



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

HISSIKUILUELEMENTTIEN VERTAILU PAIKALLAVALUHISSIKUILUIHIN

TEKIJÄ: Janne Pylvänäinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Janne Pylvänäinen			
Työn nimi Hissikuiluelementtien vertailu paikallavaluhissikuiluihin			
Päiväys	20.11.2013	Sivumäärä/Liitteet	39+2
Ohjaajat pt. tuntiopettaja Kimmo Anttonen, lehtori Harry Dunkel			
Toimeksiantaja YIT Rakennus Oy			
Tiivistelmä			
<p>Opinnäytetyössä selvitettiin hissikuiluelementin ja paikallavaluhissikuilun eroja. Työssä tarkasteltiin paikallavalun osalta lähinnä kasettimuottiratkaisua, koska se on yleisin muottitekniikka paikallavaluhissikuiluissa. Työn päätavoitteena oli tutkia vaihtoehtojen välisiä kustannuksia. Työssä selvitettiin tarkemmin myös työturvallisuutta hissikuilun osalta, koska se on osa kustannustehokasta rakentamista. Talvirakentaminen tuo lisähaasteita kustannustehokkaaseen toteuttamiseen. Tämän vuoksi myös talvirakentamista käsiteltiin tässä työssä.</p> <p>Kustannusten analysointia varten tehtiin Excel-pohjainen vertailulaskelma, joka pohjautuu Ratumenekkeihin. Lisäksi siinä hyödynnettiin työmaalla tehtyjä vapaamuotoisia henkilöhaastatteluja. Työnjohtoa haastateltiin hissikuilun kustannuksista ja työmiehiä lähinnä käytännön toteutuksesta. Henkilöhaastatteluja tehtiin kolmelle työnjohtajalle ja kahdelle työmaan työntekijälle. Vertailulaskelman avulla kyettiin vertaamaan kasettimuotti- ja elementtiratkaisun kustannuksia eri osa-alueilla. Taulukkoon syötettiin tarvittavat arvot ja ohjelma laski automaattisesti lopullisen kustannuksen.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksina on vertailulaskelman osioidut laskentataulukot. Esimerkkikohteessa vertailulaskelman vaihtoehdot olivat paikallavalu kasettimuotilla ja elementtivaihtoehto. Näistä tuotantovaihtoehdoista halvemmaksi osoittautui paikallavalu kasettimuotilla. Laskelma on kuitenkin tehtävä aina kohdekohtaisesti uudestaan, koska kustannukset voivat muuttua helposti toisen tuotantotavan eduksi. Tulevaisuudessa laskelma helpottaa työn tilaajaa valitsemaan sopivimman tuotantovaihtoehdon hissikuilulle.</p>			
Avainsanat Hissikuilu, paikallavalu,elementti, vertailulaskelma			
Julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author Janne Pylvänäinen			
Title of Thesis Comparison Between Element and Cast-in-situ Elevator Shafts			
Date	20 November 2013	Pages/Appendices	39+2
Supervisors Mr Kimmo Anttonen, Lecturer; Mr Harry Dunkel, Lecturer			
Client Organisation YIT Rakennus Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to find out the most inexpensive way to construct an elevator shaft. In the thesis the two most common ways to make an elevator shaft were compared: Element and cast-in-situ elevator shafts. The main purpose was to compare the costs of these two options. Winter construction time has an effect on the costs so it was considered in the thesis. Safety aspect was covered in the thesis because it plays an important role on construction sites and also affects the costs.</p> <p>Excel tables based on Ratu-values were made to analyze the costs. Three construction site managers and two workers were interviewed on construction site to specify the calculations. Excel tables showed how the cost structures of an element elevator shaft and a cast-in-situ elevator shaft are divided. The program calculated more specified values and the final costs for both options from the basic information.</p> <p>As a result of the thesis there were tables to indicate the costs of an element elevator shaft and a cast-in-situ elevator shaft. In the example construction site the program showed that cast-in-situ elevator shaft was less expensive. However, the cost structure calculations have to be made separately for each construction site because costs can easily change between the two options. The calculated information from the program will be helpful when choosing between these two options.</p>			
Keywords Elevator shaft, cast-in-situ, element, cost compare			
Public			

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	BETONI HISSIKUILUN RAKENNUSMATERIAALINA	6
3	HISSIKUILUN ELEMENTTITYÖN LÄHTÖKOHDAT	10
3.1	Hissikuilun elementtityön vaatimukset	11
3.2	Hissikuilun elementtityö	12
3.2.1	Työvälineet ja kalusto.....	13
3.2.2	Hissikuilun elementtityön työvaiheet	14
4	HISSIKUILUN PAIKALLAVALUTYÖN LÄHTÖKOHDAT	16
4.1	Hissikuilun paikallavalutyön vaatimukset	17
4.2	Hissikuilun paikallavaluratkaisu	19
4.3	Hissikuilun kasettimuottityö	19
4.3.1	Työvälineet ja kalusto.....	20
4.3.2	Hissikuilun kasettimuottityön työvaiheet	20
5	TYÖTURVALLISUUS	22
5.1	Työturvallisuuteen vaikuttavat tekijät työmaalla	22
5.2	Työturvallisuuden osapuolet	23
6	TULOKSET	24
6.1	Kustannukset hissikuilun kasettimuottirakentamisessa	24
6.2	Kustannukset hissikuilun elementtirakentamisessa	32
6.3	Yhteenveto.....	33
7	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET	39
	LIITE 1: Ramirent.....	40
	LIITE 2: Hissikuilun vertailulaskelma	41

1 JOHDANTO

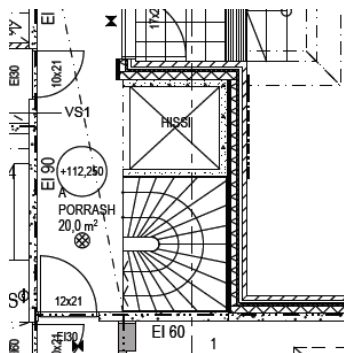
Opinnäytetyön aiheen antoi YIT Rakennus Oy. Toimeksiantaja halusi tietää paikallavalu- ja elementtihissikuilujen vaikutuksia kustannuksiin. Työssä kerrotaan yleisesti hissikuilun paikallavalun ja elementtirakentamisen vaikutuksista kustannuksiin, työmaateknisiin asioihin, logistiikkaan ja tuotannonohjaukseen. Kustannuksien määrittäminen on ajankohtaista nykypäivän rakentamisessa, koska urakkakilpailu on kovaa ja oikein määritetyt kustannukset ovat avain menestyvään liiketoimintaan.

Tavoitteena on ollut tuottaa toimeksiantajalle käyttökelpoisia tuloksia käytännön rakentamiseen hissikuiluvaihtoehtojen eduista ja haitoista lähinnä kustannusten näkökulmasta. Kävin seuraamassa kohdetta, jossa hissikuilu tehtiin paikallavaluna kasettimuoteista. Samalla haastattelin työmaalla työmiehiä. Näin olen voinut lisätä työhöni enemmän käytännön asioita paikallavalun osalta.

Työn tuloksena ovat Excel-taulukot, joissa vertaillaan paikallavalu- ja elementtihissikuilun kustannuksia. Kustannuksien määrittämiseen kerättiin tietoa kirjallisuudesta. Henkilöhaastattelut ovat tarkentaneet kustannuksia sekä kustannussäästöjen mahdollisuuksia. Työssä käsiteltiin myös talvirakentamista ja työturvallisuutta, koska ne ovat kustannusriskejä ja vaikuttavat näin olennaisesti kustannuksiin.

YIT Rakennus Oy on yksi Suomen suurimmista rakennusyrittäjistä. Asuntorakentamista ja toimitilarakentamista YIT:llä on tarjota Suomen lisäksi Venäjälle, Latviaan, Liettuaan, Viroon ja Slovakiaan. Varsinkin Venäjällä YIT on huomattava asuntorakentaja. YIT Rakennus Oy:n liikevaihto vuonna 2011 oli 1226,9 miljoonaa euroa. (YIT Oy 2012.)

Työn esimerkkikohteena on Siilinjärvellä sijaitseva As Oy Siilimpiha. Kohteeseen rakennettiin kerrostalo. Kohteen ulkoseinät ja kantavat sisäseinät rakennettiin paikallavaluna ja työssä käsittelemäni hissikuilu rakennettiin kerroksenkorkuisista yhtenäisistä elementeistä. Hissikuilu sijaitsee rakennuksen ulkoseinän vieressä (kuva 1).



KUVA 1. Hissikuilun sijainti rakennuksessa

2 BETONI HISSIKUILUN RAKENNUSMATERIAALINA

Tässä työssä vertaillaan kahta hissikuilun tuotantotapaa ja molemmissa vaihtoehtoissa pääasiallisena materiaalina on betoni. Paikallavalun muottitekniikoita on useita. Työssä käsitellään ainoastaan kasettimuotti vaihtoehtoa. Kasettimuottia käytetään yleisimmin hissikuilun paikallavaluissa.

Betoni on yleisesti ottaen turvallinen ja terveellinen rakennusmateriaali. Se valmistetaan epäorgaanisista raaka-aineista. Sen osa-aineet koostuvat luonnon kiviaineksesta, sementistä ja vedestä. Valmis betonirakenne ei haihduta ilmaan orgaanisia yhdisteitä ja sen emissioarvot jäävät vähäisiksi. (Virtanen & Romu 2006, 173–174.)

Suomen talvi voi olla hyvin vaihteleva ja monesti joudutaan ennakoimaan työhön vaikuttavia häirtatekijöitä. Hissikuilun tuotantotapaa mietittäessä kannattaa huomioida talvityön aiheuttamat lisäkustannukset. Rakennettaessa asuinkerrostalo talvella täyselementtitekniikalla työmenekki kasvaa kesään verrattuna noin 0–6,4 %. Osaelementtitekniikalla rakennettaessa nousu on maltillisempaa, noin 0–5,3 %. Talvella suoritettava paikallarakentaminen lisää työmenekkiä noin 2,3–6,4 %. Toimistorakentamisessa erot ovat täyselementtitekniikalla noin 1,1–5,3 %, osaelementtitekniikalla noin 0,9–4,9 % ja paikallarakennettaessa noin 0,7–5,2 %. Työmenekin kasvu paikallarakentamisessa talvella selittyy lisääntyneillä työvaiheilla ja monessa työvaiheessa kertautuvat suojaus, sulatus ja vastaavat toimenpiteet. (Talvityöt ja –kustannukset. Suunnitteluohje. Ratu C8-0377 2010.)

Työmaanjohton on hyvä seurata sääennustuksia ja miettiä niiden vaikutuksia työhön. Kustannussäästöjä pystytään tekemään vaikeissakin olosuhteissa, mutta se vaatii ennakointia ja suunnittelua. Suunniteltaessa talvirakentamista kannattaa käyttää apuna tilastotietoa talven tulosta. Sään vaihteluja voidaan kuvata erilaisilla määryyksillä. Määryksiä ovat kuukausikeskilämpötilat, talvikuukausien keskilämpötilat, kuukausikeskilämpötilat ilman pakkaspäiviä, termisen talven aloitus- ja päättymisajankohdat, pakkasrajat sekä rajojen ylittävien päivien lukumäärän keskiarvo, sademäärät, lumisadepäivät ja keinovalaistuksen käyttö työaikana. (Talvityöt ja –kustannukset. Suunnitteluohje. Ratu C8-0377 2010.)

Talvikausi alkaa vuorokautisen lämpötilan jäädessä nollan alapuolelle. Etelä-Suomessa talvikauden pituus on noin 140 vuorokautta ja pohjoisemmaksi mentäessä talvikauden pituus tietenkin lisääntyy. Tilastotietojen mukaan Pohjois-Savossa ensimmäinen lumipeite tulee keskimäärin 17.10 ja pysyvä lumipeite noin 16.11. Lumipeitepäiviä on keskimäärin 150–200 päivää, mikä aiheuttaa paljon lisäkustannuksia hissikuilun rakentamiseen. Kova pakkakanen voi olla myös työturvallisuusriski, koska se voi aiheuttaa paleltumia. Ulkolämpötilan ollessa -15 °C ja kun tuulennopeus on 7 m/s voi kymmenen minuutin ulkonaolo aiheuttaa paleltumisvaaran työntekijälle. Erittäin kylmällä säällä kannattaa siis käydä säännöllisin

ajoin lämmittelemässä välttääkseen paleltumisvaaran. (Talvityöt ja –kustannukset. Suunnitteluohje. Ratu C8-0377 2010.)

Talvella rakennettaessa ei voida välttyä lisäkustannuksilta. Lisäkustannuksia aiheuttavat seuraavat asiat (Talvityöt ja –kustannukset. Suunnitteluohje. Ratu C8-0377 2010):

- työmenekin lisääntyminen
- kasvanut rakennusmateriaalien kulutus
- talven aiheuttamat lisätyöt
- kone- ja kalustolisä
- rakennusajan venyminen
- energiakulutuksen kasvu.

Kokonaistyömenekin kasvua talvella aiheuttavat huonot sää- ja valaistusolosuhteet. Pakkanen, lumisade ja lumi ovat yleisiä talvityöhaittoja. Hissikuiluelementtien nostotyö voi jopa estyä rankan lumisateen vuoksi ja näin aiheuttaa lisäkustannuksia. Työsaavutukset pienenevät olennaisesti sääolojen takia ja myös työn keskeytykset lisääntyvät talvityössä. Talvityöhaitta- ja lisäprosenttien kasvu on esitetty alla olevassa taulukossa. (taulukko 1.)

TAULUKKO 1. Sään vaikutus työmenekkiin (Ratu C8-0377)

Lämpötila	0...-2,5	-2,5...-7,5	-7,5...-12,5	-12,5...
Kasettimuottityö	7 %	10 %	15 %	20 %
Kappale-elementti	7 %	15 %	25 %	35 %

Talvi tuo mukanaan myös lisääntyneitä rakenteiden suojaus-, lumi- ja jäätöitä. Näitä töitä kutsutaan talvityölisiksi. Talvityölisiksi ovat myös lämpösuojaus sekä rakennuksen ja rakenteiden lämmitys. (Talvityöt ja –kustannukset. Suunnitteluohje. Ratu C8-0377 2010.)

Kasettimuottityössä muotti kannattaa tuplata ajoissa ennen kuin raudoitukset keräävät ylimääräistä lunta ja jäätä. Tuplauksen jälkeen muotti tulee suojata yläosasta niin, ettei lunta pääse satamaan muotin sisään. Hissikuiluelementeissä suojaamista on vähemmän. Elementeissä tarvitsee oikeastaan sulattaa vain vaakajuotosliitos. (Talvityöt ja –kustannukset. Suunnitteluohje. Ratu C8-0377 2010.)

Materiaalihukkaa talvella aiheuttavat työvaihelisä ja työmaalisä. Työvaihelisä ilmenee hissikuilumuottien purkamisessa. Sitä aiheuttaa muottien jäätyminen toisiinsa ja mahdollisesti myös betoniin. Tämän takia muottien huolellinen öljyäminen ennen asennusta on tärkeää. Työmaalisä ilmenee materiaalien pilaantumisesena ja häviämisenä. Talvella lumen alle häviää helposti muottitarvikkeita, sähköjohtoja ja työkaluja. Tarvikkeiden säilyttäminen varas-

totoiloissa työvaiheiden jälkeen estää tavaroiden häviämistä. (Talvityöt ja –kustannukset. Suunnitteluohje. Ratu C8-0377 2010.)

Talvikustannuksiin vaikuttaa myös suojamateriaalien hankkiminen sekä betonin lujuusluokan kasvattaminen ja lisäaineiden käyttö. Materiaalien laatuvaatimukset myös kasvavat ja aiheuttavat näin lisäkustannuksia. Energiantarve lisääntyy talvella huomattavasti. Sitä aiheuttavat betonivalujen lämmittäminen, jään sulatus, rakennuksen kuivaus ja lämmittäminen sekä valaistuksen ja koneiden käyttö. (Talvityöt ja –kustannukset. Suunnitteluohje. Ratu C8-0377 2010.)

Koneiden ja laitteiden käytön lisääntyminen johtuu lämmittämisestä ja rakenteiden sulattamisesta. Lisäkoneilla ja laitteilla tarkoitetaan sellaisia laitteita, joita tarvitaan talvella enemmän kuin kesällä. Rakennusaika venyy talvella talvilisätöiden aiheuttamien keskeytysten takia. Työmenekin tarve kasvaa talvella ja pakkaspäivät sekä talvilomat pitkittävät rakentamista. Kasvaneen työmenekin takia työryhmien kokoa kannattaa kasvattaa, jotta pysyttäisiin aikataulussa. Talvella huono sää voi olla työturvallisuusriski ja työnjohto voi joutua keskeyttämään töitä. Kylmä sää voi aiheuttaa keskeytyksiä betonoinnissa, koska betoniantoihin voi tulla laitevikoja ja tukoksia pakkasen takia. (Talvityöt ja –kustannukset. Suunnitteluohje. Ratu C8-0377 2010.)

Talvityökustannuksia voidaan pienentää hankkeen ajoituksella, sisäisellä ajoituksella, suunnitelmilla ja häiriöihin varautumalla. Hankkeen ajoituksessa kannattaa ottaa huomioon hankkeen kesto ja se mitkä työt ajoittuvat talvikuukausille. Suuret hankkeet sijoittuvat usein myös talvelle, mutta talvikustannusten suhteellinen osuus on usein pienempi kuin pienissä hankkeissa. Sisäinen ajoitus tarkoittaa laajassa hankkeessa talvelle alttiiden työvaiheiden sijoittamista kesälle, mikäli tehtävien riippuvuudet käyvät yhteen. Hissikuilurakenteet ja yleensä runkorakenteet on hyvä ajoittaa kesäkuukausille. On hyvä ottaa huomioon suurhäiriövaraus, joka on noin 10 % luokkaa runkovaiheen töissä. Hissikuiluasennuksissa syysmyrskyt voivat tuoda omat hankaluutensa nostoihin. Syyskuukausina on keskimäärin noin kaksi tai kolme syysmyrskypäivää. Pakkaspäiviä sisällytetään aikatauluun noin 16 työvuoroa. Tammi- ja helmikuussa on noin kuusi pakkaspäivää ja joulukuussa on kaksi pakkaspäivää kuukautta kohti. Urakoitsijoita käytettäessä on otettava huomioon mahdollinen urakka-ajan pidennys. Sääolosuhteiden ollessa poikkeuksellisia on urakoitsijalla oikeus saada kohtuullinen pidennys urakka-aikaan. (Talvityöt ja –kustannukset. Suunnitteluohje. Ratu C8-0377 2010.)

Valmistelemissa töissä tulisi ottaa huomioon monia seikkoja. Lämmitys vaikuttaa oleellisesti lopputulokseen, koska betonin tulisi saavuttaa suunniteltu lujuus mahdollisimman nopeasti. Paikallavaluhissikuilun lämmitys toteutetaan yleensä valuun sijoitetuilla sähkövastuslangoilla. Sähkövastuslangoissa käytetään suojajännitettä. Jännite ei ole käyttäjilleen vaarallinen.

Lankojen energiankulutus on 60–100 kWh/m³. (Talvityöt ja –kustannukset. Suunnitteluohje. Ratu C8-0377 2010.)

Haastatteluissa selvitettiin lankojen käyttöä kasettimuotilla tehdyssä hissikuilussa. Lämmityslangat ovat muovipäälysteistä teräslankaa. Langat asetetaan raudoitukseen noin 30 cm:n välein. Mahdollisissa kylmissä kohdissa langoitusta voidaan tihentää. Langat sidotaan raudoitukseen teräslangalla sopivin välein niin, että lanka mukailee raudoitusta. Lankalämmityksessä käytetään muuntajaa, joka alentaa jännitteen turvalliselle tasolle. Langat pitää asentaa siten, että ne pysyvät betonin sisällä ja eivät näin pääse koskettamaan muotia. Muutoin lanka voi kuumeta liikaa ja mahdollisesti katketa. Langat ovat suhteellisen nopeita ja helppoja asentaa minkä vuoksi ne ovat hyvä lämmitysvaihtoehto talvibetonoinnille (YIT:n elementtiasentaja.)

Yksi paikallavalun lämpötilan ylläpitomenetelmistä on kuumabetoni ja lämpöeristetty muotti. Tässä vaihtoehdossa betonimassan lämpötila pitää olla 50–60 °C ja muuta lämmitystä ei normaalisti vaadita. Menetelmä sopii parhaiten K25-K35 lujuusluokan betoniin ja sitä käytettäessä muottikiertoa saadaan nopeutettua. (Koski 2010, 73.)

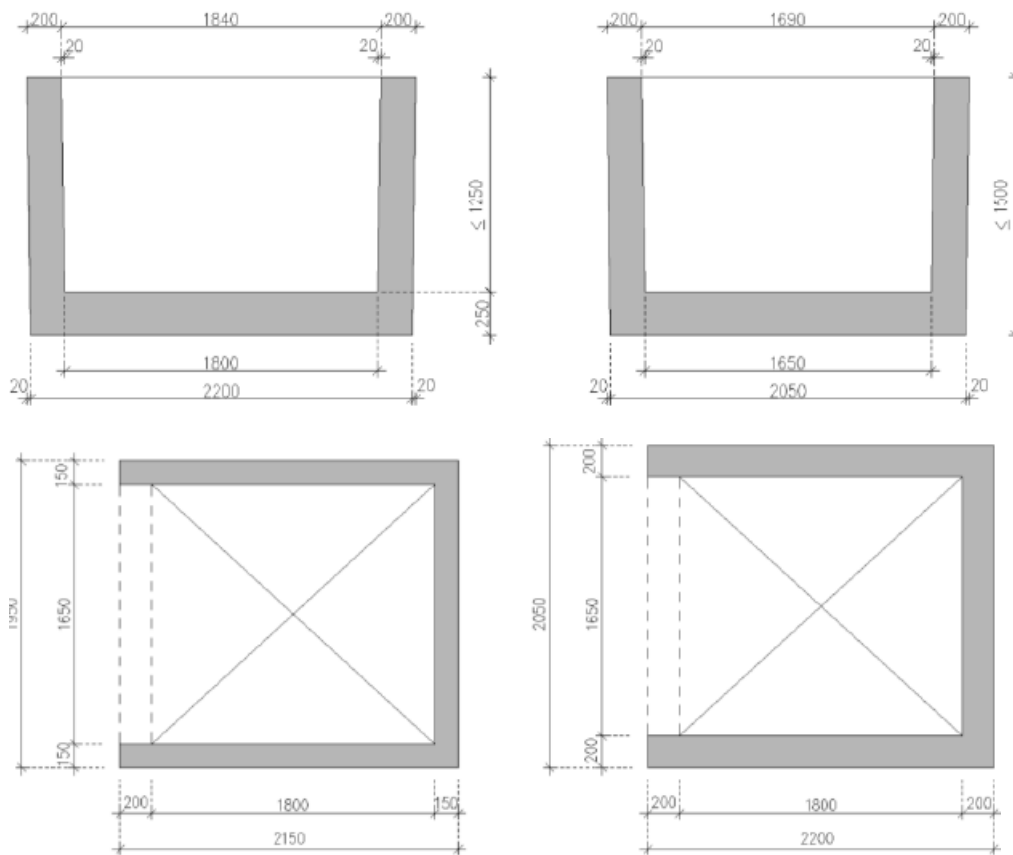
Jälkihoito on olennaisessa osassa työn onnistumisessa, vaikka itse valutyö on ohitse. Betonin lujuudenkehitys ja betonin pinnan liian nopean kuivumisen estäminen ovat jälkihoidon tärkeimpiä tavoitteita. Rakenteiden koko, muoto, olosuhteet ja käytetty betoni vaikuttavat jälkihoitotoimenpiteisiin sekä niiden aloittamiseen ja keston. Näiden kaikkien muuttujien tunteminen vaikuttaa olennaisesti jälkihoidon onnistumiseen. Hyvin jälkihoidettu rakenne on kulutuskestävämpi ja tiiviimpi verrattuna huonommin jälkihoidettuun rakenteeseen. Jälkihoito kannattaa aloittaa heti betonoinnin jälkeen, jolloin betonin kovettumisen aiheuttamaa halkeilua saadaan vähennettyä. Yleensä jälkihoidon minimaiaika on kolme vuorokautta. Poikkeuksena ovat kemiallisen-, pakkas- tai kulutusrasituksen alaisiksi joutuvat rakenteet, joiden jälkihoitoaika pitää olla vähintään seitsemän vuorokautta. Jälkihoidolla varmistetaan betonin jäätymislujuuden saavuttaminen, 5 MN/m². Betonipinnan kovettuminen vaatii kastelua, joka voidaan aloittaa vasta kun vesi ei huuhto sementtiä ja hienoaainesta pinnalta. Talvella kastelu voi aiheuttaa vain haittaa, koska viileä vesi voi jäähdyttää betonipintaa ja näin ollen aiheuttaa halkeiluja johtuen lämpötilaeroista. (Vuorinen 2006, 79.)

Betonipinnan peittäminen muovikalvolla on hyvä jälkihoitomenetelmä. Menetelmä perustuu betonin haihduttamaan kosteuteen, joka jää muovin ja betonin väliin kosteuttamaan betonin pintaa. Menetelmän onnistumiseen vaikuttaa muovipeitteen saumattomuus. Peittäminen tulisi tehdä heti betonoinnin jälkeen. (Vuorinen 2006, 79.)

3 HISSIKUILUN ELEMENTTITYÖN LÄHTÖKOHDAT

Aikoinaan 60- ja 70-lukujen aikana asuinrakentaminen oli nousussa ja tarvittiin uusia tekniikoita asuinrakentamisen tehostamiseksi. Tuona aikana ajateltiin, että elementtirakentaminen tuo kustannussäästöjä asuinrakentamiseen ja sitä pidettiin ainoana vaihtoehtona tyydyttämään asuinrakentamisen tarpeita. Rakennusteollisuuden päämääränä oli tuolloin rakentamisen teollistaminen, tuotannon tehostaminen ja työntekijöiden olosuhteiden parantaminen. (Seppänen 2006, 21.)

Hissikuiluelementit on perinteisesti tehty erillisistä seinäelementeistä eli jokainen kuilun seinämä on erikseen nostettu paikalleen ja pystysaumamat on saumaraudoitettu ja juotosvalettu. Tällä hetkellä monella elementtivalmistajalla on valikoimissaan yhtenäisiä kerroksen kokoisia kuiluelementtejä. Aikataulusäästö on merkittävä yhtenäisellä hissikuiluelementillä verrattuna erillisiin seinäelementteihin. Hissikuiluelementissä tarvitsee saumaraudoittaa ja juottaa vain vaakasauma. Erillisten seinäelementtien tukeminen erikseen kuluttaa myös työaikaa. Nostojen väheneminen on myös positiivinen asia työturvallisuuden ja aikataulun kannalta. Maksimikorkeus hissikuiluelementeille on kolme metriä. Tämän vuoksi hissikuilukootaan yhden kerroksen korkuisista elementeistä. Hissikuilun pohjalle rakennetaan alakuppielementti, joka valetaan vesitiiviistä betonista. Sen tarkoituksena on suojata kuilua maasta nousevalta kosteudelta ja myös toimia kuilun kantavana alustana. Hissikuilun yläpäähän asennetaan lopuksi yläkuppielementti. Sen korkeus vaihtelee toimittajien kesken. Asuinkerrostalojen hissit ovat nykyisin vakiokokoisia. Sen takia asuinkerrostaloihin on kehitetty vakioimitoitettu kuiluelementti. (kuva 2.) Kuiluelementtien vakiosisämitat on 1 650 mm x 1 800 mm ja suositeltava seinämävahvuus on 150 mm ja 200 mm. (Betoniteollisuus ry., 2010.)



KUVA 2. Hissikuiluelementtien vakiomitat (Betoniteollisuus ry.) . Lupa kuvan käyttöön saatu

3.1 Hissikuilun elementtityön vaatimukset

Elementtityön yhtenä vaatimuksena ovat suunnitteluasiakirjat ja suunnitelmat. Työn erilaiset asiakirjat ovat tärkeitä työn onnistumisen kannalta. Asiakirjojen avulla voidaan vaikuttaa suoranaisesti työn kustannustehokkaaseen toteuttamiseen. Suunnitelmat ja asiakirjat olisi hyvä miettiä tarkkaan niin, että kaikki olennaiset asiat sisältyvät niihin. Varsinkin aikataulua edistävät suunnitelmat tulisi miettiä eri näkökulmista. Aikataulu olisi hyvä suunnitella realistisesti ja ottaa huomioon kaikki aikatauluun vaikuttavat riskitekijät. Liian kireä aikataulu vaikuttaa suoranaisesti työmotivaatioon, työturvallisuuteen ja työn laatuun. Suunnitteluasiakirjoihin kuuluu työselostus, rakennus- ja rakennesuunnitelmat sekä asennuspiirustukset. (Kuilu- ja porraselementtityö. Menekit ja menetelmät. Ratu 25-0282 2004.)

Varsinaiset suunnitelmat työmaalla koostuvat aluesuunnittelusta, aikataulusuunnitelmasta, putoamissuojaussuunnitelmasta, tulitöiden valvontasuunnitelmasta, nostosuunnitelmasta, elementtisuunnitelmasta ja muista suunnitelmista. (Kuilu- ja porraselementtityö. Menekit ja menetelmät. Ratu 25-0282 2004.)

Elementtiasennussuunnitelmassa on tarvittavat kohdetiedot työmaasta ja tarpeelliset tiedot asennusta varten. Siinä tulisi käsitellä ainakin seuraavat asiat (Koski 2010, 100):

- kohdetiedot
- työryhmä
- sauma- ja juotosvalumenetelmät
- nostoapuvälineet
- kuorman purkuun, vastaanottoon ja varastointiin liittyvät toimenpiteet
- nostot, asennukseen vaikuttavat toimenpiteet ja asennuksen nostojärjestys
- asennuksen toleranssit ja mittaustoimenpiteet
- elementtien tuenta ja kiinnitykset
- putoamissuojaukset ja työtasot.

3.2 Hissikuilun elementtityö

Hissikuilu on olennainen osa runkorakentamista. Hissikuilu omalla tavallaan tahdistaa seinien rakentamista. Kerrosta rakennettaessa holvin päälle rakennetaan ensin hissikuilu ja sen jälkeen tai yhtäaikaisesti aloitetaan ulkoseinien ja kantavien väliseinien rakentaminen. Kantavat väliseinät yhdistyvät monesti hissikuiluun, minkä vuoksi kuilu tulee rakentaa ensin.

Hissikuiluasennuksen aloittavat työt pitävät sisällään työmenetelmiin, työturvallisuuteen, aikatauluun ja laatuun liittyviä toimenpiteitä. Ennen työtä on pidettävä aloituspalaveri asennukseen osallistuvan työporukan ja työnjohdon kesken. Aloituspalaverissa käydään läpi työn sisältöä, aikataulua, materiaaleja, kalustoa ja työturvallisuutta. Aloituspalaverissa on hyvä miettiä myös kuilun liittymistä muihin töihin, koska kuilu voi tahdistaa muita runkorakenteita. Aloituksessa on hyvä tarkistaa, että suunnitelmat ovat ajantasaiset. Suunnitelma-
muutoksissa pitää miettiä aina niiden vaikutusta työturvallisuuteen. Materiaalit, koneet ja laitteet on hyvä tarkistaa ennen työn alkua niin, että työ voidaan aloittaa sujuvasti ilman katkoksia. Nostolaitteen tarkastuksien ja käyttökokeiden voimassaolon tarkistus kuuluu myös työnjohdon tehtäviin. Näin varmistetaan turvalliset nostot. (Kuilu- ja porraselementtityö. Menekit ja menetelmät. Ratu 25-0282 2004.)

Aloittaviin töihin kuuluu myös elementtien vastaanotto ja välivarastointi. Vastaanotto ja mahdollinen välivarastointi on hyvä suunnitella kustannustehokkaasti eli vältetään turhia siirtoja työmaalla ja pidetään välimatkat siirroissa lyhyinä. Alue, johon elementtien nostot ulottuvat olisi hyvä rajata lippusiimalla. Näin estetään ulkopuolisten henkilöiden pääsy nostettavan kuorman alle ja ehkäistään työtapaturmia. (Kuilu- ja porraselementtityö. Menekit ja menetelmät. Ratu 25-0282 2004.)

Ennen työn aloitusta työntekijät tulee perehdyttää työhön ja työkohteeseen varsinkin silloin, kun käytetään aliurakoitsijoita tai työntekijät ovat uusia työmaalla. Elementtien asennusjärjestys tulee olla asentajilla ja nosturikuljettajalla selvillä, millä varmistetaan sujuva työn eteneminen. Elementtien nosto tehdään yleensä suoraan autosta, mutta välivarastointiakin käytetään. Välivarastointi on helppo toteuttaa kerroksenkorkeuksilla elementeillä, koska tukemista ei tarvita. Kun käytetään pielitelementtejä ja hissikuilu kootaan erillisistä elementeistä, tarvitaan välivarastoinnissa erillisiä elementtien tukipukkeja. Kustannukset lisääntyvät aina välivarastointia käytettäessä, koska työvaiheita tulee lisää. Elementtikuorma pitää tarkastaa, kun se tulee työmaalle. Tarkastuksessa pitää huomioida, että toimitussisältö on oikea ja kuiluelementit ovat kunnoltaan hyviä. Kun mahdollisia virheitä ilmenee, täytyy ne kirjata rahtikirjaan ja valokuvata. Reklamointi kannattaa tehdä elementtitehtaalle heti ja sopia mahdollisista jatkotoimenpiteistä, jotta välttyään tuotantokatkoksilta.

Työn aloitusta suunniteltaessa on hyvä arvioida olosuhteiden turvallisuus. Asennustyöt pitää keskeyttää, jos tuulen voimakkuus ylittää 15 m/s rajan. Talvella pitää ottaa huomioon lumen ja jään vaikutus työvaiheisiin. Valaistus ja siisteys vaikuttavat olennaisesti työturvallisuuteen. (Kuilu- ja porraselementtityö. Menekit ja menetelmät. Ratu 25-0282 2004.)

3.2.1 Työvälineet ja kalusto

Elementin mittaustyöhön vaaditaan ainakin osittain seuraavia välineitä (Kuilu- ja porraselementtityö. Menekit ja menetelmät. Ratu 25-0282 2004):

- erilaiset mitat
- vaaituskone
- tasolaseri
- vesivaaka
- takymetri
- merkintävälineet.

Hissikuiluasennuksessa tarvittava kalusto riippuu kuiluelementtien painosta ja hissikuilun sijainnista rakennukseen nähden. Seuraavia välineitä ja koneita käytetään tilannekohtaisesti asennuksessa (Kuilu- ja porraselementtityö. Menekit ja menetelmät. Ratu 25-0282 2004):

- nostokone
- nostoraksit
- elementtituet
- pultit ja sisäkiekkoankkurit
- asennuskanget
- telineet, A-tikkaat, henkilönostin ja työpukit.

Juotosbetonoinnissa käytettävät välineet vaihtelevat työtavasta riippuen. Seuraavia välineitä käytetään yleisesti juotosbetonointityössä ja betonoinnin jälkityössä (Kuilu- ja porraselementtityö. Menekit ja menetelmät. Ratu 25-0282 2004):

- betonipumppu
- nostoastia
- valusuppilo
- muuraustyökalut
- lapio
- peitteet
- vesiasia
- purkurauta.

3.2.2 Hissikuilun elementtityön työvaiheet

Hissikuiluelementin toteutusvaihtoehtoja on kaksi erilaista. Uudempi vaihtoehto on yhtenäinen kerroksen korkuinen elementti ja toinen ratkaisu toteutetaan erillisistä seinäelementeistä, jotka juotosvaletaan yhtenäiseksi pysty- ja vaakasaumoista holvin päällä. Esimerkkikohteessa käytettiin uudempaa tuotantotapaa, joka tuo monia etuja työn toteuttamiseen. Sopiva työryhmän koko elementtiasennuksissa on kolme asentajaa. Maantasolla on hyvä olla yksi asentaja, joka kiinnittää elementit nostokoukkuihin. Kaksi muuta ovat holvin päällä valmiina asentamaan kuiluelementtiä paikalleen.

Ennen nostoja kuiluelementin asennuspaikka pitää mitata ja merkitä. Ennen merkintää kannattaa asennusalusta puhdistaa niin, että siihen on helppo merkitä ja asentaa kuiluelementit. Asennuspaikka merkitään takymetrin avulla holviin näkyvästi. Hyvien asennuslinjojen avulla asennus on helpompaa. Oikea korkeusasema pitää myös määrittää. Siinä käytetään apuna yleensä tasolaseria. Oikea korko haetaan määritetystä paikasta ja siirretään lattamitan avulla holville. Holviin laitetaan asennuspaloja oikean koron ja vaakasuoruuden saavuttamiseksi. Asennuspalojen on oltava ruostumattomia tai terästen peitesyvyys on varmistettava juotosvalun yhteydessä. (Kuilu- ja porraselementtityö. Menekit ja menetelmät. Ratu 25-0282 2004.)

Kuiluelementtien nostoissa nostoraksit kiinnitetään elementtien yläosassa sijaitseviin nostolenkkeihin lukkiutuvilla kiinnityskoukuilla. Nostoraksit kannattaa tarkastaa ennen nostoa, koska niissä voi olla työturvallisuutta heikentäviä rakennevirheitä. Elementin noston aikana nosturinkuljettajalla ja työryhmällä pitää olla radioyhteys. Radioyhteys tarvitaan vaikka nosturinkuljettajalla olisi suora näköyhteys asennuspaikkaan, koska siirrot voivat olla millimetreissä ja silloin käsimerkein on vaikea osoittaa niin pieniä liikkeitä. Nostoissa pitää varmistaa nostokoukkujen lukkiutuminen ja seurattava, että ketjut eivät pääse kiertymään. Paikalleen asennuksessa elementtiä ohjaillaan asennuskangilla. Kun paikka on oikea, vaarnatappit asetetaan paikoilleen ja elementti lasketaan asennuspalojen varaan. (Kuilu- ja porraselementtityö. Menekit ja menetelmät. Ratu 25-0282 2004.)

Elementin ollessa paikoillaan sen suoruus, korko ja sijainti tarkastetaan uudestaan. Tarvittaessa elementti nostetaan uudestaan nostoraksien varaan ja korjataan sen sijaintia liikutelmalla tai korkoa muuttamalla korkolappujen paksuutta. Kun muutetaan korkolappujen paksuutta, tulee elementin olla nostettu pois niin, että työryhmällä ei ole mahdollisuutta jäädä elementin alle. Nostetun elementin alapuolella työskentelyä tulee välttää, koska elementti voi pudota odottamattomasta syystä. Elementin ollessa oikeassa paikassa irroitetaan nostoraksit. Irroituksessa tulee käyttää henkilönostimia, telineitä tai työpukkeja. Henkilönostimien käyttö voi tulla kyseeseen etenkin hissikuilun sijaitessa rakennuksen seinälän ulkopuolella. Nostoraksit tulee irroittaa elementin irroittajan vastakkaiselle puolelle. Vaijeri ei saa irroitettaessa olla niin löysä, että se aiheuttaisi tippuessaan vaaraa muille työnteekijöille tai materiaaleille. (Kuilu- ja porraselementtityö. Menekit ja menetelmät. Ratu 25-0282 2004.)

Vaakasauman juotosbetonointi voidaan tehdä ennen elementin paikoilleen laskemista tai juotosvaluna myöhemmin. Betoni laitetaan vaakasaumaan ennen elementin laskemista. Betonikerroksen paksuus tulee olla vähintään 10 mm, näin varmistetaan kuiluelementtien riittävä tartunta. Vaakasauma siloitetaan ja poistetaan ylimääräinen massa muurauskauhalla tai muulla vastaavalla työvälineellä ennen massan kovettumista. Tehtäessä hissikuilu erillisistä elementeistä tulee juotosvalu tehdä luonnollisesti myös pystysaumoihin. Mahdollisten elementtitukien poisto tulee tehdä vasta sen jälkeen kun juotosbetoni on saavuttanut rakennesuunnittelijan määräämän tarvittavan lujuuden. Juotosbetonin jälkitöihin kuuluu saumojen peittäminen muovilla tai kasteleminen. Tällä tavoin vältetään mahdollinen betonin liiallinen kuivumiskutistuminen. (Kuilu- ja porraselementtityö. Menekit ja menetelmät. Ratu 25-0282 2004.)

4 HISSIKUILUN PAIKALLAVALUTYÖN LÄHTÖKOHDAT

Vaativia kohteita asuntorakentamisessa ja julkisessa rakentamisessa tullaan tulevaisuudessa tekemään paikallarakentaen tai elementtirakentamisen yhdistelmänä. Paikallarakentamisen haasteena lähitulevaisuudessa on etsiä mahdollisuuksia sen hyödyntämiseen tavanomaisessa asuinrakentamisessa. Nykypäivänä arkkitehtuuri voidaan jakaa kahteen eri luokkaan. Ensimmäistä luokkaa voidaan kutsua imagoon ja mielikuviin perustuvaksi arkkitehtuuriksi. Toinen luokka edustaa toiminnallisia tarpeita ja ympäristöä. Arkkitehtuurin tulisi olla käytännönläheistä ja ratkaisujen tulisi palvella mahdollisimman hyvin käyttäjiä ja ympäristöä. (Seppänen 2006, 26.)

Paikalla rakentaminen voi luoda monelle rakentajalle ennakkokäsityksiä. Ennakkoluuloja luo varsinkin pelko toteutuskustannusten liiallisesta noususta asuinrakentamisessa. Elementtiratkaisuja pidetään turvallisina ratkaisuina, koska silloin toteutuksessa on vähemmän muuttujia. Paikallavaluratkaisu luo myös monelle rakentajalle ennakkoluuloja urakkatarjo-
us- ja rakentamisvaiheessa, koska paikallavalunosaajia on alueittain vähän tarjolla (Seppänen 2006, 25). Tällä hetkellä Savossa on vahva paikallavalu osaaminen. Keski-Suomen alueelta on tullut rakentajia oppimaan paikallavalutekniikoita (YIT:n elementtiasentaja). Ostajat vaikuttavat omalla tavallaan asuntojen tuotantomenetelmiin. Paikallavalurakenteissa ostajat arvostavat sen lujaa ja yhteneväistä rakennetta.

Yrityksissä on monesti totuttu tekemään rakenteita tietyllä tavalla ja näin ollen osaamista kehitetään yksipuolisesti. Rakennesuunnitelmat ovat usein moninaisia ja luovat siten ehto- ja rakenteen tekniseen toteuttamiseen. Tämä johtaa siihen, että osaamista pitää olla paikallavalu- ja elementtirakentamisesta. Tarjouksissa yritys laskee helposti ylimääräisiä riskivarauksia, jos tuotantomenetelmä ei ole ydinosaamista yrityksessä. Molemmat tuotantomenetelmät voivat olla kustannustehokkaita yritykselle. Valinnan ratkaisee yleisimmin yrityksen oma osaaminen ja saatavilla oleva osaaminen. (Seppänen 2006, 25.)

Tuotantomenetelmiä yhdistetään paljon nykypäivän rakentamisessa. Yleistä on, että pystyrakenteet tai ainakin osa niistä tehdään elementtirakenteisina. Hissikuilu tehdään yleisesti paikallavaluna kasettimuottia hyödyntäen. Holvi valetaan yleensä paikallavaluna ja parvekelaatat toteutetaan tavallisesti elementeillä. Parvekelaatat olisi myös mahdollista toteuttaa paikallavaluna. (Seppänen 2006, 25.)

4.1 Hissikuilun paikallavalutyön vaatimukset

Paikallavalutyö sisältää enemmän työvaiheita kuin elementtityö. Tämä lisää työ- ja suunnitteluvirheiden mahdollisuutta. Tämän takia paikallavalun työvaiheisiin kannattaa kiinnittää enemmän huomiota. Alla käydään läpi tärkeimpiä paikallavalutyön suunnitelmia pääpiirteittäin.

Betonointisuunnitelma

Betonointisuunnitelma pitää yleisesti sisällään työjärjestys- ja kalustosuunnittelua. Työjärjestys suunnitelmassa käydään läpi työkohteen järjestelyjä, työnjohdon ja valvonnan osallisuutta sekä valutyön päävaiheet. (Koski 2010, 77.)

Muottisuunnitelma

Muottisuunnitelma on yksityiskohtainen selvitys muottien käytöstä. Muottisuunnitelma muodostuu muotin rakenteellisesta suunnitelmasta ja käyttösuunnitelmasta. Työmaalla voidaan vaikuttaa vain muotin käyttösuunnitelmaan. Työnjohdon tehtävänä on valita oikeat muotit ja muotin käytön suunnittelu. Muottisuunnitelmassa tulisi esittää (Koski 2010, 74):

- muottien mitoitus ja valinta
- nosto- ja siirtosuunnitelma
- työ- ja varastoalueiden suunnitelma
- lämmitys- ja suojaussuunnitelma
- laskelmat ja selvitykset valunopeudesta.

Muottien valinta on tehty yleensä ennen työmaan aloittamista. Valintaan vaikuttavat muun muassa rakenteet, runkotyyppi, muottien saatavuus, laatuvaatimukset, nostokalusto ja hinnoittelu. Nosto ja siirtosuunnitelmassa on huomioitava valittavan nosturin ulottuvuus ja varastojen sijainti. Työ- ja varastoalueiden suunnitelmassa on otettava huomioon muottien esivalmistus. Hissikuilun kasettimuotti kannattaa varastoida tasaiselle alustalle ja laittaa kasettimuotin osat loogiseen järjestykseen, jolloin aliurakoitsijoiden on helpompi tehdä muotteihin mahdollisia varauksia tai rasiatöitä. Lämmitys- ja suojaussuunnitelma käsittää kasettimuotilla tehdyssä hissikuilussa yleensä sähkölankojen kiinnityksen ja valun suojausten keliolosuhteiden mukaan. (Koski 2010, 74.)

Muottikiertosuunnitelma

Muottikiertosuunnitelma olisi hyvä suunnitella niin, että kalusto olisi mahdollisemman paljon käytössä. Muotteja ei saa olla liikaa ja kalusto tulisi suhteuttaa työvoimatarpeeseen ja työjärjestykseen. Hissikuilutyössä yhtenä seinänä voi olla suurmuotti ja kaksi muuta seinämää voidaan tehdä kasettimuotilla. Kasettimuotteja voidaan käyttää myös kantavissa seinissä suurmuotin ohella. Erilaisia kombinaatioita voidaan joutua tekemään, jotta saavutetaan kustannustehokas muottikierto. Seuraavia asioita kannattaa huomioida ennen muottityön

aloittamista. Muottiin pitää olla mahdollista asentaa tarvittavat varaukset ja muotin tulee olla puhdistettu ja öljytty. Muotin valuaukot on oltava riittävät muotin valutyöhön ja tiivistämiseen. Varsinkin tiivistämisessä voi sauva jäädä raudoitukseen kiinni ja aiheuttaa hidastusta valutyöhön. Hissikuiluvalussa ei ole suurta aukkoa valua varten ja näin ollen raudoituksen oikea sijainti vaikuttaa valun tiivistämiseen. Suojaus- ja lämmityskalusto on hyvä olla valmiina niin, ettei tule viivästyksiä ja laatuongelmia.

Nostotyösuunnitelma

Nostotöiden ollessa vaikeita pitää laatia nostotyösuunnitelma. Nostotyösuunnitelma on hyvä toteuttaa huolellisesti ja miettiä jokainen muuttuva tekijä erikseen. Suunnitelman toteutusta johtaa yleensä päätoteuttaja ja siihen osallistuu myös nosturinkuljettaja, urakoitsijat ja rakennesuunnittelija. Rakennesuunnittelijan tehtäviin kuuluu myös laatia nosto-ohjeet nostoja varten. Yleisesti nostot tulisi suunnitella siten, että nostoista ei ole vaaraa muille työntekijöille. Nostokaluston ja nostovälineiden tulee olla mitoitettu vastaamaan työn vaatimuksia. (Palolahti, Lahtinen, Mäki & Mittaviiva Oy 2010, 6.)

Putoamissuojaussuunnittelu

Hissikuilutyössä tulee paneutua myös putoamissuunnitteluun. Hissikuilun kasettimuottityössä työn toteuttamiseen tarvitaan tasoiksi yleensä vain asennuspukkeja. Kasettimuotin ollessa kerroksen korkuinen tarvitaan kasettimuotin päälle erilliset kaiteet suojaamaan putoamiselta. Kasettimuotin yläpäässä oleva hissiaukko rakennetaan yleensä umpeen niin, että työskentely on mahdollista kasettimuotin päällä. Hissikuilun sijaitessa rakennuksen ulkoseinälinjalla tulee kiinnittää erityistä huomiota putoamissuojaukseen. Kuilun sijaitessa rakennuksen keskellä putoamismatka on yleensä korkeintaan kolme metriä, jolloin loukkaantumisvaara on pienempi. Putoamissuojaussuunnitelman laatii päätoteuttaja ja siinä pitää tulla ilmi putoamissuojauksen aikaiset työt. Suunnitelmasta tulee ilmetä myös suojauksen asennusaika ja mahdollisesti myös purkuajankohta. (Palolahti, Koskenvesa, Lindberg, Sahlstedt & Mittaviiva Oy 2008, 20.)

4.2 Hissikuilun paikallavaluratkaisu

Paikallavalussa on paljon etuja verrattaessa sitä elementtirakentamiseen. Rakennusalan ammattilaisten mielestä paikallavalusuunnittelu on vapaampaa kuin elementtirakenteisten talojen suunnittelu. Paikallavalurakenteen suunnittelu-aika on pidempi, jolloin suunnitelma-muutoksia on helpompi tehdä. Ammattilaiset kokevat, että vaihtoehdot paikallavaluraken-tamisessa ovat monimuotoisemmat. Paikallavalurakenteiden vesitiiviys on parempi ja huol-totarve näin ollen pienempi. Rakenteen saumattomuus on tärkeä ulkonäköseikka, mutta hissikuilurakenteessa sillä ei yleensä ole merkitystä. Ainoastaan asuinrakennuksen ulko-seinälinjalle sijoitettu hissikuilu on osa julkisivua ja näin vaikuttaa siten olennaisesti asuin-rakennuksen ulkonäköön. Yleensä seinälinjalle sijoitettu hissikuilu toteutetaan elementtira-kenteisena, koska työnaikaiset tuennat on helpompi toteuttaa elementtivaihtoehdossa. Ää-neneristysominaisuudet ja talotekniikan integrointi ovat sen sijaan paikallavalutekniikan etu-ja. Talotekniikan myöhäiset suunnitelmamuutokset ovat helpommin toteutettavissa paikallavaluvaihtoehdossa. Paikallarakennetut rakenteet ovat myös pitkäikäisempiä verrattuna vastaaviin elementtirakenteisiin. (Seppänen 2006, 14–15.)

Kustannuksia mietittäessä paikallavalu on varmasti kannattavaa, mutta osapuolien osaa-mattomuus lisää hankkeen turhia riskivaroja. Yleensä ottaen pelätään, että saadaanko valutyöntekijöitä ja muurareita tiettyinä aikana ja hinnoittelu voi olla vaihtelevaa. Yritysten oma osaava henkilökunta karsii edellä mainittuja riskejä ja luo perustan hyvälle rakentami-selle. Ylläpito- ja korjauskustannukset muodostuvat alhaisemmiksi tässä vaihtoedossa, mikä on tärkeää mietittäessä elinkaarikustannuksia. Paikallavalurakenteiden etuja on pal-jon ja tässä lueteltiin vain pääseikkoja. (Seppänen 2006, 14–15.)

4.3 Hissikuilun kasettimuottityö

Kasettimuotti koostuu teräsrungosta ja muottipintana toimivasta vanerista. Kasettimuotteja on monia eri kokoja ja ne ovat helposti muunneltavia. Tämän takia se soveltuu erilaisiin ra-kenteisiin. Hissikuilua varten on saatavilla valmiita kuilumuottijärjestelmiä. Vastaavan jär-jestelmän voi tehdä kasettimuotteista työmaalla. Kuilumuottijärjestelmä käsittää sisämuotin ja ulkomuotin. Kasettimuotilla rakentaminen on nopeaa, jos on osaava työryhmä.

Kasettimuottityön aloittamista varten tulee järjestää aloituspalaveri. Siinä käytävät asiat ovat yhteneväisiä hissikuiluelementtityön aloituspalaverin kanssa (katso 3.1). Lisäksi ka-settimuottityön aloituspalaverissa käydään läpi muotitusjärjestystä ja aikataulua sekä muot-tien materiaalien saatavuuteen liittyviä asioita. (Koski 2010, 85.)

4.3.1 Työvälineet ja kalusto

Kasettimuotin kokoamisessa tarvitaan yleensä osittain vuokrattua kalustoa. Nosturi, työtelineet ja kasettimuotti tarvikkeineen yleensä vuokrataan. Seuraavaksi luetellaan yleisesti käytettyjä välineitä ja kalustoa:

- muottilukkoja tarvitaan muottisiteiden lukitsemiseen
- muottisiteitä tarvitaan kasettimuottien sitomiseen
- väliskeputkia käytetään pitämään muotit oikealla etäisyydellä ja helpottamaan muottisiteiden irroitusta
- muottien alle asennettavien korkolappujen avulla muotti saadaan oikeaan korkoon
- muottiöljyä tarvitaan muotin valupinnan öljyämiseen, jotta muotti irtoaa
- asennuspukit, työtasot ja rakennustelineet tarvitaan turvalliseen työskentelyyn
- mittausvälineet, vatupassi ja tasolaser mittauksia varten
- lankapihdit, sidontalankoja ja sidontakoukku raudoitustyötä varten
- yleiset suojavälineet eri työvaiheille erikseen
- työhön tarvitaan myös rakennusmiehen yleiset työvälineet.

4.3.2 Hissikuilun kasettimuottityön työvaiheet

Kasettimuottien saavuttua työmaalle aloitetaan sisämuotin rakentaminen. Sisämuotti koostuu monesta kasettimuotista. Sisämuotti tehdään niin, että se voidaan nostaa valun jälkeen pois yhtenäisenä. Tämä on mahdollista muottiin kiinnitettävien sauvojen ja nivelien avulla. Valun jälkeen muotin veto-/puristussauvoja löysätään kiertämällä, jolloin muotti on mahdollista nostaa pois kokonaisuutena. Muutoin kasettimuotin osat täytyisi purkaa erikseen ja aikaa kuluisi turhaan. Sisämuotti pysyy hyvinkin mittatarkkana vaikka sitä käytetään kerrostalon kaikissa kerroksissa. Kasettimuotit kiinnitetään toisiinsa BFD-kiinnikkeillä. (YIT:n elementtiasentaja.)

Muottiin tehdään tarvittavat merkinnät mahdollisille varauksille. Usein kuilun seinämä on osana huoneistoa ja valuun tarvitsee laittaa varaus esimerkiksi sähkörasialle. Varaukset laitetaan yleensä ulkomuottiin. Muotille merkitään oikea kohta holville ja tasataan alusta suoraksi ja puhtaaksi. Muottien alla käytetään yleensä asennuspaloja, joiden tarkoitus on saada muotti suoraan alustaansa nähden. Kun sisämuotti on nostettu paikalleen, se tuetaan holville vinotuilla. Ennen raudoitusta pitää ulko- ja sisämuotti käsitellä muottiöljyllä ja sisämuotin mittatoleranssit tarkistaa. Raudoitus tehdään yleensä tuplaverkosta. Sisemmän verkon asennuksen yhteydessä kiinnitetään kulmaraudat sekä tartuntaraudat. Näiden rautojen jatkospituus määritellään rakennesuunnitelmissa. Talviaikana betoninlämmityslangat asennetaan ensimmäiseen verkkoon ja langat vedetään kahtena vetona. Jos toinen lanka

sattuu katkeamaan, on toinen vielä varmistamassa betonin lujuuden kehitystä. Raudoituksen jälkeen muotti tuplataan eli asennetaan ulkomuotti. Ulkomuotti kasataan erikseen kasettimuoteista käyttäen BFD-kiinnikkeitä. Ulko- ja sisämuotti kiinnitetään toisiinsa muottisiteillä. Raudoituksessa on otettava huomioon kasettimuoteissa olevat reiät muottisiteille. Muottisiteitä on vaikea työntää läpi ulko- ja sisämuotista, jos rauditus on reikien kohdalla. Ulko- ja sisämuotin pitäisi lähteä holvilta samasta tasosta, jolloin muottien reiät osuvat kohdilleen. Ulko- ja sisämuotin väliin asennetaan välikeputket, jolloin muottisiteet on helpompi vetää pois rakenteesta valun jälkeen. Välikeputkissa on eroja ja yleensä kannattaa valita kalliimpia, koska välikeputket voivat hajota muottien tuplauksessa. Kasettimuottijärjestelmään pitää vielä tehdä vielä mahdolliset valustopparit, jotta järjestelmästä saadaan tiivis. Ennen betonointia pitää tarkistaa kaikki mitat ja raudoituksien suojaetäisyydet. Betonointi tehdään yleensä nostoastialla. Betonia valetaan ensin noin metrin verran muottiin ja tärytetään noin puolen metrin välein. Kerroskorkeuden ollessa kolme metriä tulee kolme valukierrosta. Oikein suoritettu valu vähentää jälkipuhdistuksen ja tasoittamisen tarvetta. Valuun laitetaan lopuksi tartunnat seuraavaa kuiluvalua varten. Kasettimuottijärjestelmän voi purkaa noin vuorokauden päästä. Kun kasettimuotit irroitetaan ne pitää puhdistaa ja laittaa välivarastoon odottamaan seuraavaa valua. (YIT:n elementtiasentaja.)

5 TYÖTURVALLISUUS

Kasettimuottiratkaisussa työturvallisuus voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri osa-alueeseen. Ne ovat muotti-, raudoitus- ja betonointityö. Muottityöhön on tässä työssä sisällytetty myös nostotyö. Elementtiratkaisussa tärkein työturvallisuuden osa-alue on nostotyö.

5.1 Työturvallisuuteen vaikuttavat tekijät työmaalla

Valaistus tulisi toteuttaa työmaalla asianmukaisesti. Kulkureiteillä tulisi olla hyvä häikäisemätön yleisvalaistus ja mahdollisesti myös paikallisvalaistus. Valaisuerot eivät saisi olla suuria ja äkillisiä. Valo ei myöskään saisi häikäistä. Valaisimet tulee sijoittaa turvallisesti niin, että niistä ei ole vaaraa työntekijöille. Siirrettävissä valaisimissa tulee olla myös vika-virtasuojaimet. Kulkutiet tulisi yleensä ottaen olla turvallisia. Kulkutiet pitää varustaa tarvittavissa kohdin kaiteilla ja muilla tarvittavilla suojarakenteilla. Liukastumis- ja kompastumisvaaran takia kulkutiet tulisi pitää siisteinä ja välttää tavaroiden varastoimista riskialttiille paikalle. (Hissityön ja siihen liittyvän rakennustyön turvallisuus. Ratu S-1230 2011.)

Työmaalla tulisi käyttää tarvittavia henkilösuojaimia. Yleisesti käytettävät suojaimet ovat kypärä, silmäsuojaimet, suojavaatteet, kuulosuojaimet, hengityssuojaimet, suojakäsineet, turvakengät ja turvavaljaat. Henkilösuojaimet pitäisi säilyttää paikassa, josta ne on helposti saatavissa. (Hissityön ja siihen liittyvän rakennustyön turvallisuus. Ratu S-1230 2011.)

Aukot täytyy suojata työmaalla aina kaiteella. Kaide koostuu käsijohteesta, välijohteesta ja jalkalistasta. Käsijohteen korkeuden pitää olla vähintään yksi metri. Välijohteen ja käsijohteen pystysuora tila ei saa olla puolta metriä suurempi. Jalkalistan pitää olla vähintään kymmenen senttiä korkea. Oviaukkojen suojien tulisi kestää vähintään 1 kN pistekuorma ja välijohteen sekä jalkalistan 0,5 kN pistekuorma. (Hissityön ja siihen liittyvän rakennustyön turvallisuus. Ratu S-1230 2011.)

Holvin hissikuiluaukko tulee suojata hyvin kiinnitetyillä suojakansilla. Kiinnityksen tulisi estää tahaton siirtyminen. Suojakannet on hyvä merkitä kirkkaalla värillä, jotta ne erottuvat ympäristöstä. Varsinkin talvella merkintä voi hävitä lumen ja jään alle. Suojakannen materiaalina ei tule käyttää liukasta materiaalia liukastumisvaaran takia. Suojakannen tulee kestää 2 kN/m² pintakuorma tai 1,5 kN pistekuorma. (Hissityön ja siihen liittyvän rakennustyön turvallisuus. Ratu S-1230 2011.)

Alue- ja logistiikkasuunnitelmissa tulisi ottaa huomioon työmaan materiaalitoimituksiin ja varastointiin liittyviä asioita. Elementtikeruomat ovat usein yhdistelmäkuormia ja edellyttävät tiestöltä tiettyjä vaatimuksia. Kuorman painopiste on monesti korkea ja sen vuoksi tiestön

kallistukset eivät saa olla liian jyrkkiä. Maksimikaltevuussuositus on 4–5%. Tiestön leveys tulisi olla yksisuuntaisena ≥ 3 metriä ja kaksisuuntaisena ≥ 6 metriä. Tiestön kaarteet tulisi suunnitella tarpeeksi loiviksi niin, että ajoneuvoyhdistelmällä on mahdollisuus tulla työmaalle turvallisesti. Kaarteiden sisäsäde tulisi olla ≥ 4 metriä ja ulkosäteen laajuus ≥ 14 metriä. Kuormien purku ja ajoitus kannattaa sopia etukäteen elementtitehtaan kanssa. Näin varmistetaan sujuva työn eteneminen. Mahdollisissa asennushäiriötapauksissa tulee tehtaan kanssa olla sovittuna menettely aikataulun muuttamisesta. Yleensä kuorman purkuun varattu purku-aika on noin puolesta tunnista tuntiin. (Suomen Betoniyhdistys ry. 2004, 488.)

Hissikuiluelementit voivat painaa monta tonnia, joten nostokoneelta vaaditaan paljon kapasiteettia. Nostotyössä pitää ensimmäisenä varmistaa nostimen soveltuvuus kyseiseen työhön. Nostokoneen vuokraamisessa tulee huomioida, että kone pystyy nostamaan määrätyn kuorman tietyltä etäisyydeltä. Tämän takia välivarastointi tulisi toteuttaa mahdollisimman lähelle asennuspaikkaa, jotta saadaan kustannusäästöjä käyttämällä pienempää nostokonetta. (Kuilu- ja porraselementtityö. Menekit ja menetelmät. Ratu 25-0282 2004.)

5.2 Työturvallisuuden osapuolet

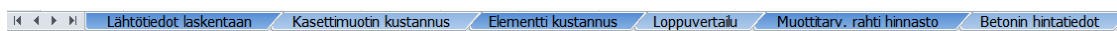
Päätoteuttajalla on suuri vastuu työturvallisuudesta. Päätoteuttaja vastaa työmaasuunnitelmista ja huolehtii myös suunnitelmien toteutuksesta sekä päivittämisestä. Hänen on tehtävä ennakoilmoitus työsuojeluviranomaiselle rakennustyömaasta. Päätoteuttaja informoi työntekijöitä työmaan vaaratekijöistä ja olosuhteista. Perehdytys on hyvä tapa kertoa riskeistä ja mahdollisista vaaratekijöistä. (Hissityön ja siihen liittyvän rakennustyön turvallisuus. Ratu S-1230 2011.)

Hissiurakoitsija on yksi työturvallisuuteen vaikuttava osapuoli. Hissiurakoitsijan vastuuhenkilönä toimii hissitöiden johtaja tai työstä voi vastata erikseen nimetty työnjohtaja. Työmaasuunnitelmissa kerrotaan kohteeseen tehtävistä työturvallisuustoimenpiteistä, mutta tarvittaessa työturvallisuustoimista voidaan sopia lisää työmaakokouksissa. Yleisesti voidaan todeta, että pääurakoitsija ja hissiurakoitsija huolehtivat yhdessä työturvallisuudesta. Hissiurakoitsijan velvollisuuksiin kuuluu sivullisten pääsyn estäminen hissikuiluun, hissien laitteisiin, sähkölaitteille ja hissien ohjauskeskukseen. Näihin tiloihin pääsyn tulee olla estetty sekä työvuorojen aikana että niiden välillä. Konehuoneen ovi tulisi pitää lukittuna lukolla turvallisuussyistä. Tavaroiden nostot ja siirrot pitäisi tehdä niin, että työmaalla olevat henkilöt eivät pääse vaara-alueelle. Hissikuilun ovet pitää olla lukittuna mahdollisen putoamisen estämiseksi ja vartiointi tulee järjestää lukitsemattomille ovilla. Vastuuhenkilön tehtävänä on myös opastaa hissitöissä käytettäviä apumiehiä ja kertoa heille työn vaarat ja huolehtia henkilösuojaimien käytöstä. (Hissityön ja siihen liittyvän rakennustyön turvallisuus. Ratu S-1230 2011.)

6 TULOKSET

Tämän työn tuloksena tehtiin vertailulaskelma Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Laskelmassa vertailtiin hissikuilun kahta eri tuotantotapaa. Tuotantotavat olivat paikallavalu kasettimuottia hyödyntäen ja elementtivaihtoehto. Työn tavoitteena oli selvittää kahden edellämainitun työtavan kustannuksia. Taulukkoa tehdessä ajatuksena oli tehdä siitä mahdollisimman helppolukuinen ja käytännöllinen.

Ohjelmaa on helppo muokata jatkossa muihinkin rakenteisiin, joissa verrataan paikallavalua ja elementtejä. Laskelma perustuu Ratu-kortiston ilmoittamiin työmenekkeihin ja työmiesten haastatteluihin. Työmenekkejä on muutettu laskelmassa tietyin osin vastaamaan kokemusta työporukkaa. Taulukko on jaettu kuuteen eri osioon (kuva 3). Ensimmäisessä osiossa täytetään kohteen perustiedot, joita ohjelma tarvitsee laskemiseen (Lähtötiedot laskentaan). Lähtötiedot osiossa syötetään tarkemmat tiedot kasettimuottia ja elementtivaihtoehtoa varten. Osioista kerrotaan alempana lisää.



KUVA 3. Laskentaohjelman kuusi eri osiota. Kuva Janne Pylvänäinen

6.1 Kustannukset hissikuilun kasettimuottirakentamisessa

Kasettimuotin menekkiä varten syötetään hissikuilun mittatiedot taulukkoon (kuva 4). Mittatiedot koostuvat hissikuilun ulko- ja sisämitoista sekä yläkupin, alakupin ja anturan mittatiedoista. Mittatietojen avulla ohjelma laskee pinta-alat ja tilavuudet. Taulukkoon voidaan syöttää tarvittavat aukot erikseen. Tällöin ohjelma vähentää ne automaattisesti lopputuloksesta. Taulukko laskee myös tarvittavat muottipinta-alat mittatietojen perusteella. Tässä on huomioitava, että muottialat ovat teoreettisia ja todelliseen menekkiin vaikuttaa kasettimuotin saatavilla olevat koot. Kerroslukumäärä syötetään taulukkoon hankekohtaisesti. Kaikki päivitettyt tiedot ja lopputulokset päivittyvät kasettimuotin kustannus-osioon.

	A	B	C	D	E	F	I	J	K
1									
2									
3	Rakenteen tiedot laskentaan								
4	Valupintojen mitat	Leveys(m)	Pituus(m)	Korkeus(m)	M ²	Muotti,M ²	M ³	Aukko, m ²	Kerros lkm
5	Hissikuilu,ulkomitta	1,85	2	3	17,55	33,3	2,19		6
6	Hissikuilu,sisämitta	1,65	1,8	3	15,75				
7	Alakuppi, ulkomitta	1,85	2	1,2	9,24	16,14	1,27	1	1
8	Alakuppi sisämitta	1,65	1,8	1	6,9				
9	Alakupin antura	2,5	2,5	0,3	6,25	3	1,875		1
10	Yläkuppi,ulkomitta	1,85	2	1,2	9,24	16,14	1,47		1
11	Yläkuppi,sisämitta	1,65	1,8	1	6,9				

KUVA 4. Lähtötiedot laskentaan: rakenteen tiedot laskentaan. Kuva Janne Pylvänäinen

Taulukkoon on lisätty tarkennuksia syötettävistä tiedoista. Tiedot saadaan esille solujen asetuksista. Solu sisältää lisätietoja, jos solun yläkulmassa on punainen kolmio. Tämä helpottaa taulukon käyttöä ja opettelu (kuva 5).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
8	Alakuppi sisämitta	1,65	1,8	1	6,9	10,14	1,27	1			
9					6,25	3	1,875				
10					9,24	16,14	1,47				
11					6,9						
12					kpl,bet		kpl,elem.				
13					2	2					
14					1	1					
15											
16											
17											
18											
19											
20					Rahti(€)	Tähän voi merkitä materiaalin kokonaisrahdin. Hissikuiluun tarvittava prosentuaalinen osuus otetaan huomioon myöhemmin laskussa.					
21	8mm	100	219	0,7	200						
22	10mm										
23	12mm										
24	Verkko										

KUVA 5. Taulukkoon lisättyjä tarkennuksia soluissa. Kuva Janne Pylvänäinen

Soluihin on lisätty pikavalintoja, jotka helpottavat taulukon käyttöä (kuva 6). Näin voidaan nopeasti kokeilla erilaisia variaatioita esimerkiksi työryhmän työmenekkiä muuttamalla. Kustannusten muutoksia on tällä tavalla helppo kokeilla.

	Muottityö		
Työmenekki:(tth/m ²)	KVM	RM	Nostotyö
Kasettimuotti:			
Muottien välivar. ja kuorm	0	0,05	
Pystytys maassa ja esivalr	0	0,05	
Mittaus	0,03	0,06	
Muotin asennus	0,1	0,07	0,02
Muotin purku ja puhdistus		0,08	0,01
Telinetyö		0,09	
Talven vaikutus	0	0,1	
		0,11	
		0,12	

KUVA 6. Taulukon käyttöä helpottavia pikavalintoja. Kuva Janne Pylvänäinen

Seuraavana taulukkoon lisätään hinnat ja lukumäärät laskentaa varten. Työntekijöiden osalta pitää syöttää tiedot tunti hinnasta sekä se, kuinka monta työntekijää tekee mitään työvaihetta. Tässä tapauksessa työvaiheet on muotitus, rauditus, betonointi ja elementti-työ (kuva 7).

12	Hinnat ja lkm laskentaan					
13	Työntekijät	€/tth	kpl,muot.	kpl,raud.	kpl,bet	kpl,elem.
14	Kvm	28	2		2	2
15	Rm	25	1		1	1
16	Raud	30		2		

KUVA 7. Lähtötiedot laskentaan: työntekijöiden tiedot. Kuva Janne Pylvänäinen

Raudoituksen osalta täytetään tiedot raudoitusmääristä ja hinnoista. Erikseen merkitään rahdin hinta (kuva 8).

20	Raudoitus	Kg/m3	Kg	€/Kg	Rahti(€)
21	8mm	100	219	0,7	200
22	10mm				
23	12mm				
24	Verkko				

KUVA 8. Lähtötiedot laskentaan: raudoituksen tiedot. Kuva Janne Pylvänäinen

Betonin hintaa laskettaessa täytyy ottaa huomioon lähtöhinta, matka, kuormakoko ja muut lisät (kuva 9). Lähtöhinta on toimittajakohtaista ja betonin toimitus kannattaa kilpailuttaa. Usein toimittajan ratkaisee lähin betoniasema, koska matkan vaikutus hintaan on olennainen. Alennuksilla on myös suuri merkitys, koska alennukset voivat olla huomattavia. Betonin hinnan määrittystä varten olen liittännyt laskelmaan Lujabetonin hinnaston. Tämä hinnasto löytyy laskentaohjelman betonin hintatiedot osiosta.

25	Betoni	€/km/m3	€/m3	m3	km	Alennus %
26	Lähtöhinta	49,8	145	19,5305		40 %
27	Matka				1,1	
28	Kuormakoko			6		
29	Muut lisät	6,26				

KUVA 9. Lähtötiedot laskentaan: betonin tiedot. Kuva Janne Pylvänäinen

Puutavaran tietoihin syötetään puun profiili, määrä, hinta ja rahdin kustannukset. Puutavaraa tarvitaan kasettimuottien sidepuuksi ja anturan sekä ylä- ja alakupin muottitarpeiksi (kuva 10).

30	Puutavara	Määrä/yks.	€/yks.		Rahti(€)
31	22x100	20	2		150
32	50x100	20	3		150
33	Vaneri	20	10		150
34					

KUVA 10. Lähtötiedot laskentaan: puutavaran tiedot. Kuva Janne Pylvänäinen

Kasettimuotille on erikseen taulukko rahdille. Tähän voidaan määrittää lähtöpaikka ja kohde. Rahdin kappalemäärä voidaan myös määrittää erikseen. Tätä taulukkoa varten on liitetty ohjelmaan Ramirentin kotimaan lavametrijinnasto. Tämä löytyy muottitarvikkeiden rahtihinnasto-osiesta. Hinnaston avulla voidaan määrittää rahdin hinta (kuva 11).

35	Kasettimuotti	Määrä	Lähtöpaikka	Kohde	€/rahti
36	Tuonti	1	-	Siilinjärvi	150
37	Vienti	1	Siilinjärvi	-	150

KUVA 11. Lähtötiedot laskentaan: kasettimuotin tiedot. Kuva Janne Pylvänäinen

Kasettimuotti joudutaan usein vuokraamaan ja siitä tulevat kustannukset merkitään taulukon vuokraus-kohtaan. Telineiden vuokrahinta riippuu kohteesta. Hissikuilun sijainti ulkokeinälinjalla lisää telineiden tarvetta ja tätä kautta kasvattaa kustannuksia. Nostokalustolla on iso merkitys kasettimuottien kustannusten muodostumisessa. Kerrostalotyömaan nostoissa käytetään yleensä torninosturia ja sen tuntihinta on korkea. Vuokraus-kohtaan lisätään myös kaluston vuokrausaika (kuva 12).

39	Vuokraus	Määrä/yks.	Vuokra €/pv	vuokra (pvm2)	€/tth	Pv
40	Kasettimuotti	33,3		0,5		80
41	Taittuva työtaso	1	5			80
42	Nostokalusto	1			90	80

KUVA 12. Lähtötiedot laskentaan: vuokrauksen tiedot. Kuva Janne Pylvänäinen

Seuraavaksi käsitellään kasettimuotin kustannus-osiota. Tähän osioon päivittyvät lähtötiedot laskentaan -osion tiedot. Kasettimuotin kustannus-osio on jaettu kolmeen pääryhmään. Pääryhmät ovat muottityö, raudoitustyö ja betonointityö. Pääryhmät on jaettu edelleen alaryhmiin. Alaryhmät ovat työkustannukset, materiaalikustannukset, rahti ja vuokraus. Tämän osion arvoja voidaan muuttaa kohteen ollessa poikkeava.

Muottityö taulukossa voidaan muuttaa työmenekkiä, suoritemääräkerrointa ja TL3-lukua. Näin laskelmaa voidaan tarkentaa kohdekohtaisesti. Muottityö-taulukko havainnollistaa eri työvaiheiden kustannuksia. Tätä kautta on helpompi miettiä mahdollisia säästöjä kalleimmissa työvaiheissa. Taulukkoa tarkastelemalla voidaan todeta muotin asennuksen olevan kallein työvaihe. Taulukossa on otettu huomioon ala- ja yläkupin sekä anturan vaikutukset eri kerrosten työntekijätunteihin. Tämän taulukon tuloksia ovat työkustannukset, työnkesto työvuoroissa, työntekotunnit ja työryhmän keskituntiansiot (kuva 13).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3	Muottityö							
4	Työmenekki:(tth/m²)	KVM	RM	Nostotyö m²	tth(T4)	Krs/lkm.	€/työväih	
5	Kasettimuotti:							
6	Muottien välivar. ja kuorm	0	0,05		33,3	1,92	6	288,46
7	Pystytys maassa ja esival	0	0,09		33,3	3,46	6	519,23
8	Mittaus	0,03			33,3	1,15	6	193,85
9	Muotin asennus	0,1		0,02	33,3	3,85	6	646,15
10	Muotin purku ja puhdistus		0,05	0,01	33,3	1,92	6	288,46
11	Telinetyö		0,05		33,3	1,92	6	288,46
12	Talven vaikutus	0	0		33,3	0,00	6	0,00
13	Alakupin antura:	0,35	0,25		3	2,08	1	58,64
14	Alakuppi:	0,2	0,1		16,14	5,59	1	157,75
15	Yläkuppi:	0,2	0,1		16,14	5,59	1	157,75
16	Jälkiputsi		0,09		17,55	1,82	6	51,46
17								
18	Yhteensä	1,53	2,43	0,03				2650,21
19			3,96		1.kerros	23,73		
20	Smk	1,10			välirks.	16,06		
21	TL3	1,05			6.kerros	21,65		
22	tth,tod	109,59						
23	Kta(€/tth)	28,21						
24	Työntekijöiden lkm	3						
25	Työn kesto(tv)	4,57						
26	Työ kustannukset(€)	2650,21						

KUVA 13. Kasettimuotin kustannus: muottityön työkuustannus. Kuva Janne Pylvänäinen

Muottityön materiaalikustannus koostuu välikeputkista, kartioista, pientarvikkeista, muottiöljystä ja puutavarasta. Kustannukset on jaoteltu tässä kerroskohtaisesti ja myös todellisina kustannuksina eli kaikki kerrokset on huomioitu. Yleensä puutavaraa voidaan kierrättää seuraaviin kerroksiin, jolloin todellinen kustannus on melkein sama kuin kerroskohtainen kustannus. Tähän taulukkoon päivitty tiedot materiaalimääristä ja neliömääristä automaattisesti (kuva 14).

37	Materiaalikustannus					
38	Välikeputket ja kartiot	kpl/m ²	Hukka %	€/kpl	Kustannuslkr.	Kustannus,tod.
39		1	10,00 %	1,5	28,96	173,75
40	Puutavara:	jm	Hukka%	€/jm		
41	50x100	20	10,00 %	3	66,00	66,00
42	22x100	20	10,00 %	2	44,00	44,00
43	Vaneri(m²)	20	10,00 %	10	220,00	220,00
44						
45	Pientarvikelisä	€/m ²	m ²			
46		0,5	33,3		16,65	99,90
47	Muottiöljy	l/m ²	Hukka%	€/l		
48		0,05	10,00 %	3	5,49	32,97
49				Yhteensä	381,10 €	636,61 €

KUVA 14. Kasettimuotin kustannus: muottityön materiaalikustannus. Kuva Janne Pylvänäinen

Lähtötiedot laskentaan -osiossa syötettiin tiedot vuokrauksen osalta. Tiedot ovat päivittyneet kasettimuotin kustannus -osioon. Hissikuilun rakentamista varten laskelmassa on huomioitu taittava työtaso, muotin vuokra ja nostokalusto. Esimerkkikohteessa hissikuilu sijaitse rakennuksen ulkoseinällä, joten taittava työtaso on huomioitu laskelmassa. Nostokalusto on laskettu torninosturin tuntihinnalla, koska kerrostalotyömaalle yleensä valitaan se. Kasettimuotit ovat kevyitä eivätkä vaadi paljon nostovoimaa. Näin kasettimuotin nostoihin kävisi halvempikin nosturi. Alla olevasta taulukosta voimme todeta, että nosturin vuokraku-

lut ovat kasettimuottien vuokratulujen kanssa lähellä toisiaan. Tässäkin on eritelty erikseen kerroskustannukset ja todelliset kustannukset. Kasettimuottia voidaan käyttää muidenkin rakenteiden muottikierrossa, jolloin niistä saatava hyöty on otettava huomioon erikseen (kuva 15).

51	Vuokrauskustannus					
52	<i>Taittava työtaso</i>	Määrä	Kesto (vrk)	€/vrk	Kustannus/krs.	Kustannus.tod.
53		1	80	5	66,67	400,00
54	<i>Muotin vuokra</i>	Määrä (m ²)	Kesto (vrk)	€/vrk/m ²		
55		33,3	80	0,5	222,00	1332,00
56	<i>Nostokalusto</i>	€/tth	m ²	tth/m ²		
57		90	33,30	0,06617	198,32	1189,89
58				Yhteensä	486,98 €	2921,89 €

KUVA 15. Kasettimuotin kustannus: muottityön vuokrauskustannus. Kuva Janne Pylvänäinen

Muottityön rahtikustannuksiin on huomioitu puutavaran rahti ja kasetti muotinrahti. Rahdin suuruuteen vaikuttaa paljon toimituspaikkojen sijainnit. Samassa rahdissa voi tulla myös esimerkiksi puutavaraa muihin työvaiheisiin. Tämän vuoksi taulukkoon on lisätty osio, johon voi muuttaa rahdin prosentuaalista osuutta. Tässä tapauksessa huomioidaan vain hissikulun tekoa varten tarvittava materiaalirahdin osuus. Lähtötiedot laskentaan osiossa merkitään vain kokonaisrahti ja tässä taulukossa otetaan huomioon hissikulua varten tarvittava rahdinosuus. Taulukkoon on lisätty muottien tuonnille ja viennille rahtimäärät, jos taulukkoa sovelletaan muihinkin rakenteisiin (kuva 16).

61	Rahtikustannus					
62	<i>Puutavara</i>	Määräyks.	% /rahti	€/rahti	Kustannus/krs.	Kustannus.tod.
63	22x100	20	30,00 %	45	2,25	13,50
64	50x100	20	30,00 %	150	7,50	45,00
65	<i>Vaneri(m²)</i>	20	30,00 %	45	2,25	13,50
66						
67	<i>Muotin rahti</i>	Määrä	% /rahti	€/rahti	Kustannus/krs.	Kustannus.tod.
68	<i>Tuonti</i>	1	30 %	150	7,50	45,00
69	<i>Vienti</i>	1	30 %	150	7,50	45,00
70				Yhteensä	27,00 €	162,00 €

KUVA 16. Kasettimuotin kustannus: muottityön rahtikustannus. Kuva Janne Pylvänäinen

Raudoitustyön työkustannuksia laskettaessa on huomioitu kasettimuotti, alakuppi, alakupinantura ja yläkuppi. Kallein työvaihe on tässä tapauksessa kasettimuotin raudoitus. Alaja yläkupin kustannukset ovat pienemmät, koska molemmat huomioidaan vain yhdessä kerroksessa. Tähänkin taulukkoon voi muuttaa tarvittaessa työmenekin, suoritemäärän ja TL3-arvon kohdekohtaisesti. Työntekijätunteja voi seurata kerroskohtaisesti. Ensimmäisen ja viimeisen kerroksen työntekijätunnit ovat suuremmat, koska niissä on lisäksi huomioitu ala- ja yläkupin rakenteet. Raudoitteiden siirtojen kustannukset nousevat, kun joudutaan käyttämään nosturia nostettaessa raudoitteita eri kerrokseen (kuva 17).

I	J	K	L	M	N
Raudoitustyö					
Työmenekki:(tth/kg)	Raud	Nostotyö	tth(T4)	Krs/lkm.	€/työvaih
Kasettimuotti:					
Siirrot	0,002	0,002	0,58	6	104,07
Raudoitus, 8mm	0,012		3,47	6	624,41
Raudoitus, 10mm			0,00	6	
Raudoitus, 12mm			0,00	6	
Raudoitus, verkko			0,00	6	
Koneellinen katkaisu ja	0,0033		0,95	6	171,71
Alakuppi:	0,008		2,31	1	69,38
Alakupin antura:	0,006	0	1,73	1	52,03
Yläkuppi:	0,008	0,002	2,31	1	69,38
Yhteensä	0,1258	0,004			1090,99
		1.kerros	9,05		
		välikrs.	5,00		
		6.kerros	7,31		
Smk	1,1	0,008			
TL3	1,2				
tth,tod	36,37				
Kta(€/tth)	30				
Työntekijöiden lkm	2				
Työn kesto (tv)	2,27				
Työ kustannukset(€)	1090,99				

KUVA 17. Kasettimuotin kustannus: raudoitustyön työkustannus. Kuva Janne Pylvänäinen

Raudoitustyön materiaalikustannukset koostuvat pelkästään raudoista. Pientavaralisä on otettu huomioon muottityön materiaalikustannus taulukossa. Tämän taulukon arvoja voi muuttaa hukkaprosentin osalta. Muuten aikaisemmin syötetyt tiedot päivittyvät automaattisesti taulukkoon (kuva 18).

Materiaalikustannus	Kg	Hukka %	€/kg	Kustannus/krs.	Kustannus,tod.
8mm	219	16 %	0,7	177,83	1066,97
10mm	0	16 %	0	0,00	0,00
12mm	0	16 %	0	0,00	0,00
Verkko	0	16 %	0	0,00	0,00
			Yhteensä	177,83 €	1066,97 €

KUVA 18. Kasettimuotin kustannus: raudoituksen materiaalikustannus. Kuva Janne Pylvänäinen

Raudoituksen rahtikustannuksiin on huomioitu prosentuaalinen osuus samalla periaatteella kuin muottityön rahdissa. Toimittajien etäisyys työmaasta vaikuttaa tässäkin tapauksessa olennaisesti. Raudoitus on laskettu harjaterästä käyttäen. Nopeampi tapa on kuitenkin käyttää verkkoa. Tehtäessä raudoitustyö verkosta vähenee raudoitusaika vähintään puolella. Raudan surraus ja katkominen vähenee ja helpottuu käytettäessä verkkoa. Kuopion alueella olevalla työmaalla seurasin kasettimuotista tehdyn hissikuilun raudoitusta. Siinä käytettiin suoraa harjaterästankoa. Sen vuoksi harjateräs valittiin laskelmaan verkon sijasta. Harjateräksen menekkiä voidaan raudoituksessa vähentää suunnittelemalla raudoitus oikein. Harjateräkseseen kannattaa taivuttaa kulmajatkos valmiiksi, jolloin raudoitushukkaa tulee vähemmän (kuva 19).

Rahti				
		% /rahti	€/Rahti	
8mm		50 %	200	100
10mm		50 %	0	0
12mm		50 %	0	0
Verkko		50 %	0	0
			Yhteensä	100,00 €

KUVA 19. Kasettimuotin kustannus: raudoituksen rahtikustannus. Kuva Janne Pylvänäinen

Kasettimuotin betonointityötä varten on työvaiheet jaoteltu valmisteleviin töihin, nostoastiabetonointiin ja lopettaviin töihin. Taulukkoon voidaan muuttaa työmenekkejä, suoritemääräkerrointa ja TL3-arvoa. Taulukko on jaoteltu samoin periaattein kuin muottityö ja raudoitustyö. Taulukossa voidaan ottaa huomioon myös talvihaitta prosentteina. Talvihaitan soltiedot pitävät sisällään tiedot pakkasmäärien prosentuaalisista arvoista. Ilman lämpötilan ollessa alle -12,5 °C talvihaitta lisääntyy jopa 50 %. Taulukosta voidaan todeta, että nostoastiabetonointi on kallein työvaihe. Valmistelevat ja lopettavat työt ovat kustannuksiltaan lähellä toisiaan ollen jo huomattavasti edullisempia kuin nostoastiabetonointi. Ala- ja yläkupin osalta kustannus on pieni, koska niissä ei ole samaa toistuvuutta kerroksissa. Työn kokonaiskustannukset jäävät alhaisiksi, koska betonointi on ajallisesti lyhytkestoinen hissikuilun osalta. Suuremmissa valuissa betonoinnin kustannus kasvaa huomattavasti. Kun betonipintaa joudutaan hiehtämään, esimerkiksi laattavaluissa, kustannukset kasvavat merkittävästi työmenekin lisääntyä (kuva 20).

	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1									
2									
3		Betonointityö							
4		Työmenekki:(tth/m³)	KVM	RM	Nostotyö m³	tth(T4)	Krs/lkm.	€/työvaih	
5		Kasettimuotti:							
6		Valmistelevat työt		0,04	2,19	0,12	6	19,20	
7		Nostoastiabetonointi	0,34		0,15	2,19	0,98	6	163,22
8		Lopettavat työt		0,03	2,19	0,09	6	14,40	
9									
10		Alakupin antura:	0,3		1,875	0,74	1	20,55	
11		Alakuppi:	0,3		1,27	0,50	1	13,92	
12		Yläkuppi:	0,3		1,47	0,58	1	16,11	
13		Yhteensä	2,94	0,42	0,15			247,41	
14				3,36	1.krs.	2,35			
15					väl.krs.	1,19			
16		Smk	1,15		6.krs.	1,77			
17		TL3	1,15						
18		Talvihaitta	0,00 %						
19		tth,tod	8,87						
20		Kta(€/tth)	27,63						
21		Työntekijöiden lkm	3						
22		Työn kesto (tv)	0,37						
23		Työ kustannukset(€)	245,00						

KUVA 20. Kasettimuotin kustannus: betonointityön työkustannus. Kuva Janne Pylvänäinen

Betonin yksikköhinnan laskentaa varten on tehty ohjelmassa erikseen Lujabetonin hintataulukko niin kuin aikaisemmin mainittiin. Kasettimuotin kustannus-osiossa syötettiin kaikki tarvittavat tiedot betonin yksikköhintaa varten. Taulukko laskee automaattisesti betonikuutiot syötetyistä hissikuilun mitoista ja lukema päivittyy betonin yksikköhintataulukkoon. Yksikköhintataulukossa voidaan erikseen muuttaa hukkaprosenttia. Käytännössä hissikuilu valetaan muiden rakenteiden kanssa samanaikaisesti. Tämän takia kustannusten tarkka määrittäminen on vaikeampaa. Yksikköhinta taulukossa on huomioitu kaikki kerrokset hissikuilun osalta sekä ylä-, alakuppi sekä alakupin antura (kuva 21).

Betonin yksikköhinta				
Materiaali	Hukka %	m ³	€/m ³	Kustannus,tod
	10,00 %	19,53	145	2831,92
Kuljetus 1...(km)	kuormat	km	€/km/kuorma	
	4,00	1,1	49,8	219,12
Muut lisät	m ³	€/m ³		
	19,53	6,26		122,26
Odutus 1 jakso/kuorma	odotus.veloitus			
				0,00
			Yhteensä	1269,32 €
			€/m ³	64,99 €

KUVA 21. Kasettimuotin kustannus: betonin yksikköhinta. Kuva Janne Pylvänäinen

6.2 Kustannukset hissikuilun elementtirakentamisessa

Kustannusten määrittäminen on yksinkertaisempaa, jos hissikuilu rakennetaan elementtejä käyttäen. Elementtien osalta kustannukset jakautuvat työkustannuksiin ja itse elementin hankintaan. Elementtitarjoukseen kuuluu monesti rahti samaan hintaan, jolloin kustannuksiin vaikuttavia muuttujia on vähemmän. Elementti ei ole aina edes mahdollinen vaihtoehto. Kun tehtaalla on paljon tilauksia elementin toimitusajat voivat olla pitkiä, jopa kuukausia. Työkohteen aikataulun ollessa tiukka päädytään helpommin kasettimuottivaihtoehtoon. Elementtitehtaalla voi olla myös toimitusvaikeuksia vaikka elementtien pitäisi saapua työmaalle tietynä aikana. Tämä asia olisi hyvä sisällyttää riskivaruukseen. Paikallavalurakenteet vaativat toisaalta enemmän aikaisempaa kokemusta, joten työmiesten taidotkin voivat vaikuttaa työtavan valintaan. Ylä- ja alakuppi on myös mahdollista saada elementteinä. Ne on järkevää sisällyttää samaan tarjoukseen kuiluelementtien kanssa. Kun kaikki elementit hissikuilun tekoa varten tulevat tehtaalta, on yksittäinen kustannuserä suuri. Tämän vuoksi kilpailuttaminen on erityisen tärkeää, jotta loppukustannus olisi mahdollisimman pieni. Elementtiratkaisussa on käytetty laskelmassa As Oy Siilnipihan toteutuneita kustannuksia hissikuiluelementtien osalta.

Elementin työkustannukset on jaoteltu kuiluelementin asennukseen ja ala-, yläkupin asennukseen sekä juotoksien ja jälkiputsien tekemiseen. Taulukko on jaoteltu samantyyppiseksi

kuin aikaisemmin selostetut kasettimuotin kustannusten työkustannus-osiot. Taulukosta voidaan päätellä, että elementtien asennuksesta muodostuu suurin kustannus. Jälkiputsin laskennallinen kustannus on laskelmassa toiseksi suurin. Elementtiasennuksen nopeuteen vaikuttaa myös nosturikuljettajan kokemus. Kun työryhmä ja johto toimivat saumattomasti yhdessä paranee työteho huomattavasti ja kustannukset alenevat (kuva 22).

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3	Elementtikustannukset					
4	Työmenekki:(tth/kpl)	KVM	RM	tth(T4)	kpl	€/työvaihe
5	Alakupin antura			4,56		121,80
6	Alakuppielementti	1,6	0,2	2,38	1	63,50
7	Yläkuppielementti	1,6	0,2	2,38	1	63,50
8	Kuiluelementti	1,6	0,2	2,38	6	380,99
9	Juotos		0,31	0,41	6	65,62
10	Jälkiputsi		1	1,32	6	211,66
11	Yhteensä	12,8	9,46			695,40
12			22,26			
13						
14	Smk	1,2				
15	TL3	1,1				
16	tth,tod	30				
17	Kta(€/tth)	26,73				
18	Työryhmän koko	3				
19	Työn kesto(tv)	1,25				
20	Työkustannukset(€)	695,40				

KUVA 22. Elementtikustannus: elementtityökustannus. Kuva Janne Pylvänäinen

6.3 Yhteenveto

Seuraavaksi käydään vielä läpi laskentaohjelman tuloksia pääpiirteittäin. Kasettimuotin kustannus-osiossa työkustannuksia kertyi eniten muottityölle ja vähiten betonoinnille. Betonoinnin työkustannusosuus oli vain noin 10 % muottityön työkustannuksista. Vastaavasti rauditustyön kustannukset olivat noin 40 % muottityön työkustannuksista. Elementtityön työkustannukset jäivät alle 30 % verrattuna muottityön työkustannuksiin.

Materiaalikustannuksia kasettimuottityössä kertyi eniten betonille ja vähiten muottityölle. Muottityön materiaalikustannus oli noin 50 % betonin materiaalikustannuksista. Vastaavasti raudituksen materiaalikustannus oli päälle 80 % betonin materiaalikustannuksesta.

Laskentaohjelman viimeiseen osioon eli loppuvertailuun päivittyvät lopulliset hinnat aiemmista taulukoista. Loppuvertailu -taulukossa on eritelty yhteenlasketut työ-, materiaali-, rahti- ja vuokrakustannukset. Molempien tuotantotavat on eritelty samalla tavalla. Loppuvertailu-taulukko on tehty A4 kokoon ja se on helposti tulostettavissa. Taulukon yläosassa on tila työmaatiedoille (kuva 23).

Hissikuilun vertailulaskelma	
Työmaatiedot	
<i>Kohteen nimi:</i>	
<i>Rakennuspaikan osoite:</i>	
<i>Tilaaja:</i>	
<i>Tilaajan osoite:</i>	
<i>Urakoitsija:</i>	
<i>Työnumero:</i>	
<i>Aika:</i>	
<i>Paikka:</i>	

KUVA 23. Loppuvertailu: työmaatiedot. Kuva Janne Pylvänäinen

Kasettimuotin työkustannukset olivat noin 40 % kasettimuottiratkaisun kokonaiskustannuksista. Se on huomattavasti enemmän kuin elementtiratkaisun työkustannukset. Elementtiratkaisun työkustannukset olivat alle 20 % kasettimuottiratkaisun työkustannuksista (kuva 24; kuva 25).

Materiaalikustannukset olivat kasettimuottiratkaisussa noin 30 % kokonaiskustannuksista. Elementtiratkaisussa materiaalikustannukset olivat odotusten mukaisesti kohtuullisen suuret. Kasettimuotin materiaalikustannukset olivat noin 25 % elementtiratkaisun materiaalikustannuksista (kuva 24; kuva 25).

Kasettimuottiratkaisussa rahtikustannukset olivat vähäiset. Elementtiratkaisun osalta rahtikustannukset sisältyivät tarjoukseen, joten rahtia ei otettu huomioon (kuva 24; kuva 25).

Vuokrakustannuksia laskettiin työtason, muotin ja nostokaluston osalta. Vuokrakustannukset olivat noin 30 % kasettimuottiratkaisun kokonaishinnasta. Nostokaluston ja kasettimuotin vuokrakustannukset olivat hyvin lähellä toisiaan ja muodostivat merkittävän kustannuserän (kuva 24; kuva 25).

KUVA 24. Loppuverailu: kasettimuottiratkaisu. Kuva Janne Pylvänäinen
(Taulukkoa ei julkaista työn tilaajan pyynnöstä)

KUVA 25. Loppuverailu: elementtiratkaisu. Kuva Janne Pylvänäinen
(Taulukkoa ei julkaista työn tilaajan pyynnöstä)

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella hissikuilun tuotantotavan vaikutusta kustannuksiin. Työn tuloksena tehtiin Excel-ohjelma, jonka avulla työn tilaaja voi vertailla kustannuksia eri kohteissa. Kustannuksissa on paljon muuttujia ja sen takia laskelma kannattaa tehdä uudelleen jokaiseen kohteeseen. Tarkoituksena oli saada konkreettisia tuloksia paikallavalua ja elementtihissikuilun kustannuseroista. Yleisesti paikallavalua voidaan pitää halvempänä ratkaisuna. Tämä vaatii kuitenkin paikallavalutuntemusta työntekijätasolla. Työnjohdonkin pitää ottaa huomioon paikallavalussa enemmän osatekijöitä kuin elementtivaihtoehdossa. Paikallavalurakenteiden virheiden korjaaminen voi tulla selvästi kalliimmaksi kuin elementtivaihtoehto.

Hissikuilun kustannusten määrittely tarkasti on vaikeaa. Kustannukset määräytyvät paljon laajemmin kuin Ratu-menekit antavat ymmärtää. Lähtötietoihin kuuluu aina epävarmuutta ja se voidaan kyllä ottaa huomioon erillisessä riskivarauksessa. Riskivarausta mietitään yleensä hankekohtaisesti ja kokemuksen perusteella. Riskien tunnistaminen hankkeessa on tärkeää eri vaihtoehtoja mietittäessä. Työjärjestelyihin kuluu myös melko paljon aikaa. Työtä aloitettaessa joudutaan keskustelemaan työn suorituksesta ja katselemaan piirustuksia ja työohjeita. Mahdolliset katkokset työmailla vaativat johdolta ennakkointia ja varatyömaiden pitämistä työn etenemisen varmistamiseksi. Työnjohdolta menee aikaa myös työn etenemisen seurantaan.

Valvonta tuo omat haasteensa työn etenemiseen. Työ voidaan keskeyttää huonosta työntai materiaalin laadusta johtuen. Tämän vuoksi on hyvä käyttää hyväksi havaittuja materiaalien toimittajia ja työntekijöitä, jotta laatua voidaan helpommin ylläpitää hyväksyttävällä tasolla. Valvonta voi keskeyttää työt myös huonon työturvallisuuden tai suunnitteluvirheiden takia.

Konerikot sekä koneiden ja laitteiden huolto voivat aiheuttaa viivästyksiä tuotantoon. Hissikuiluasennuksissa esimerkiksi torninosturin hajoaminen voi aiheuttaa päivienkin viivästyksiä riippuen vuokrapaikan etäisyyksistä. Olosuhteet tuovat myös omat ongelmansa työn suorittamiseen. Sade, sumu, pakkanen, tuuli ja pimeys voivat aiheuttaa ylimääräisiä viivästyksiä ja työturvallisuusongelmia.

Kasettimuotin osalta kustannukset voivat muuttua paljonkin. Tähän vaikuttaa toimittajien maantieteelliset etäisyydet työkohteeseen. Materiaalien maailmanmarkkinahinnat vaikuttavat omalta osalta molempien vaihtoehtojen kustannuksiin. Talven tuomat olosuhteet vaikuttavat kustannusten nousuun myös oleellisesti. Tämän vuoksi tässä opinnäytetyössä on käsitelty myös talvirakentamista.

Hyvä kilpailuttaminen on tietenkin perinteisin kustannuksiin vaikuttava asia. Työmiesten ja työnjohdon kokemuksella on myös vaikutusta kustannuksiin. Työni aikana haastattelin työmiehiä hissikuilun tuotantotavasta. Heidän mielestään hissikuilu on pieni osa runkorakentamista. Hissikuilu on heidän mielestään nopea tehdä kasettimuoteista paikallavalunkin. Tilanteen muuttaa heidän mielestään hissikuilun sijainti. Hissikuilun ollessa ulkoseinällä kannattaa käyttää elementtejä hissikuilunkin osalla, koska se on nopeampaa ja turvallisempaa.

Jos elementti- ja paikallavalurakentamisen yhdistäminen työmaalla olisi mahdollista, olisi tällaisessa yhdistetyssä ratkaisussa monia etuja. Siinä elementti tehtäisiin paikallavaluna työmaalla ja nostettaisiin elementtinä kerrokseen. Muottiin voitaisiin lisätä nostotartunnat valun aikana ja tartunnoille olisi mahdollista määrittää tarvittava vetolujuus laskelmin. Betonin pitäisi myös saavuttaa tarvittava lujuus nostoa varten. Suurimmat hyödyt tässä ratkaisussa saavutettaisiin silloin, kun hissikuilu sijaitsee rakennuksen ulkoseinällä. Ulkoseinällä joudutaan tekemään telineitä enemmän ja telineiden varassa rakentaminen hidastaa työtä. Yksi vaihtoehto voisi olla rakentaa monta hissikuilumuottia kerralla ja valaa ne samalla kertaa maassa. Toisto vähentää aloittavien ja lopettavien työvaiheiden työmenekkiä. Hissikuilu voi olla myös tahdistava työvaihe ja silloin työmaalla valetut kuiluelementit olisivat aina valmiina paikalle asennettaviksi. Tällä tavalla muotit olisivat koko ajan käytössä ja vuokrauskustannukset vähenisivät. Kun kasettimuotit valettaisiin samalla kertaa, betoninlujuus nostoa varten ehtisi kehittyä ajoissa. Työmaalla valettujen elementtien varastointiin pitäisi olla tilaa, mikä olisi hyvä ottaa huomioon työmaa-alueen suunnittelussa. Nosturin olisi hyvä pystyä nostamaan elementit ilman nosturin siirtämistä, jolloin kustannukset eivät kasvaisi. Tässä tapauksessa rakentaminen olisi pääasiallisesti keskitetty yhteen kohtaan. Näin vähenisi myös muottien, raudoituksien ja betonin turha siirtely. Työmenekki vähenisi tuntuvasti näiden tuotantotapojen yhdistämisessä. Valukertojen organisointi voisi olla myös yksinkertaisempaa tässä yhdistetyssä ratkaisussa.

Työturvallisuutta on käsitelty työssä, koska se vaikuttaa kustannustehokkaaseen rakentamiseen. Työturvallisuus on myös laissa työnantajan velvollisuus ja työmaalla kaikilla on myötävaikutusvelvollisuus turvallisen työn tekemiseen. Työtapaturma on kallis työnantajalle, joten hissikuilun tuotantotapaa valitessa tulisikin ottaa huomioon työturvallisuus vaikka suoranaisia kustannuksia sille ei voida laskea. Työtapaturman sattuessa halvempi vaihtoehto voi muuttua kalliimmaksi. Esimerkkikohteessa oli valittu kalliimpi tuotantovaihtoehto eli elementtikuilu, mutta kustannusero oli vähäinen. Tästä voidaan päätellä, että kalliimpi vaihtoehto on perusteltu työturvallisuuden parantumisella.

Lähteiden etsiminen työtä varten oli haasteellista. Lähteet olivat omasta mielestäni luotettavia, mutta jouduin viittaamaan usein samaan lähteeseen, koska sopivia lähteitä oli saatavilla verraten niukasti. Hissikuilun tuotantotapojen vertailusta en löytänyt riittävästi tietoa.

Työssä oli kuitenkin mahdollista käyttää muiden rakenteiden paikallavalu- ja elementtiverailua. Käytännön tiedon soveltaminen teoriaan antaa mielestäni luotettavuutta työn tuloksiin. Opinnäyteyötä varten kävin myös työmaalla katsomassa paikallavalukohdetta, missä näin käytännössä hissikuilun rakentamista paikallavaluna. Samalla työmaalla haastattelin paikallavalutyöntekijöitä. Syvyyttä työhön toivat haastattelut työmailla. Haastatteluiden perusteella Ratu-menekit olivat liian suuria varsinkin, kun työporukka oli osaava. Työntekijät tekivät usein runkorakenteita urakkasuorituksina. Tämän johdosta työsuoritteet olivat hyvin organisoituja ja suoraviivaisia. Tekniikat ja apuvälineet ovat kehittyneet työporukan sisällä. Työporukka oli kehittänyt oman hissikuilumuottijärjestelmän nopeuttaakseen työvaiheita. Elementtivaihtoehdossa työ on yksinkertaisempaa eikä vaadi osaamista yhtä paljon kuin paikallavalu. Yleisesti ottaen elementtivaihtoehtoa voidaan pitää järkevänä, jos hissikuilu on rakennuksen ulkoseinälinjalla. Näin telinetyö jää vähäisemmäksi ja työturvallisuus on paremmalla tasolla.

LÄHTEET

- BETONITEOLLISUUS RY. Hissikuilut. [Viitattu 2012-2-10]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/hissikuilut>
- KOSKI, Hannu. 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- PALOLAHTI, Tuomas, KOSKENVESA, Anssi, LINDBERG, Rita, SAHLSTEDT, Satu ja MITTAVIIVA OY 2008. Muottityön turvallisuus. Forssa: Suomen Betonitieto Oy.
- PALOLAHTI, Tuomas, LAHTINEN, Matti, MÄKI, Tarja ja MITTAVIIVA OY 2010. Betoniele-
menttien nostot. Saarijärvi: Suomen Rakennusmedia Oy.
- HISSITYÖN JA SIIHEN LIITTYVÄN RAKENNUSTYÖN TURVALLISUUS. RATU S-1230. 2011. [online]. Helsinki: Rakennustieto Oy [viitattu 2012-02-08]. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia-amk.fi:2443/kortistot/tuotteet/107202.html.stx>
- KUILU- JA PORRASELEMENTTITYÖ. MENEKIT JA MENETELMÄT. RATU 25-0282. 2004. [online]. Helsinki: Rakennustieto Oy [viitattu 2012-02-24] Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia-amk.fi:2443/kortistot/ratu/fi/index/haku.html.stx?Kaikki=25-0282>
- TALVITYÖT JA –KUSTANNUKSET. SUUNNITTELUOHJE. RATU C8-0377. 2010. [online]. Helsinki: Rakennustieto Oy [viitattu 2012-02-20] Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia-amk.fi:2443/kortistot/ratu/fi/index/haku.html.stx?Kaikki=c8-0377>
- SEPPÄNEN, Matti. 2006. Kestävä kivitalo, arkkitehtuuri. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
- SUOMEN BETONIYHDISTYS RY. 2004. Betonitekniikan oppikirja by 201. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
- VIRTANEN, Jorma ja ROMU, Martti. 2006. Kestävä kivitalo, ympäristövaikutukset. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
- VUORINEN, Pekka. 2006. Kestävä kivitalo, betonointi. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
- YIT:N ELEMENTTIASENTAJA 2012-4-12. [Haastattelu]. Kuopio.
- YIT OY. 2012. [Viitattu 2012-04-03]. Saatavissa: <http://www.yit.fi>

LIITE 1: Ramirent (Ramirent Oy). Lupa kuvan käyttöön saatu

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	C
1															
2															
3															
4	Kotimaan lavametrinhinnasto 1.1.2012														
5	Hinnat €, alv 0 %														
6															
7	Lavametri	Alue 1	Alue 2	Alue 3	Alue 4	Alue 5	Alue 6	Alue 7	Alue 8	Alue 9					
8		0-60 km	60-120 km	120-180 km	180-260 km	260-310 km	310-430 km	430-550 km	550-800 km	800-1000 km					
9	1	110	166	179	207	235	276	386	483	676					
10	2	140	210	228	263	298	350	490	613	858					
11	3	170	247	268	309	350	412	577	721	1 009					
12	4	200	270	293	338	383	450	630	788	1 103					
13	5	230	294	319	368	417	490	686	858	1 201					
14	6	260	319	346	399	452	532	745	931	1 303					
15	7	290	335	363	419	474	558	781	977	1 367					
16	8	320	348	377	435	493	580	812	1 015	1 421					
17	9	350	372	403	465	527	620	868	1 085	1 519					
18	10	380	401	434	501	568	668	935	1 169	1 637					
19	11	396	432	468	540	612	720	1 008	1 260	1 764					
20	12	406	455	493	569	644	758	1 061	1 327	1 857					
21	13	416	478	517	597	677	796	1 114	1 393	1 950					
22	14	426	480	520	600	680	800	1 120	1 400	1 960					
23	15	436	499	541	624	707	832	1 165	1 456	2 038					
24	16	446	522	566	653	740	870	1 218	1 523	2 132					
25	17	456	540	585	675	765	900	1 280	1 575	2 205					
26	18	466	556	602	695	787	926	1 296	1 621	2 269					
27	19	476	574	621	717	813	956	1 338	1 673	2 342					
28	20	486	590	640	738	836	984	1 378	1 722	2 411					
29	21	505	606	657	758	859	1 010	1 414	1 768	2 475					
30															
31	Kotimaan lavametrinhinnasto (ksii lavametri tarkoitetaan metrin tilaa pituussuunnassa koko kuormattilan leveydeltä tilan kattoon asti.)														
32	Hinnat vapaasti autosta (ei sisällä lastausta ja purkua.)														
33	Hinnasto ei koske Pohjois-Lapin kuljetuksia (Hovanienmen Yläpuolella olevat alueet).														
34	Pohjois-Lapin kuljetukset hinnoitellaan tapauskohtaisesti.														

LIITE 2: Hissikulun vertailulaskelma

(Taulukkoa ei julkaista työn tilaajan pyynnöstä)