulu aikaa. Näin muottikierto nopeutuu ja työn jäljen laatu on parempaa.

Muita suurempia kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi työntekijöiden ja työnjohdon ammattitaitoisuus ja edelliset työkokemukset, muottityön kesto ja myös muottikaluston huolellinen säilytys ja siivoaminen. Työntekijöiden ja myös työnjohdon ammattitaitoisuus ja aikaisempi kokemus nopeuttavat huomattavasti muottikiertoa. Näin muottikiertoa voidaan mahdollisesti jopa nopeuttaa nosturikapasiteetin mukaisesti. Työnjohdon hyvä asiantuntemus ja muottijärjestelmän tunteminen helpottavat työntekijöiden työtä. Myös muottikaluston pitäminen siistinä ja kaluston osien huolellinen säilytys voivat luovutusvaiheessa olla merkittäväkin kustannustekijä. Kalustontarjoajat usein laskuttavat suuriakin tuntihintoja kaluston siivoamisesta ja hävinnyt osa joudutaan maksamaan ostohinnan mukaisesti. [10, s. 57]

4.2.2 Raudoitus

Rakennesuunnitelmilla on tärkeä vaikutus kustannuksiin myös raudoituksen osalta. Rakennesuunnitelmien pienet yksityiskohtaiset raudoitukset voivat olla suurikin työkeston vaikuttava tekijä työmaalla. Suunnitelmien tulisi olla toistuvia ja yksinkertaisia. Yksinkertainen raudoitusratkaisu on selkeä ja koostuu samoista tankopituuksista ja -paksuuksista. Näistä seuraa edullisuuteen vaikuttavia tekijöitä kuten [10, s. 63]:

- Sarjavalmistus on mahdollista

- asennusnopeus paranee
- käytettävän työvoiman kustannustaso alenee
- laatuun vaikuttavien virheiden määrä pienenee ja
- logistiikka on selkeämpää ja helpompaa.

Kuten myös suunnitelmien yksikertaisuus, niin myös raudoittajien ammattitaitoisuus nopeuttaa tuotantoa. Tärkeintä on, että raudoitustyö pysyy muottikierron tahdissa. Myös raudoittajien hyvä taito lukea kuvia ja työnjohdon avustus rakennesuunnittelijan ohella, nopeuttavat tuotantoa. Raudoitustyö hinnoitellaan tuntityön ja useimmiten myös kilohinnan perusteella.

Materiaalikustannukset syntyvät tilattavien raudoitteiden mukaisesti. Valmiiksi taivutettujen raudoitteiden kilohinta on suurempi kuin pitkänä tankona työmaalle saapuvan raudoitteen kilohinta. Raudoitteiden tarkka tilaus ja rakenneratkaisujen toistuminen pienentävät materiaalihukkaa ja näin myös kustannuksia. [10, s. 63.]

4.2.3 Betonointi

Kun betoni tilataan kohteeseen ulkopuoliselta toimittajalta, betonikustannukset syntyvät pääpiirteisesti betonin materiaalikustannuksista, kuljetuksesta, palveluajasta ja valutavasta. Betonikustannuksiin vaikuttavat myös kohteen eri ominaisuudet kuten laatuvaatimukset, valettavan betonin määrä ja valukohteiden vaikeus. Kohteen valumäärien mukaisesti tarjouskilpailuvaiheen sopimusten kilpailutuksella ja mahdollisilla alennuksilla on tärkeä vaikutus kokonaiskustannusten muodostumiseen.

Laatuvaatimukset ja rakennuskohteen rasitusluokka määräävät pitkälti sen millaista betonia vaaditaan. Betonin hinta vaihtelee paljon eri lujuuksien, rasitusluokkien ja rakeisuuskoon mukaisesti. Laatuvaatimukset ja sääolosuhteet määräävät, tarvitaanko betonilta vedenpitävyyttä, ylimääräistä notkeutta, pakkaskestävyyttä, nopeaa tai hidasta kovettumista. Kaikki nämä ominaisuudet kasvattavat betonin hintaa.

Betoni tuodaan työmaalle kuljetusautolla, jolloin kustannuksia syntyy sekä kuljetuksesta ja valutavasta riippuen palveluajasta. Valu voidaan suorittaa kohteen nosturilla tai erikseen tilattavalla betonipumppuautolla.

Valutyön suorittaa usein kohteen omat työntekijät, jotka ovat valutyön ajaksi irrotettu muusta työstä. Näin ei synny ylimääräisiä työkustannuksia ellei valutyö suoriteta ylityönä. Lattiavalujen tai muiden vaativien valukohteiden valutyöt suorittaa usein ulkopuolinen työhön erikoistunut työntekijä.

5 Paikallavalun kustannuslaskelmat

5.1 Tutkimuskohteen esittely

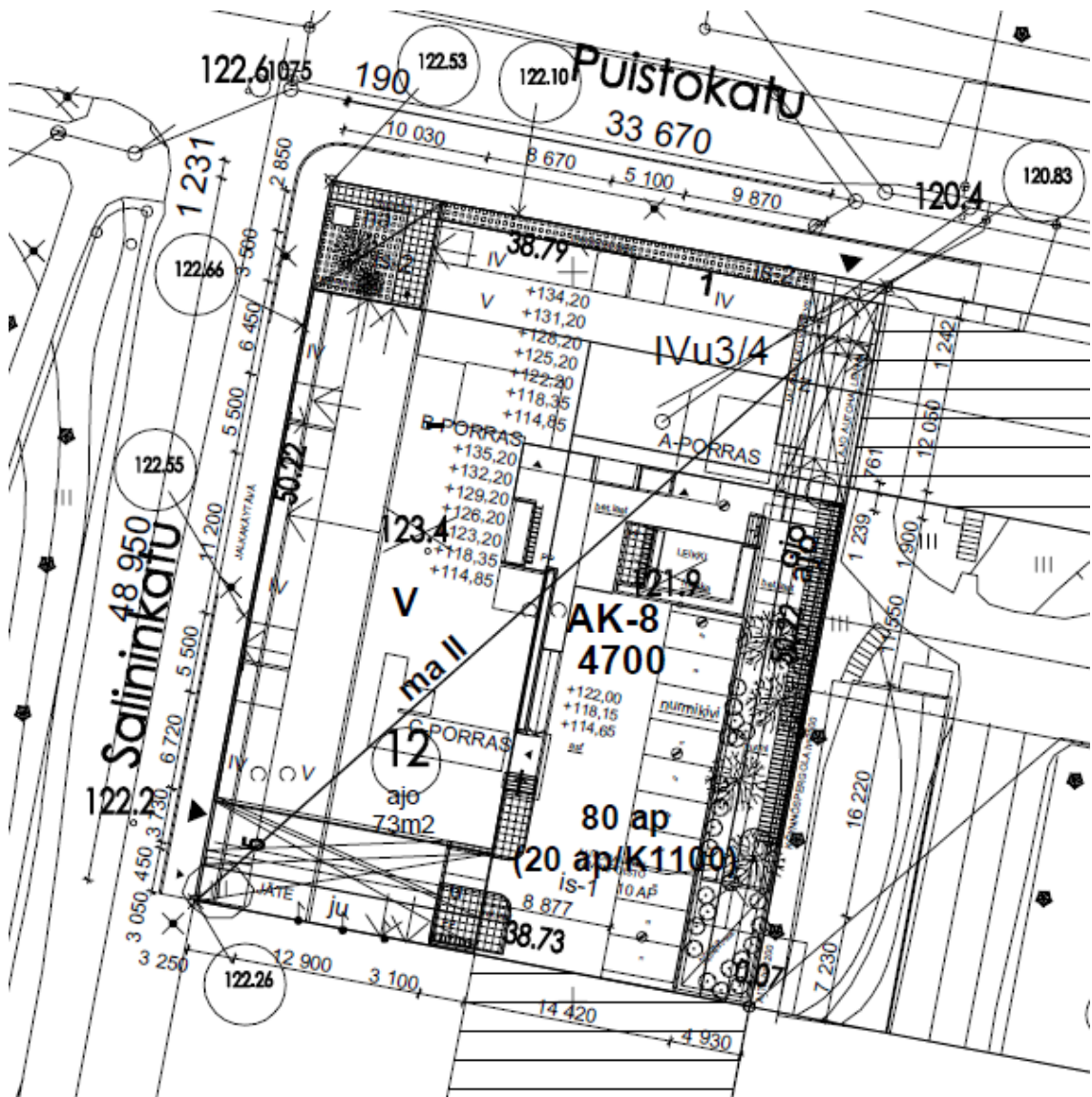
Tutkimuskohde on nimeltään Asunto Oy Lahden Eliel. Asunto Oy Lahden Eliel on asuinkerrostalo, joka rakennetaan Lahden keskustaan. Kohde on Rakennusosakeyhtiö Hartela Oy:n Lahden yksikön rakennuskohde. Työnjohtoharjoittelu suoritettiin kyseisellä työmaalla ja tämän työn tekijä toimi kuusi kuukautta erilaisissa työnjohtotehtävissä kesällä 2013.



Kuva 7. Arkkitehdin tekemä luonnospirustus As. Oy Lahden Eliel:stä.

Asunto Oy Lahden Eliel sijaitsee Keski-Lahden kaupunginosan korttelissa 23. Puistokadun ja Salininkadun risteyksessä. Puistokadun vastakkaisella puolella on

Lahden kaupungintalo, kun taas Salininkadun viereisellä tontilla sijaitsee Lahden Poliisilaitos. Rakennus on valmistuessaan seitsemänkerroksinen asuinkerrostalo käsittäen viisi asuinkerrosta sekä kaksi kellarikerrosta. Asuinhuoneistoja on valmistuessaan 54 ja 1 liiketila, jotka sijaitsevat kolmessa portaikossa. Rakennuksen kellarikerroksissa on 61 lämmintä autopaikkaa ja 5 autotallia sekä väestönsuojatilojen lisäksi muuta varastotilaa. Lisäksi 10 autopaikkaa sijaitsee asuintalon sisäpihan kannella.



Kuva 8. Kohteen asemapiirustus.

Julkisivu on Puistokadun ja Salininkadun puolella pääosin paikalla muurattua tiiltä. Sisäpihan puolella julkisivu on maalattua sandwich-elementtipintaa. Rakennuksen

vesikatteena on osaksi konesaumattu pelti ja talon tasakatto on huopaa. Sisäänkäynti parkkihalli-tiloihin sijaitsee Puistokadun puoleisella sivulla, kun taas käynti pihakannelle sijaitsee Salininkadun puolelta.



Kuva 9. Luonnospiirustus sisäpihalta päin katsottuna.

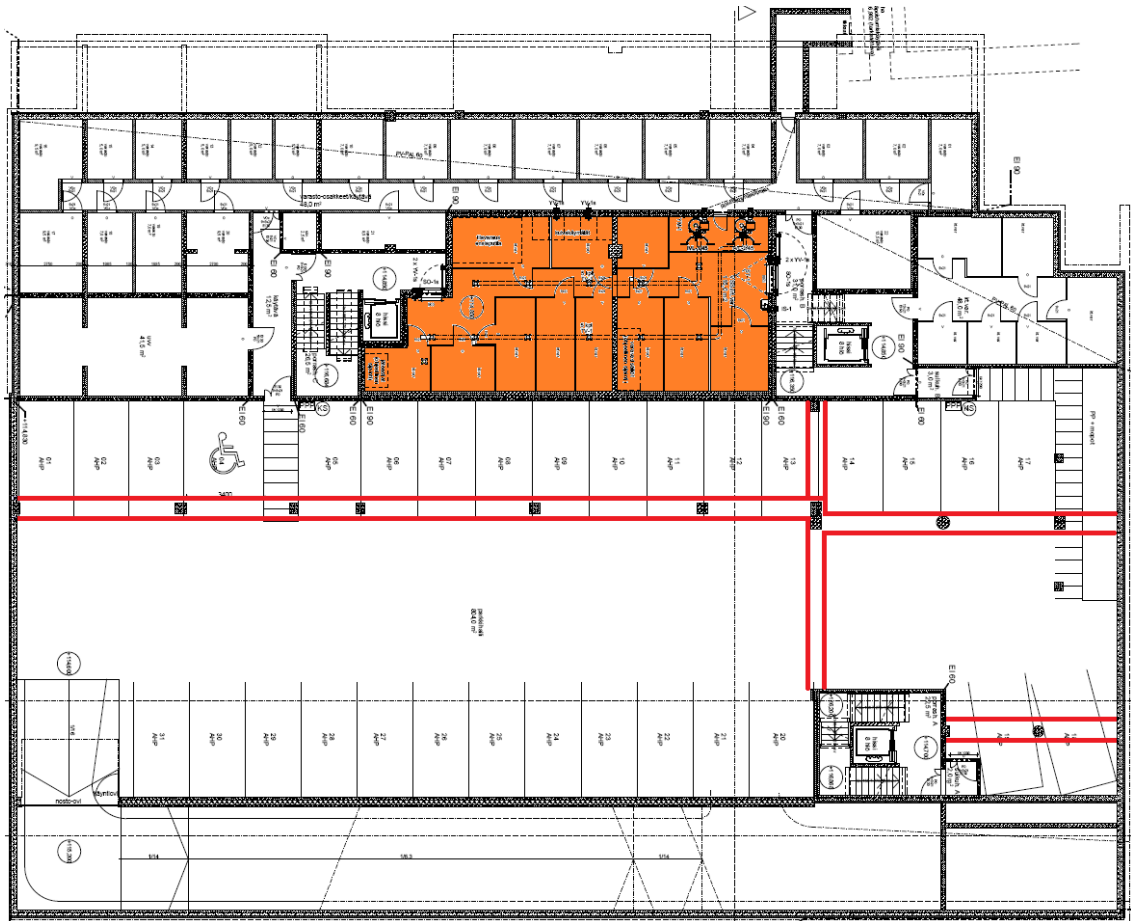
Rakennus on perustettu maanvaraisesti. Asuinkerrostalon kahden ensimmäisen kellarikerroksen anturat, seinät, pilarit, palkit ja alapohjan lattiat on toteutettu paikallavalaen. Kellarikerrosten välipohjat on lähes kaikki toteutettu ontelolaatoilla. Paikallavalettuja tasoja on ainoastaan kellarikerrosten portaikoiden välitasanteet sekä yksi holvivalu. Asuinkerrostalossa on viisi maanpäällistä kerrosta, joista ulko- ja väliseinät, parvekkeet ja porrashuoneet tulevat betonielementteinä.

Rakennustyöt tontilla aloitettiin keväällä 2012. Työt aloitettiin maankaivuilla ja vanhan tontilla sijaitsevan pommisuojan purkamisella. Kesän edetessä anturoiden valutyöt aloitettiin Salininkadun puoleisesti kulmasta siirtyen kohti Puistokatua. Anturoiden valuista siirryttiin korotus ja seinävaluihin. Paikallavaluseinien ja -palkkien tekoa jatkettiin aina joulukuulle 2013 asti, jolloin aloitettiin varsinaisen rungon elementtien asennus. Tällä hetkellä paikallavalukellarin seinistä on tehty noin 95 prosenttia, ja viimeiset seinät valetaan kevään tullessa.

5.2 Kustannuslaskelmat

5.2.1 Kellarirakenteiden kustannuslaskelmat

Kustannuslaskelmat laskettiin kohteen alakellarista. Kustannuslaskelma rajattiin ainoastaan muottityöhön, raudoitukseen ja betonointiin kohdistuviin kustannuksiin. Rakennuksen alakellarin koko on noin 49 metriä pitkä Salininkadun suunnassa ja 38 metriä leveä. Kaikki työssä esiintyvät kustannusarvot ja hinnat ovat arvolisäverottomia.



Kuva 10. Alakellarin pohjakuva.

Väliseinät ovat kooltaan 200 mm paksuja ja ulkoseinien koko seinälinjasta riippuen 240 mm ja 380 mm. Palkkilinjat näkyvät kuvasta 10 punaisella ja niiden yhteenlaskettu pituus on noin 69 metriä. Pohjakuvan keskellä oranssilla väritettyä väestönsuojaa ei ole laskennassa otettu huomioon, sillä se tehtiin elementtirakenteisena. Pilarit näkyvät kuvassa tummempina neliön tai ympyrän muodossa. Pilareita ei tullut ainoastaan palkkilinjalle vaan niitä esiintyy myös seinälinjoilla. Kuvan yläreunassa katkoviivalla

näkyvät seinälinjat kuuluvat alakellarin paikallavaluihin. Ne on pohjakuvassa merkattuna katkoviivalla sen vuoksi, että ulomman seinän ja ulkoseinän väli täytettiin puhallettavalla Leca-soralla.

Laskenta aloitettiin määrälaskennalla, jossa seinien, pilareiden ja palkkien eri määrät laskettiin valmiiden piirustusten pohjalta.

Taulukko 1. Alakellarin rakenteiden määräluettelo

Seinät	Muotin pinta-ala	Raudoitus		Betoni
	m ²	kg	Keskirauta	m ³
200 mm	1169	5376,15	8	117
240 mm	1239	11263,8	10	149
380 mm	134,4	919,248	8	26

Pilarit	Muotin pinta-ala	Raudoitus		Betoni
	m ²	kg	Keskirauta	m ³
	126	4174,73	16	14,7

Palkit	Muotin pinta-ala	Raudoitus		Betoni
	m ²	kg	Keskirauta	m ³
	110	4553,86	12	30,36

Tarvittavat määrät myöhempää laskentaa varten ovat muottipinta-ala, raudoitus- ja betonimäärä. Näiden lisäksi määritettiin raudoitukselle keskirauta, eli kaikkien raudoitukseen kuuluvien tankokokojen keskiarvo, joka määritettiin seinään, pilariin ja palkkiin erikseen. Määrät kerättiin taulukon 1. mukaiseen Excel-tilaukseen.

Laskennan seuraavassa vaiheessa määritettiin seinien, pilareiden ja palkkien eri työvaiheiden kuten muottityön, raudoituksen ja betonoinnin kestot tunteina. Työnkesto määritettiin eri seinäpaksuuksille sekä pilarille ja palkille erikseen. Määrittämisessä käytettiin apuna eri töiden Talo-Ratu-ohjekortteja. [11; 12; 13; 14.]

Ratu-ohjekorttien työmenekkitiedot perustuvat Ratu-tutkimuksen tuloksina tuotettuihin hyvän rakennustavan mukaisiin tietoihin. Näitä työmenekkitietoja on kehitetty jo 1970-luvulta alkaen. Hyvä rakennustapa tarkoittaa oikeaa ajoitusta, oikeita työmenetelmiä, sopivia laadunvarmistusmenetelmiä sekä työ- ja ympäristöturvallisuutta. Ratu-

työmenekkitutkimus perustuu työmailta kerättäviin toteutumatietoihin. Näin työmenekki kertoimista on saatu ja saadaan jatkuvasti tarkempia sekä todenmukaisia. Työmenekin yksikkönä käytetään työntekijätuntia yksikköä kohti eli tth/yks. [14, s. 16.]

Taulukko 2. 200 millimetriä paksun seinän työnkesto kuvaava taulukko.

Rakennusosa	Tehtävän nimike ja selitys	Määrätiedot		Työn kesto	
		Määrä	Yksikkö	Menekki tth/yks	Tunnit tth yht.
Seinä 200mm	Muottityö	1169	m ²		
	- Muotin esivalmistus	1169	m ²	0,09	105,21
	- Paikan mittaus	1169	m ²	0,03	35,07
	- Puhdistus ja öljyäminen	1169	m ²	0,01	11,69
	- Muotin pystytys	1169	m ²	0,25	292,25
	- Muotin purku ja karkea puhdistus	1169	m ²	0,1	116,9
	Yhteensä	1169	m²		561
	Raudoitus A500HW Ø8	5376	kg		
	- Koneellinen katkaisu ja taivutus	5376	kg	0,0033	17,7408
	- Siirrot, nosturi	4800	kg	0,0001	0,48
	- Siirrot, käsin	576	kg	0,0005	0,288
	- Raudoitus	5376	kg	0,013	69,888
	Yhteensä	5376	kg		88
	Betonointi K30-2	117	m ³		
	- Valmistelevat työt	117	m ³	0,04	4,68
- Betonointi nostoastialla	117	m ³	0,27	31,59	
- Lopettavat työt	117	m ³	0,03	3,51	
Yhteensä	117	m³		40	

Työn keston määrittäminen aloitettiin tekemällä taulukon 2 mukainen taulukko. Taulukot tehtiin rakennusosittain niin, että kaikista työtehtävistä pyrittiin keräämään kaikki työnkesto vaikuttavat työvaiheet otsikon *Tehtävän nimike ja selitys* alle. Kuvasta nähdään, että seinän muottityöhön on valittu työvaiheiksi muotin esivalmistus, paikan mittaus, puhdistus ja öljyäminen, muotin pystytys sekä muotin purku ja karkea puhdistus. Määrälaskennan mukaisesti jokaiseen työvaiheeseen asetetaan työtä vastaava määrä. Nyt muottityötä tehtäessä kaikki työvaiheet tehdään koko muottimäärälle. Lopullinen työn kesto saadaan laskettua kertomalla määrätieto sitä vastaavalla menekikertoimella. Suurin osa menekikertoimista on määritetty Talo-Ratu-ohjekorttien työmenekikertoimien mukaisesti ja osaa kertoimista on muutettu kokemuspohjaisesti joko pienemmäksi tai suuremmaksi. Nyt taulukosta 2 nähdään, että muottityön kesto on 561 työntekijätuntia eli yhdeltä henkilöltä kuluisi aikaa 561 tuntia työn suorittamiseen.

Raudoituksen työmenekki on määritetty keskiraudan mukaisesti. Nyt 200 millimetriä paksun seinän keskirauta on Ø8, jolloin työmenekki raudoitukselle on 0,013 tth/yks. Jos keskirauta olisi esimerkiksi Ø10, niin työmenekki seinän kohdalla olisi 0,0073 tth/yks. Siirrot on ajateltu tehtävän suurelta osin nosturilla ja vain pieni osa käsin siirrettynä.

Taulukko 3. Kaikkien työvaiheiden kestoa kuvaava taulukko.

Rakennusosa	Tehtävän nimike ja selitys	Määrätiedot		Työn kesto
		Määrä	Yksikkö	Tunnit tth
Seinät	Muottityö	2542	m ²	1220
	Raudoitus A500HW Ø10	17560	kg	246
	Betonointi K30-2	292	m ³	99
Pilarit	Muottityö	126	m ²	88
	Raudoitus A500HW Ø16	4175	kg	51
	Betonointi K40-2	14,7	m ³	7
Palkit	Muottityö	110	m ²	97
	Raudoitus A500HW Ø12	1000	kg	53
	Betonointi K40-2	31	m ³	8
Työn lopullinen kesto				
Suoritemääräkerroin	Lisäaikakerroin	Tunnit tth Yht.	Työryhmä	Suunniteltu kesto tv
0,95	1,15	1333	3	55,5
1	1,1	271	2	16,9
1,05	1	104	2	6,5
1,1	1,15	112	3	4,6
1,1	1,1	61	2	3,8
1,15	1	8	2	0,5
1,1	1,15	122	3	5,1
1,1	1,1	64	2	4,0
1,15	1	9	2	0,6

Kaikkien rakennusosien työnkesto yhdistettiin lopulta yhteen taulukkoon. Työnkestoja korjattiin tämän jälkeen suoritemääräkertoimella sekä lisäaikakertoimella. Suoritemääräkerroin ottaa laskennassa huomioon työn toistuvuuden eli mitä enemmän jotakin työsuoritetta tehdään, niin työnkesto oletetaan pienenevän. Lisäaikakerroin taas huomioi työnaikaiset keskeytykset, esimerkiksi muottityössä nosturi voi olla työpäivän aikana muussakin käytössä muottityön aikana. Suunniteltu kesto työvuorokausina saadaan lopulta laskettua jakamalla työntekijätunnit työryhmän määrällä ja yhden työpäivän työtuntimäärällä. Esimerkiksi seinien muottityön kesto työvuorokausina saadaan laskettua $1333 \text{ tth} / 3 \text{ t} / 8 \text{ th} = 55,5 \text{ tv}$. Karkeasti laskettuna

siis yhdelle päivälle muotitusvauhti on noin 7,5 metriä, kun tehdään 3,5 metriä korkeaa seinää. [11 12; 13]

Rakennusosien lopullisiksi kestoiksi laskennasta saatiin:

Seinät

- Muottityö 55,5 tv
- Raudoitus 16,9 tv
- Betonointi 6,5 tv

Pilarit

- Muottityö 4,6 tv
- Raudoitus 3,8 tv
- Betonointi 0,5 tv

Palkit

- Muottityö 5,1 tv
- Raudoitus 4,0 tv
- Betonointi 0,6 tv

Muottityö vie työvaiheista eniten aikaa. Tuotantoa tahdistava kesto saadaan laskemalla muottitöiden kestojen pituus yhteen eli 65,2 tv, joka on noin 13 viikkoa. Laskenta ei ota kuitenkaan huomioon betonin lujuuden kehitykseen vievää aikaa, joka saattaa olla rakenteen muodosta ja koosta riippuen muutamasta päivästä kahteen viikkoon. Tällä tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi palkin alapuoliset tuet tulee pitää paikoillaan niin kauan kuin tarvittava betonin lujuus on saavutettu. Tuotannon kesto määrää pitkälti sen kuinka suureksi kustannukset kasvavat. Esimerkiksi muottikalusto saattaa tulla vuokrauksen kautta, jolloin kustannuksia syntyy niin kauan kunnes viimeinenkin paikallavalu on suoritettu ja kalusto palautettu.

Viimeisenä vaiheena suoritettiin varsinainen kustannuslaskenta. Kustannukset pyrittiin laskemaan tutkimuskohteen todellisia kustannuksia vastaaviksi. Tästä johtuen

ainoastaan raudoitukselle on laskettu työkustannus alihankinnan vuoksi, kun taas muottityön ja betonoinnin hoitivat yrityksen omat työntekijät.

Taulukko 4. Kustannuslaskennan lopullinen taulukko.

Rakennusosa	Työtehtävän kuvaus	Määrätiedot		Työnkesto		
		Määrä	Yks.	Suunniteltu kesto tv		
Seinät	Muottityö	2542	m ²	55,5		
	Rauditus A500HW Ø10	17560	kg	16,9		
	Betonointi K30-2	292	m ³	6,5		
Pilarit	Muottityö	126	m ²	4,6		
	Rauditus A500HW Ø16	4175	kg	3,8		
	Betonointi K40-2	14,7	m ³	0,5		
Palkit	Muottityö	110	m ²	5,1		
	Rauditus A500HW Ø12	4554	kg	4,0		
	Betonointi K40-2	31	m ³	0,6		
Työkustannus		Ainekustannus			Yhteensä	
€/yks	Yhteensä €	Hukka %	€/yks	Yhteensä €	€/yks	Yhteensä €
0,45	7902,0	1	135	7560	135	7560
		1,15	0,7	14135,8	1,26	22037,8
		1,05	86	26367,6	90,3	26367,6
0,45	1878,8	1	20,4	1142,4	20,4	1142,4
		1,1	0,7	3214,75	1,22	5093,5
		1,05	96	1481,76	100,8	1481,76
0,45	2049,3	1	75	2250	75	2250
		1,1	0,74	3706,956	1,26	5756,3
		1,05	96	3124,8	100,8	3124,8
YHTEENSÄ	11830,1			62984,1		74814,1

Työn ja materiaalien yksikkökustannushinnat määritettiin mahdollisimman lähelle tutkimuskohteen hintoja. Tällä pyrittiin siihen, että saataisiin tarkempia tuloksia ja mahdollisten kustannuserojen yhdeksi syyksi ei muodostuisi hinnoittelu.

Seinämuottikaluston yksikköhinnaksi saatiin 135 €/vrk. Kalusto on laskettu niin, että kerrallaan voi olla valussa n. 15 metriä seinää ja 10 metrin matkalle on työmuotti. Pilarimuotin hinta 20,4 €/vrk on yhteenlaskettu hinta kolmelle pilarimuotille. Palkkimuottikalusto on laskettu n. 45 metrille, jolloin yksikköhinnaksi syntyy 75 €/vrk. Muottikalustojen hinnat on määritetty niin, että ne sisältävät kaikki muotitukseen tarvittavat osat kuten muottielementit, vinotuet ja kiinnitystarvikkeet yms.

Seinä- ja pilarimuotituksen on ajateltu tapahtuvan samanaikaisesti, koska pilareita esiintyy palkkilinjan lisäksi myös seinälinjoilla. Näin ollen pilarimuottien lopullinen hinta saatiin laskettua kertomalla muottikalustojen yksikköhinta seinämuottityöhön kuluvalle työnkestolla.

Seinämuottikaluston lopullinen kustannus:

$$K_{sm} = H_{sm} \cdot T_{sm} = 135 \frac{\text{€}}{\text{vrk}} \cdot 56 \text{vrk} = 7560 \text{€}$$

missä,	K_{sm}	Seinämuottikaluston kokonaiskustannus
	H_{sm}	Seinämuottikaluston yksikköhinta
	T_{sm}	Seinämuottityön kesto

Pilarimuottikaluston lopulliseksi kustannukseksi syntyi:

$$K_{pm} = H_{pm} \cdot T_{sm} = 20,4 \frac{\text{€}}{\text{vrk}} \cdot 56 \text{vrk} = 1142 \text{€}$$

missä,	K_{pm}	Pilarimuottikaluston kokonaiskustannus
	H_{pm}	Pilarimuottikaluston yksikköhinta
	T_{sm}	Seinämuottityön kesto

Ratu-ohjeen mukainen laskenta antaa palkkimuottityön pituudeksi noin 5 vrk. Muottikaluston minimivuokra-ajaksi on kuitenkin säädetty 30 vrk, jolloin palkkimuottikaluston hinta laskettiin kertomalla muottikaluston yksikköhinta minimivuokra-ajalla. Näin ollen palkkimuotituksen kokonaiskustannukseksi saatiin 2250 €. Muottikalustojen yhteenlasketuksi kustannukseksi saatiin 10952,4 €.

Raudituksen työhinnaksi määritettiin 0,45 €/kg. Työn hinta sisältää työhön tarvittavien työvälineiden kustannukset. Seinien ja pilareiden rauditus on ajateltu tehtävän pitkältä raudoituksesta. Pitkällä raudoitteella tarkoitetaan tankoja, jotka tulevat työmaalle tehdaspituusina ja jotka työmaalla myöhemmin katkotaan sopivan mittaisiksi. Näin raudoitteen hinnaksi on määritetty 0,7 €/kg. Palkkiraudoite on ajateltu tehtävän

taivutetusta teräksestä, jolloin hinnaksi on määritelty 0,75 €/kg. Raudoituksen kustannus on saatu kertomalla yksikköhinnat niitä vastaavin määrin, jolloin työkustannusten ja materiaalin yhteenlasketuksi hinnaksi saatiin 32887,56 €.

Betonin hinta on määritetty kahdelle lujuusluokalle erikseen. K30-2 lujuuden betonille saatiin yksikköhinnaksi 86 €/m³ ja K40-2 lujuudelle 96 €/m³. Betonihinnat on määritetty aikavälillä 16.00 – 18.00 tapahtuvalle ylitöyönä tehtävälle betonointityölle. Betonihinnat sisältävät ainekustannusten lisäksi palveluaikakorvauksen. Lopulliset betonikustannukset saatiin kertomalla betonimäärät ainehukkakertoimella ja tämän jälkeen yksikkökustannushinnoilla. Hukkakertoimen arvona tässä työssä käytettiin 10 prosenttiyksikköä. Kaikkien rakenteiden kokonaisbetonikustannukseksi saatiin 30974,16 €.

Alakellarin eri rakenteiden kustannusten yhteenlasketuksi summaksi saatiin 74814,1 €.

5.2.2 Torninosturi – Betonipumppuauto

Alakellarin kustannuslaskelmien lisäksi tehtiin kaksi tarkastelua, joissa laskettiin kahden eri betonointitavan kustannukset. Tarkastelut tehtiin 6 m³ ja 12 m³ betonimäärille.

Betonointitavoista ensimmäinen suoritetaan torninosturin avulla nostoastialla. Betonointi olisi tarkoitus tehdä ylitöyönä normaalin työajan jälkeen. Työhön osallistuisi torninosturin kuljettajan lisäksi kaksi työntekijää ja työnjohtaja. Betoniasemalta tilattu betoni tulisi työmaalle betoniautolla.

Toinen tapa on suorittaa betonointi betonipumppuautolla normaalin työajan aikana. Työhön osallistuisi silloin vain kaksi työntekijää ja työnjohtaja. Työntekijät voitaisiin irrottaa muista töistä betonoinnin ajaksi. Myös tässä tapauksessa tilattu betoni tulisi työmaalle betoniautolla ja josta se siirretään betonipumppuautoon.

Ensimmäisen tarkastelun betonimäärä oli 6 m³, jolloin kokonaistyöajaksi ajateltiin kuluvaan kaksi tuntia. Ensimmäinen tunnin ajatellaan kuluvaan betonointiin ja tämän jälkeen jälkitöihin toinen tunti.

Taulukko 5. Torninosturilla tehtävän 6 m³ betonivalun kustannuslaskentataulukko.

Torninosturi									
Tehtävä	Määrä	Työn kesto		Työkustannus			Ainek.	Yhteensä	
	m ³	h / yks	h	€/h	Ylityölisä	€/yks	€/yks	€/yks	Yhteensä €
Seinävalu	6		2						
Betonointi									
3 Työntekijää	6	0,167	1	15	1,5	11,3		11,3	67,8
Jälkityöt									
3 Työntekijää	6	0,167	1	15	1,5	11,3		11,3	67,8
Työnjohto									
1 Työnjohtaja	6	0,333	2	21	1,5	10,5		10,5	63
Betoni	6						88,7	88,7	532,2
Yhteensä								121,8	730,8

Betonoitaessa torninosturilla, kokonaiskustannukset syntyvät työntekijöiden ja työnjohtajan palkoista, sekä betonin ainekustannuksesta. Kahden työntekijän ja torninosturin kuljettajan tuntipalkaksi määritettiin 15 €/ tunti. Työnjohtajan palkka on 21 €/ tunti. Tuntipalkkoja on lisäksi korotettu ylityölisällä, joka on 50 % kahdelta ensimmäiseltä ylityötunnilta. Betonin ainekustannukset on laskettu lujusluokalle K30-2 ja yksikköhinta 88,7 €/m³ sisältää betonin lisäksi kuljetus- ja palveluaikakorvauksen. Kokonaiskustannukseksi saatiin 730,8 €. [13.]

Taulukko 6. Betonipumppuautolla tehtävän 6 m³ betonivalun kustannuslaskentataulukko.

Betonipumppuauto					
Tehtävä	Määrätiedot		Ainekustannus	Yhteensä	
	Määrä	Yksikkö	€/yks	€/yks	Yhteensä €
Seinävalu	6	m ³			
Betoni <i>Bet., kulj. ja pumppua.</i>	6	m ³	124,7	124,7	748,2
Yhteensä				124,7	748,2

Kun betonoidaan betonipumppuautolla, kustannukset syntyvät betonipumppuautosta ja betonin ainekustannuksista.

Betonointiin tarvittavat kaksi työntekijää ja työnjohtaja ajatellaan voitavan irrottaa muista töistä betonoinnin ajaksi. Näin työstä ei synny lisäkustannuksia. Betonipumppuauton kustannukseksi laskettiin noin 300 € kahdelta ensimmäiseltä tunnilta. Tämän lisäksi syntyy ainekustannuksia betonista ja kuljetuksesta. Palveluaikakorvausta ei laskennassa huomioitu, sillä kuljetuksen oletetaan kestävän alle puoli tuntia, jolloin palvelusta ei synny kustannuksia. Kuten taulukosta 6 nähdään, kokonaiskustannukseksi laskennalla saatiin 748,2 €.

Toisessa tarkastelussa betonimäärä oli 12 m³, jolloin työn ajatellaan kestävän kolme tuntia ja niistä kaksi tuntia betonointiin.

Taulukko 7. Torninosturilla tehtävän 12 m³ betonivalun kustannuslaskentataulukko.

Torninosturi									
Tehtävä	Määrä	Työn kesto		Työkustannus			Ainek.	Yhteensä	
	m ³	h / yks	h	€/h	Ylityölisä	€/yks	€/yks	€/yks	Yhteensä €
Seinävalu	12		3						
Betonointi									
3 Työntekijää	12	0,167	2	15	1,5	11,3		11,3	135,6
Jälkityöt									
3 Työntekijää	12	0,083	1	15	2	7,5		7,5	90
Työnjohto									
1 Työnjohtaja	12	0,167	2	21	1,5	5,3		5,3	63,6
	12	0,083	1	21	2	3,5		3,5	42
Betoni	12						88,7	88,7	1064,4
Yhteensä								116,3	1395,6

Kustannukset syntyvät saman kaavan mukaisesti kuin ensimmäisessä tarkastelussa. Ainoana muutoksena on työnkeston pidentyminen yhdellä tunnilla. Nyt viimeistä tuntia korotetaan ylityölisällä, joka on 100 %, jolloin kertoimena käytetään arvoa 2. Betonin ainekustannukset ovat samat kuin ensimmäisessä tarkastelussa. Nyt kokonaiskustannukseksi saatiin 1395,6 €. [13.]

Taulukko 8. Betonipumppuautolla tehtävän 12 m³ betonivalun kustannuslaskentataulukko.

Betonipumppuauto					
Tehtävän nimike ja selitys	Määrätiedot		Ainekustannus	Yhteensä	
	Määrä	Yksikkö	€/yks	€/yks	Yhteensä €
Seinävalu	12	m ³			
Betoni <i>Bet., kulj. ja pumppua.</i>	12	m ³	99,7	99,7	1196,4
Yhteensä				99,7	1196,4

Myös betonipumppuauton kustannukset syntyvät samalla tavalla kuin ensimmäisessä tarkastelussa. Betonoinnin ajatellaan tehtävän kahden tunnin sisällä, joten pumppuautosta syntyvä kustannus on myöskin 300 €. Näin ollen kustannus yhtä betonikuutiota kohden pienenee. Nyt kokonaiskustannukseksi saadaan 1196,4 €.

6 Kustannusten vertailu

6.1 Laskelmien vertaus kohteen toteutuneisiin kustannuksiin

Kohteen toteutuneet kustannukset selvitettiin kohteen laskujen perusteella. Tarkan litteroinnin avulla kustannusarvot saatiin määritettyä laskupäivämäärien perusteella suhteellisen tarkasti. Kustannusmäärissä esiintyy kuitenkin pientä epätarkkuutta, sillä täysin tarkkojen kustannusten saamiseksi olisi laskujen sisältö täytynyt tutkia, jolloin työn määrä olisi ollut saatuun tulokseen nähden huomattavan suuri.

Toteutuneiden kustannusten määrittämisen apuna toimi työmaalla käytetty valupäiväkirja. Päiväkirjaan merkattiin valunumero, päivämäärä ja betonin määrä. Lisäksi työmaakopin seinällä oli pohjapiirros, jonne värikynällä merkattiin valettu kohde ja siihen päivämäärä. Näiden avulla pystyttiin pitämään kirjaa sen hetkisestä valumäärästä ja pohjapiirustuksesta paikallavalujen edistymisen tilanteesta.

Tarkat valupäivämäärät ja betonimäärät saatiin siis päiväkirjasta. Näiden avulla betonin, raudoituksen ja muottikaluston laskut voitiin päivämäärien mukaisesti poimia. Lisäksi työn alakellarin paikallavalutöiden kesto voitiin määrittää.

Taulukko 9. Kohteen kokonaiskustannuksia kuvattuna taulukossa.

Kohteen kustannukset			
Työn kesto	11. viikkoa		
	Määrä	Yksikköhinta	Yhteensä
Muotitus			15455 €
Raudoitus			36039,4 €
<i>Työ</i>			9374,4 €
<i>Rauta</i>			26665 €
Betoni	372 m ³	86 €/m ³	31992 €
Yhteensä			83486,4 €

Kuten taulukosta 9 nähdään, alakellarin paikallavalutyöt kestivät noin 11 viikkoa eli 55 työvuorokautta. Muotituksen kustannukset koostuvat muottikaluston vuokrasta ja siihen kuuluvista tarvikkeista. Näistä syntyi kustannuksia yhteensä 15455 €. Raudoituksesta syntyi työkustannuksia 9374,4 € ja materiaalikustannuksia 26665 €. Betonista syntyi materiaalikustannuksia 31992 € ja kun betonivalujen määrä oli 372 m³, saatiin yksikköhinnaksi yhteensä 86 €/m³. Tarkasteltujen materiaali- ja työkustannusten yhteenlasketuksi arvoksi saatiin 83486,4 €.

6.1.1 Muottityö

Taulukko 10. Muottityön laskennallisen kustannuksen ja toteutuneiden kustannusten vertailu.

	Muotitus	
	Laskennallinen	Toteutunut
Kustannus	10952,4 €	15455 €
Ero	15455 - 10952,4 = 4502,6 €	

Laskennan ja toteutuneiden kustannusten eroksi saatiin 4502,6 euroa. Kohteen toteutuneet kustannukset ovat siis lähes 42 % suuremmat kuin laskelmien arvot.

Kun kohteen muottikaluston laskuja tutkittiin, huomattiin että palkki- ja pilarimuottien kustannukset vastaavat hyvin lähelle laskennallisia arvoja. Näin ollen voidaan olettaa, että kustannusero johtuu siis ainoastaan seinämuottikaluston kustannusten erosta.

Seinämuottikaluston toteutunut kustannus saadaan karkeasti laskettua vähentämällä toteutuneesta kokonaiskustannusmäärästä laskennalliset palkki- ja pilarimuottikustannukset:

$$S_t = K_T - K_{pa} - K_{pi} = 15455 - 2250 - 1142 = 12063\text{€}$$

missä,	S_t	Seinämuottikaluston toteutunut kustannushinta
	K_T	Muottikaluston toteutunut kokonaiskustannus
	K_{pa}	Palkkimuottikaluston laskennallinen kustannushinta
	K_{pi}	Pilarimuottikaluston laskennallinen kustannushinta

Seinämuottikaluston toteutunut kustannukseksi saadaan siis noin 12063 €. Kun taas kustannuslaskelma antaa arvoksi 7560 €, niin toteutunut kustannus on lähes kaksinkertainen.

Yksi syy kustannusten eroavaisuuden on se, että kustannuslaskelma ottaa laskennassa huomioon vain tuotantoon kuluvan ajan. Todellisuudessa muottikalusto tilataan kuitenkin työmaalle hyvissä ajoin ennen muottityön aloittamista, jolloin kalustoon ehditään tutustua. Muottikalustoa ei myöskään palauteta välittömästi viimeisen valun päätyttyä vaan jälkisiivoukseen ja tavaroiden inventaarioon sekä keräilyyn kuluu päiviä. Tuotantoaikaa tulisi siis kasvattaa vähintään 14 työvuorokaudella. Näin ollen kustannuslaskelma antaisi enään noin 2600 € pienemmän arvon.

Mahdollinen syy kustannusten eroavaisuuteen voi olla myös esimerkiksi seinämuottikaluston vuokramäärien ero. Kuten aiemmin työssä on jo kerrottu, kustannuslaskemien päivävuokrahinta 135 € sisältää seinämuottikalustoa valuun 15 metriä ja lisäksi 10 metriä työmuottia. Vuokrahintaan on laskettu lisäksi tarvikkeiden ja välineiden kustannukset. Muotitusvauhdin ollessa karkeasti 7,5 metriä seinämuotti päivässä, vuokrakaluston määrä riittää hyvin. Kohteessa kuitenkin muottikaluston määrä voi olla suurempi, jolloin vuokrahinta on korkeampi. Myös lisätarvikkeiden ja vuokrakaluston täydennys kasvattavat kustannuksia, sillä usein rahdista syntyvät kustannukset voivat myös olla huomattavat.

6.1.2 Raudoitus

Taulukko 11. Raudoituskustannusten vertailua kuvaava taulukko

Raudoitus		
Raudoitus	Laskennallinen	Toteutunut
<i>Työ</i>	11 830 €	9 374,40 €
<i>Aine</i>	21 057,50 €	26 665 €
Yhteensä	32 887,56 €	36 039,4 €
Ero	36039,4 - 32887,56 = 3148,84 €	

Kohteessa toteutuneet ainekustannukset olivat huomattavasti suurempia kuin laskelmissa, kun taas työkustannusten toteutuma jäi pienemmäksi kuin laskelmissa. Työkustannuksen eroksi saatiin laskennallisten kustannusten hyväksi 2455,6 € suuremmat. Toteutuneet ainekustannukset olivat kuitenkin yhteensä noin 5607,5 € suuremmat. Yhteensä laskelmat antavat noin 9,5 % pienemmän kustannushinnan, joka on arvoltaan noin 3148,84 €. Kaikki kohteen raudoitustyöt hoiti kohteessa aliurakoitsija.

Laskennalliset työkustannukset olivat noin 2450 € suuremmat. Laskenta on näin ollen turvallisella puolella. Yksi syy suurempaan arvoon voi olla se, että määrälaskennan raudoitusmäärät antavat todellista raudoitusmäärää suuremman arvon. Vaikka määrälaskenta on suhteellisen tarkka, niin määrät pyritään laskemaan varman puolelle. Määrälaskennassa ei tässä työssä myöskään otettu huomioon kaikkia aukkoja, kuten oviaukkoja, jotka taas vähentävät tehtävää raudoitusta konkreettisesti. Todellisen kohteen raudoitustyötä vähensi myös se, että kaikki seuraavan kerroksen tartuntateräkset asensi paikalleen betonivaluryhmä. Tartuntateräksistä myös suuri osa tilattiin suoraan valmistajalta, jolloin niiden tekemiseen ei myöskään kulunut aikaa.

Kohteen toteutuneet ainekustannukset olivat noin 5607,5 € suuremmat. Toteutuneet kustannukset olivat siis noin 27 % suuremmat, mikä on huomattava ero. Suurin syy ainekustannusten eroavaisuuteen on materiaalihukan suuruuden ero. Laskelmissa materiaalihukka vaihtelee 10-15 % välillä. Todellisuudessa kohteen materiaalihukka voi olla paljonkin suurempi.

Materiaalihukkaa voi syntyä raudoituksen eri vaiheissa:

- Seinän raudoitusta tehdessä, raudoitustangot katkaistaan seinään sopiviksi, jolloin jäljelle jäävät tangot ovat usein liian lyhyitä seuraaviin seinävaluihin
- raudoitustyöstä ylijääviä tankoja ei aina käytetä seuraavassa valukohteessa, vaan jätetään raudoituspaikalle, jolloin jäävät muiden työvaiheiden jalkoihin ja hautautuvat maahan tai vääntyvät
- huolimaton tilaaminen suoraan kuvista, jolloin pituudet eivät aina täsmää valukohteen todellisia mittoja.

Nyt laskelmissa on ainoastaan palkkien raudoitushinta laskettu valmiiksi taivutetun raudan hinnan mukaisesti. Kohteessa kuitenkin suuri osa seinään tulevista tartuntateräksistä tilattiin työmaalle taivutettuna. Myös lähes kaikki seinäraudoitukseen tulevista U-raudoista tuli työmaalle valmiiksi taivutettuina.

Raudoituskustannuksiin vaikuttaa paljon raudoitustyöntekijöiden ammattitaito: Kyky lukea kuvia ja arvioida valukohteen raudoitusmäärät oikein sekä huolellisuus materiaalin käyttöä kohtaan niin, että hukkaa syntyy mahdollisimman vähän, pienentävät kustannuksia. Myös rakennesuunnittelun merkitys kustannusten syntyyn on huomattava. Kustannuksia pienentäviä tekijöitä on esimerkiksi, että suunnitelmat ovat keskenään saman tapaisia ja helposti toteutettavia sekä eri raudoituskomponenttien ja yksityiskohtien määrä on mahdollisimman pieni. Näin kun samat raudoitustyön vaiheet toistuvat eri valukohteissa aina uudestaan, niin työtavat kehittyvät, jolloin aikaa ja materiaalia kuluu vähemmän.

6.1.3 Betoni

Taulukko 12. Betonikustannusten vertailua kuvaava taulukko

Betoni		
	Laskennallinen	Toteutunut
Kustannus	30974,2 €	31992 €
Ero	31992 € - 30974,2 € = 1017,8 €	

Kohteessa toteutuneet betonikustannukset olivat vain niukasti laskelmien antamia tuloksia suuremmat. Kustannuseroksi syntyi vain noin 1017,8 €, eli toteutuneet kustannukset ovat vain noin 4 % suuremmat.

Betonin kokonaiskustannus syntyy monesta eri tekijästä:

- Tilattavan betonin ominaisuuksista, kuten lisäaineista, lujuudesta, rasitusluokista ja rakeisuuden koosta
- betonoinnin ajankohdasta, jolloin kustannuksia kasvattaa normaalin päivän jälkeiset betonivalut ja mahdollinen talvibetonointi
- kuljetuksesta syntyvät kustannukset, kuten palveluaika ja mahdollinen pumppauskalusto

Pieni ero laskennan ja toteutuneiden kustannusten välillä voi siis syntyä monestakin asiasta. Laskennassa on vaikea ottaa huomioon eri tekijöiden vaihteluita. Todellisessa kohteessa jonakin päivänä valumäärä saattaa olla lähellä 25 kuutiota, jolloin yksikköhinta voi vaihdella paljonkin. Laskelmat tulisikin laskea varmalla puolella olevat yksikköhinnan mukaisesti. Nyt laskelmissa käytettiin seinien betonoinnissa arvoa 86 €/betonikuutio ja pilareissa sekä palkeissa arvoa 96 €/betonikuutio. Laskennassa käytettiin kaikissa betonivaluissa hukkana 5 prosentiarvoa. Se on suuruusluokassaan 6 betonikuution valussa noin 300 litraa. Hukka prosentti on lähellä todellisuutta, sillä betonivaluja laskettaessa ja tilattaessa määrän täytyy aina olla ylimitoitettu, sillä seinien tilavuutta ei täydellisesti pysty laskemaan ja vahingon sattuessa betonia voi karata myös muotin ulkopuolelle. Viimeisen betonin tilaaminen työmaalle maksaa aina enemmän, kuin että jos betonia jää hieman yli.

Betonikustannuksiin vaikuttaa siis monen tekijän summa. Huolellisesti lasketut valumäärät ja kuljetuksien suunnittelu pienentävät huomattavasti syntyviä kustannuksia varsinkin sellaisessa kohteessa, jossa rungon valutyöt jatkuvat pitkään. Betonointia ei kuitenkaan tule suorittaa kiireessä, sillä silloin, vaikka betonikustannukset pienenesivät, on valujälki usein niin huonoa, että jälkityöt maksavat enemmän.

6.2 Kahden eri betonointimenetelmän kustannusten vertailu

Kahden eri betonointimenetelmän vertailun tarkoituksena on toimia havainnollistavana laskelmana, josta nähdään suuruusluokassa kustannusten erot. Laskelman yksikköhinnat on pyritty määrittämään keskinäisessä suhteessa lähelle todellisia hintoja. Betonointimenetelmien kustannuksia tarkasteltiin 6 ja 12 kuution betonimäärille.

Taulukko 13. Eri betonimetelmien kustannusten vertailua kuvaava taulukko.

Kustannusvertailu			
Betonointitapa	Määrä	Yksikköhinta	Hinta yht.
Nosturi	6	121,8	730,8
Betonipumppuauto	6	124,7	748,2
Ero			17,4
Nosturi	12	116,3	1395,6
Betonipumppuauto	12	99,7	1196,4
Ero			199,2

Ensimmäisen tarkastelun betonivalussa, kustannuksia voidaan katsoa syntyvän lähes yhtä paljon. Laskelmien mukaisesti 6 kuution betonointi torninosturilla maksaa 730 euroa, kun taas betonipumppuautolla kustannukset ovat lähellä 750 euroa. Syntyvät kustannuserot ovat siis pieniä. Eroa syntyy kuitenkin erityisesti betonipumppuauton suhteellisen kalliista vuokrasta.

Toisessa tarkastelussa nosturilla valettaessa kustannukset ovat lähellä 1400 euroa. Betonipumppuautolla kun oletetaan, että 12 kuution valu voidaan suorittaa kahdessa tunnissa, niin betonikustannukset ovat vain noin 1200 euroa. Kustannuseroa näiden kahden eri menetelmän välillä on siis noin 200 euroa betonipumppuauton hyväksi. Suurin kustannuksiin vaikuttava tekijä on, että kun ylityöt jatkuvat kolmannelle tunnille, niin myös työntekijöiden tuntikorvaus on kaksinkertainen.

Laskelmien mukaisesti siis pienempien valujen suorittaminen kummallakin menetelmällä on lähes samanhintaista. Kun taas valumäärä suurenee, niin ylityönä tehtävä betonointi on kalliimpaa. Karkeasti arvioituna ylityönä tehtävät 10 kuutiota suuremmat betonivalut ovat noin 10-15 prosenttiyksikkö kalliimpia. Suuruusluokassa 1000 betonikuution kohteessa kustannusero voi olla lähelle 10000 euroakin.

Kustannuserojen lisäksi molemmilla menetelmillä on kuitenkin myös omat huonot ja hyvät puolensa. Etenkin kohteessa, jossa työmaa on ahdas ja betonipumppuautoa ei saada mahtumaan työmaalle sen estäessä muun tavaraliikenteen, on ylityönä tehtävä

betonivalu ainoa vaihtoehto. Vaikka ylityönä tehtävä valu onkin kalliimpaa, on työmenetelmällä myös hyviä puolia:

- Betonityöt on turvallisempaa suorittaa, kun muut työntekijät ovat jo poistuneet työmaalta
- betonin kuljetus on helpompi järjestää, koska silloin ei tarvitse ottaa huomioon muuta työmaan liikennettä
- työnjohto voi keskittyä täydellisesti meneillä olevaan valuun, eikä ole muita häiriötekijöitä.

Toisaalta taas, mitä pidemmäksi ylityöt venyvät, niin sitä helpommin saattaa esimerkiksi nosturikuljettajan tai muiden työntekijöiden keskittyminen herpaantua ja tätä kautta sattua onnettomuus.

Vaikka työpäivän aikana tehtävä betonointi betonipumppuautolla onkin kustannuksellisesti laskettuna edullisempaa, sitoo se työn ajaksi kaksi työntekijää ja työnjohtajan. Niiden työpanos onkin pois muusta työstä betonointityön ajaksi. Tämä tuleekin ottaa huomioon, kun esimerkiksi pääasialliseksi betonointitavaksi valitaan betonipumppuauto. Työpäivän aikana tehtävä betonointi asettaa myös haasteen työmaan muiden töiden, kuten muotituksen ja tavaraliikenteen osalta. Betonointi tulisi suorittaa sieltä suunnasta, josta se vähiten häiritsee esimerkiksi nosturiliikennettä ja että betonin kuljetus olisi vielä mahdollista.

7 Yhteenveto

Insinööriyön kustannuslaskelmat tehtiin Lahdessa sijaitsevan asuinkerrostalon paikallavalurakenteisesta kellarikerroksesta. Kustannukset määritettiin päätyövaiheiden eli muotituksen, raudoituksen ja betonoinnin mukaan seinä-, palkki- ja pilarirakenteille. Tavoitteena oli myös määrittää kustannukset niin, että niitä voitaisiin luotettavasti verrata kohteen toteutuneisiin kustannuksiin.

Työn alun teoriaosuudessa kerrottiin yleisesti paikallavalurakentamisesta sekä paikallavalutyön eri vaiheista. Lisäksi pohdittiin paikallavalukustannusten muodostumiseen vaikuttavia eri tekijöitä.

Kustannuslaskemat aloitettiin betonin, raudoituksen ja muotituksen määrälaskennalla. Tämän jälkeen näiden eri työvaiheiden kestot määritettiin Talo-Ratu-ohjekorttien työmenekki kertomista apuna käyttäen. Tahdistavaksi työksi laskelmien perusteella saatiin muotitustyö, jonka työnkeston pituuden perusteella laskettiin muottikustannukset. Betonin ja raudoitteiden materiaalikustannukset laskettiin määrälaskennan perusteella sekä laskettiin raudoitukselle materiaalikustannusten lisäksi työkustannus.

Kustannuslaskelmat onnistuivat hyvin ja myöskin odotetulla tavalla. Suuruusluokassa laskennalla päästiin hyvin lähelle toteutuneita kustannuksia. Työn kesto saatiin laskettua menekkipöytäkirjojen mukaisesti ja eroksi saatiin kohteen kestoon verrattuna vain muutamia päiviä. Toteutuneet kustannukset saatiin myös lopulta suhteellisen tarkasti määritettyä, jolloin vertaus niihin oli mahdollista. Laskenta tehtiin ajanpuutteen vuoksi ainoastaan alemmasta kellarikerroksesta. Yhdestä kellarista tehty kustannuslaskenta on myöskin tarkempi kuin kahdesta kellarista laskettu kustannus, sillä todellisen kohteen kustannukset on helpompi poimia.

Laskennan perusteella suurimmat syyt muottikustannusten eroavaisuuksiin syntyvät, kun muottien määrä on kohteen tarpeisiin nähden liian suuri. Myös pitkittynyt tuotanto lisää kustannuksia. Raudoituksen osalta lisäkustannukset syntyvät raudoitteiden suuren hukkaprosentin ja surkean tilauksen seurauksena. Betonikustannuksiin ei tuotannon keinoin voida juuri vaikuttaa, vaan kustannukset syntyvät sopimusten hinnastojen mukaisesti. Hyvin tärkeätä olisi suorittaa kohteen kustannuslaskenta huolellisesti. Kustannuslaskentaan tulisi sisällyttää työmenekkilaskentaa, jolloin esimerkiksi työnkesto saataisiin laskettua ja vuokratilustojen hinnat määritettyä tarkasti. Jokainen paikallavalukohde on toisiinsa nähden erilainen, jolloin yleisten varmallalla puolella olevien panoshintojen käyttäminen saattaa sisältää riskejä.

Laskennallisten kustannusten ja työnkeston oikeellisuutta on kuitenkin vaikea yhden vertailun perusteella arvioida. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkkikohteen kustannukset ja työnkesto voivat olla normaalia korkeammat tai matalimmat, jolloin niihin vertaaminen ja sen perusteella laskennan korjaaminen ei ole luotettavaa. Työtä kannattaisikin siis jatkaa vertaamalla sitä useampaan suhteellisen samanlaiseen kohteeseen, jolloin yksikköhinnat ja työnkesto voitaisiin määrittää yritykselle tarkasti. Työtä voisi myös jatkaa laskemalla lisäksi ylemmän kellarin paikallavalurakenteet ja

siihen liittyvät kustannukset. Näin ollen työtä voisi käyttää apuna jälkilaskennan apuvälineenä.

Vaikka työn tuloksena saatiin ainoastaan betonin, muotituksen ja raudoitteiden materiaalikustannukset sekä raudoituksen työkustannus, niin työ toimii hyvin esimerkiksi paikallavaluun liittyvänä yleisoppaana ja apuna kustannusten ja työnkeston laskennan hahmottamisessa. Työntuloksena syntynyt Excel-taulukko on myöskin hyödyllinen työkalu uusien kohteiden laskennan apuvälineenä.

Lähteet

- 1 Paikallavalu vaihtoehtona. 1995. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
- 2 Suomen Betoniyhdistys ry. 2004. Betonitekniikan oppikirja 2004 by 201. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy
- 3 Suomen rakennusinsinöörien liitto. 1979. betonitekniikka RIL 119.Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto r.y.
- 4 Rakennustietosäätiö RTS. 2004. RT82-10814 Paikallavaletut betonirunkorakenteet. Rakennustieto Oy
- 5 Rakentajain kustannus, 1990. Betonityöt. Jyväskylä: Rakennustieto Oy.
- 6 Betoniteollisuus ry. Paikallavalurakentaminen: Mihin betonia käytetään. Verkkodokumentti. <<http://www.betoni.com/paikallavalurakentaminen/mihin-betonia-kaytetaan>>Luettu 18.02.2013
- 7 Kestävä kivitalo. 1998. Lahti: Suomen betonitieto Oy
- 8 Lindholm, Mika. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.
- 9 Enkovaara, Esko. Haveri, Heikki. Jeskanen, Pekka. 1999. Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 10 Kestävä Kivitalo-työryhmä. 2006. Kestävä kivitalo. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy
- 11 Kasetti- ja kupumuottityö, Ratu 0399. 2012. Talo-Ratu-kortti. Menetelmät ja menekit.
- 12 Raudoitus, Ratu 0402. 2012. Talo-Ratu-kortti. Menetelmät ja menekit.
- 13 Betonointi, Ratu 0403. 2012. Talo-Ratu-kortti. Menetelmät ja menekit.
- 14 Rakennustöiden menekit 2010. Talonrakennusteollisuus ry.
- 15 Verkkodokumentti:<http://www.otarak.fi/images/OTAVAN_SAHA_KUIVAAMON_LAAJENNUS_005.png> Luettu 22.05.2013.

16 Verkkodokumentti:< <http://www.kivitalo.fi/muotit/images/kuva10.gif>> Luettu
22.05.2013

Liite 1: Excel-pohjan laskentaraportti

Rakennusosa	Tehtävän nimike ja selitys	Määrätiedot		Työn kesto	
		Määrä	Yksikkö	Menekki tth/yks	Tunnit tth yht.
Seinät					
Teräsbetoniseinä 200mm	Muottityö	1169	m ²		
	- Muotin esivalmistus	1169	m ²	0,09	105,21
	- Paikan mittaus	1169	m ²	0,03	35,07
	- Puhdistus ja öljyäminen	1169	m ²	0,01	11,69
	- Muotin pystytys	1169	m ²	0,25	292,25
	- Muotin purku ja karkea puhdistus	1169	m ²	0,1	116,9
	Yhteensä	1169	m²		561
	Raudoitus A500HW Ø8	5376	kg		
	- Koneellinen katkaisu ja taivutus	5376	kg	0,0033	17,7408
	- Siirrot, nosturi	4800	kg	0,0001	0,48
	- Siirrot, käsin	576	kg	0,0005	0,288
	- Raudoitus	5376	kg	0,013	69,888
	Yhteensä	5376	kg		88
	Betonointi K30-2	117	m ³		
	- Valmistelevat työt	117	m ³	0,04	4,68
	- Betonointi nostoastialla	117	m ³	0,27	31,59
	- Lopettavat työt	117	m ³	0,03	3,51
	(- Betonointi pumppuautolla)	117	m ³	0,26	30,42
	Yhteensä	117	m³		40
	(Yhteensä)	117	m³		39
Teräsbetoniseinä 240mm	Muottityö	1239	m ²		
	- Muotin esivalmistus	1239	m ²	0,09	111,51
	- Paikan mittaus	1239	m ²	0,03	37,17
	- Puhdistus ja öljyäminen	1239	m ²	0,01	12,39
	- Muotin pystytys	1239	m ²	0,25	309,75
	- Muotin purku ja karkea puhdistus	1239	m ²	0,1	123,9
	Yhteensä	1239	m²		595
	Raudoitus A500HW Ø10	11264	kg		
	- Koneellinen katkaisu ja taivutus	11264	kg	0,0033	37,1712
	- Siirrot, nosturi	10264	kg	0,001	10,264
	- Siirrot, käsin	1000	kg	0,005	5
	- Raudoitus	11264	kg	0,008	90,112
	Yhteensä	11264	kg		143
	Betonointi K30-2	149	m ³		
	- Valmistelevat työt	149	m ³	0,04	5,96
	- Betonointi nostoastialla	149	m ³	0,27	40,23
	- Lopettavat työt	149	m ³	0,03	4,47
	(- Betonointi pumppuautolla)	149	m ³	0,26	38,74
	Yhteensä	149	m³		51
	(Yhteensä)	149	m³		49

Teräsbetoniseinä 380mm	Muottityö	134	m ²		
	- Muotin esivalmistus	134	m ²	0,09	12,06
	- Paikan mittaus	134	m ²	0,03	4,02
	- Puhdistus ja öljyäminen	134	m ²	0,01	1,34
	- Muotin pystytys	134	m ²	0,25	33,5
	- Muotin purku ja karkea puhdistus	134	m ²	0,1	13,4
	Yhteensä	134	m ²		64
	Rauditus A500HW Ø8	920	kg		
	- Koneellinen katkaisu ja taivutus	920	kg	0,0033	3,036
	- Siirrot, nosturi	820	kg	0,0001	0,082
	- Siirrot, käsin	100	kg	0,0005	0,05
	- Rauditus	920	kg	0,013	11,96
	Yhteensä	920	kg		15
	Betonointi K30-2	26	m ³		
	- Valmistelevat työt	26	m ³	0,04	1,04
- Betonointi nostoastialla	26	m ³	0,27	7,02	
- Lopettavat työt	26	m ³	0,03	0,78	
(- Betonointi pumppuautolla)	26	m ³	0,26	6,76	
Yhteensä	26	m ³		9	
(Yhteensä)	26	m ³		9	
Pilarit					
Teräsbetonipilarit	Muottityö	126	m ²		
	- Muotin esivalmistus	126	m ²	0,15	18,9
	- Paikan mittaus	126	m ²	0,1	12,6
	- Puhdistus ja öljyäminen	126	m ²	0,05	6,3
	- Muotin pystytys	126	m ²	0,3	37,8
	- Muotin purku ja karkea puhdistus	126	m ²	0,1	12,6
	Yhteensä	126	m ²		88
	Rauditus A500Hw Ø16	4175	kg		
	- Koneellinen katkaisu ja taivutus	2000	kg	0,0024	4,8
	- Siirrot, nosturi	4000	kg	0,001	4
	- Siirrot, käsin	175	kg	0,005	0,875
	- Rauditus	4175	kg	0,0098	40,915
	Yhteensä	4175	kg		51
	Betonointi K40-2	14,7	m ³		
	- Valmistelevat työt	14,7	m ³	0,05	0,735
- Betonointi nostoastialla	14,7	m ³	0,4	5,88	
- Lopettavat työt	14,7	m ³	0,04	0,588	
(- Betonointi pumppuautolla)	14,7	m ³	0,3	4,41	
Yhteensä	14,7	m ³		7	
(Yhteensä)	14,7	m ³		6	

Palkit					
Teräsbetonipalkit	Muottityö	110	m ²		
	- Muotin esivalmistus ja tuenta	110	m ²	0,4	44
	- Paikan mittaus	110	m ²	0,03	3,3
	- Puhdistus ja öljyäminen	110	m ²	0,08	8,8
	- Muotin pystytys	110	m ²	0,25	27,5
	- Muotin purku ja karkea puhdistus	110	m ²	0,12	13,2
	Yhteensä	110	m ²		97
	Raudoitus A500Hw Ø12	4555	kg		
	- Koneellinen katkaisu ja taivutus	1000	kg	0,0024	2,4
	- Siirrot, nosturi	4355	kg	0,001	4,355
	- Siirrot, käsin	200	kg	0,005	1
	- Raudoitus	4555	kg	0,01	45,55
	Yhteensä	4555	kg		53
	Betonointi K40-2	31	m ³		
	- Valmistelevat työt	31	m ³	0,02	0,62
	- Betonointi nostoastialla	31	m ³	0,2	6,2
	- Lopettavat työt	31	m ³	0,03	0,93
(- Betonointi pumppuautolla)	31	m ³	0,2	6,2	
Yhteensä	31	m ³		8	
(Yhteensä)	31	m ³		8	

