



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Maksim Abramenkov

Paikallavalettujen betonirakenteiden todelliset kustannukset korjaushank- keissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennetekniikka

Insinöörityö

03.02.2022

Tekijä Otsikko	Maksim Abramenkov Paikallavalettujen betonirakenteiden todelliset kustannukset korjaushankkeissa
Sivumäärä Aika	56 sivua + 1 liite 03.02.2022
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Lehtori Juha Virtanen Työmaapäällikkö Janne Hahko
<p>Tämän insinööryön tilaajana toimii rakennusliike SRV Rakennus Oy. Tarkoituksena oli selvittää todelliset kustannukset paikallavaletuista betonirakenteista SRV Rakennus Oy:n korjaushankkeissa ja luoda tämän perusteella kustannuspoikkeamien listaus ja niiden syyt.</p> <p>Työ kattaa itsessään eri aiheenalueita, joihin kuuluvat muun muassa betonirakenteiden paikallavalujen eri työvaiheet, kustannushallinta korjaushankkeissa, tutkimuskohteen monimuotoisuus ja kustannuspoikkeamien taulukko. Työ rajattiin niin, että kyseisiä aiheita tutkittiin yleisellä tasolla ja keskityttiin enemmän tutkimuskohteen paikallavalutöihin ja näiden toteutuneisiin kustannusmuutoksiin. Työn edetessä havaittiin monien muutosten olevan peräisin tarjousvaiheiden ja urakkaneuvotteluiden puutteellisista urakkarajoista, rakenteiden ja toteutusten suunnitelmamuutoksista sekä muista pienemmistä poikkeamista.</p> <p>Lopputuloksena oli luotu kustannuspoikkeamien yhteenveto, joka koostuu neljän urakan paikallavalettujen betonirakenteiden toteutuneista kustannusmuutoksista ja niiden syistä. Yhteenveto toimii kustannushallinnan aputyökaluna SRV:n tulevilla korjaushankkeilla ja nimenomaan paikallavalutöiden kustannusten laskennassa sekä mahdollisten kustannusriskien ennakoinnissa.</p> <p>Kaikki analysoitavat tiedot on saatu SRV:n käytössä olevista tiedostoista, RATU-kortistoista sekä muusta aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta. Mitään kustannuksiin liittyviä lukuarvoja työssä ei ole mainittu, vaan pohdintaan on käytetty kustannuksista laskettuja prosenttiyksiköitä.</p>	
Avainsanat	kustannushallinta, betonirakenne, korjaushanke, paikallavalu

Author Title	Maksim Abramenkov Actual Costs of Cast-in-Situ Concrete Structures in Repair Projects
Number of Pages Date	56 pages + 1 appendices 3 February 2022
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Structural Engineering
Instructors	Juha Virtanen, Senior Lecturer Janne Hahko, Site Manager
<p>The study was commissioned by SRV Rakennus Oy. The objective of this engineering thesis was to find the real costs of cast-in-situ concrete structures in SRV companies repair projects and create a cost comparison and a list of reasons and advice to improve the company's cost management.</p> <p>This thesis covers the following topics: different cast-in-situ concrete jobs and constructions in repair projects, cost management in repair projects, diversity of the research construction site and cost deviations of the cast-in-situ concrete structures. The thesis was limited so that these topics were studied only in general. The main part of the thesis focused on the concrete structure types and cost deviations of the studied construction site.</p> <p>As a result of the project, an overview chart of costs comparisons was created for the studied construction site. Additionally, the advice obtained from the interviewees was summarised.</p>	
Keywords	cast-in-situ concrete, cost management, repair project

Sisällys

Lyhenne- ja sanastoluettelo

1	Johdanto	1
1.1	Lyhyesti SRV Rakennus Oy:sta	1
1.2	Työn tausta	1
1.3	Työn rajaus	2
2	Kustannushallinta rakennushankkeessa	2
2.1	Rakennushankkeen vaiheet	3
2.2	Tuotantovaiheen kustannushallinta	7
2.2.1	Korjaushankkeen tuotantovaiheen kustannushallinta	9
3	Betonirakenteiden paikallavalu	11
3.1	Paikallavalutyön suunnitteluvaihe	12
3.2	Paikallavalutyön toteutusvaihe	14
3.2.1	Valmistelutyöt	15
3.2.2	Muottityöt	16
3.2.3	Varausten asennus	19
3.2.4	Raudoitus	20
3.2.5	Betonointi	22
3.2.6	Jälkityöt	26
4	Tutkimuskohde: Siltasaari 10 -hanke	27
4.1	Hankeen SRV:n haastateltavat	30
4.1.1	Betonityönjohtajan haastattelu	31
4.1.2	Projekti-insinöörin haastattelu	44
5	Kustannuspoikkeamien kokoaminen	52
5.1	Paikallavalutöiden kustannushallinnan riskit	52
5.2	Neuvot kustannusten riskienhallintaan	53
6	Yhteenveto	55
	Lähteet	56

Liitteet

Liite 1. Paikallavalutöiden kustannuspoikkeamien lisätyöt tutkimuskohteessa

Lyhenne- ja sanastoluettelo

brm ²	Bruttoala neliömetreinä. Bruttoala kuvaa koko rakennuksen laajuutta. Bruttoala lasketaan rakennuksen kaikkien kerrostasojen kerrostasalojen summana.
Entistäminen	Korjaushankkeen muoto. Entistäminen eli restaurointi pyrkii palauttamaan entisiä arvoja tai rakennustapoja eli säilyttämään tai palauttamaan esimerkiksi rakennuksen arkkitehtuuria.
Korjaushanke	Rakennushankkeen muoto. Hankkeen tavoitteena on yleensä uudistaminen, peruskorjaus, entistäminen, restaurointi, perusparannus, lisärakentaminen tai konservointi. Joissakin hankkeissa näitä menetelmiä yhdistetään.
LVIS	Lämpö-, vesi-, ilmanvaihto-, sähkötekniikka
m ³	Kuutiometrit. Tilavuuden mittayksikkö.
PJU	Projektinjohtourakoitsija. Rakennuttajan tilaama rakennusliike, joka toimii rakennushankkeessa pääurakoitsijana. Tässä insinööriyössä SRV Rakennus Oy.
Pv-työ	Paikallavalutyö
Resurssit	Työntekijämäärä, jolla tehtävä pitää/aiotaan suorittaa ajallaan.
Uudistaminen	Korjaushankkeen muoto. Uudistaminen modernisoi esim. tilajakoa, rakennusosia tai laitteistoja.
YSE 1998	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. Julkaistu vuonna 1998.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tilaajana toimii rakennusliike SRV Rakennus Oy. Tarkoituksena on selvittää todelliset kustannukset paikallavaletuista betonirakenteista SRV Rakennus Oy korjaushankkeissa ja käyttää tätä tietoa apuvälineenä yrityksen tulevissa korjaushankkeissa.

1.1 Lyhyesti SRV Rakennus Oy:sta

SRV Rakennus Oy on suomalainen yritys, joka yhdistyi vuonna 1987 viidestä rakennusliikkeestä yhdeksi suureksi konserniyhtiöksi. SRV Rakennus Oy on tytäryhtiönä osa suurempaa konserniyhtiötä SRV Yhtiöt Oy. SRV hoitaa projektijohtourakoitsijan töitä korjausrakennus-, uudisrakennus- ja muutoshankkeissa laajalla aliurakoitsijan verkostolla. Yrityksellä on laaja kokemus rakennusalan toteutuneista hankkeista, hyvin suunniteltu toimintamalli ja kova kiinnostus kehittää Suomen rakennusalaan toimimalla yhteistyössä muiden osapuolien kanssa. Vuonna 2020 yhtiön liikevaihto oli 975,5 miljoonaa euroa.

1.2 Työn tausta

Jo nyt korjausrakentamisen tarve Suomessa on tosi korkealla ja se tulee kasvamaan lisää tulevina vuosina. Syy tähän on Suomen rakennuskannan nuoruus. Suurin osa esikaupungeista on rakennettu vuosina 1960–1970. Tavallisesti asuinrakennuksen korjausrakentaminen tapahtuu 40–50 vuoden kuluttua rakennushankkeen valmistumisesta. [1, s. 7] Tästä syystä onkin viisasta kehittää ja parantaa korjausrakentamisen toteuttamista kaikista näkökulmista.

Rakennushankkeen kustannushallinta on usein rakennusalan hankalimmassa työtehtävien joukossa. Hankkeen alusta asti kustannuksia ennakoidaan ja vertaillaan rakennusalan työvoiman sekä materiaalien hintoihin. Vielä monimutkaisemmaksi tilanne muuttuu, kun kyseessä on korjaushanke, joka on muodoltaan vaikeasti ennakoitava sen erilaisista satunnaisista muutoksista johtuen. Näin ollen syntyvien, uusien budjettikynnyksen yli-

menevien kustannusten valvominen on jatkuva paneutuminen ongelmiin ja niiden ratkaisemiseen. Kyseinen työtehtävä on erittäin vaativa ja tästä syystä myös aikaa vievä. Näistä ja muista syistä SRV:n korjaushankkeiden paikallavaluotoista syntyvät kustannukset ovat usein ylittäneet niille asetetun budjettikynnyksen. Tässä insinööriyössä selvitetään syyt tälle ongelmalle.

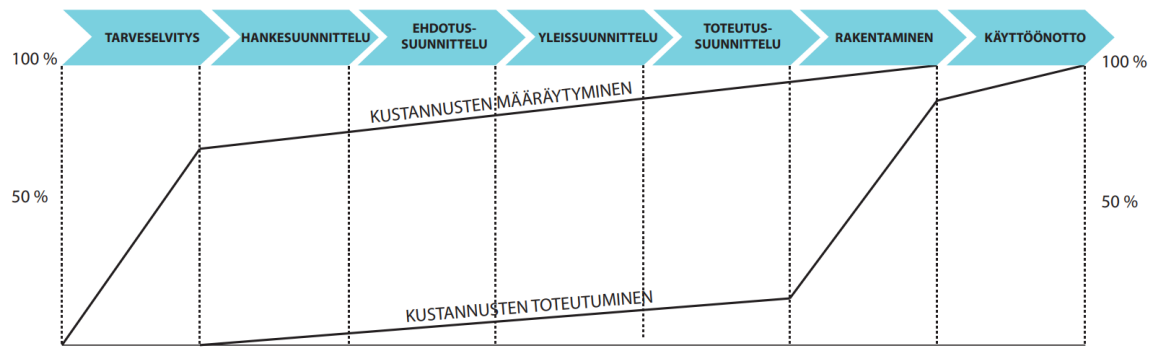
1.3 Työn rajaus

Vaikka työ kattaa itsessään monia aiheenalueita, tarkoituksena on ollut keskittyä yhteen hankkeeseen ja sieltä saatuja tietoja analysoida sekä tehdä tämän perusteella kustannusmuutosten vertailutaulukot. Jokaisessa aihepiirissä pyrittiin saada esille kustannushallinnan sekä korjaushankkeiden monimuotoisuutta, jolloin lukijalle syntyisi ymmärrys eri näkökulmasta. Lisäksi monet asiat on tutkittu projektinjohtourakan näkökulmasta, sillä tutkimuskohde toteutettiin kyseisellä urakkamuodolla ja tämä rajaa työtä toivotulla tavalla. Lyhenne PJU viittaa projektinjohtourakoitsijaan.

2 Kustannushallinta rakennushankkeessa

Jokaisella rakennushankkeella on eri tavoitteita, jotka voivat liittyä turvallisuuteen, aikatauluun, terveellisyteen, laatuun, käytettävyyteen ja nykypäivänä myös laajasti ympäristönsuojeluun. Kaikkiin näihin asioihin tulee kustannusvaikutusta jossain rakennushankkeen vaiheessa. Tätä vaikutusta tulee ohjata ja valvoa sekä ennakoida kustannushallinnan menetelmillä.

Rakennushankkeen kustannusvaikutukset alkavat syntyä hankkeen alusta asti. Hankkeen kustannuksiin on määritettävä aina jokin tavoite eli kustannustavoite. Siihen vaikuttavat monet asiat eri hankkeen vaiheessa. Päävaikutukset tulevat rakennusajankohdasta, rakentamisen suhdanteesta, rakenne- ja tuotantoteknisistä ratkaisuista sekä markkinatilanteesta, joista viimeisin vaikuttaa jatkuvasti materiaali- ja työhintoihin. Lisäksi rakennuksen perustusolosuhteet, muoto, sijoittelu tontille, varustelu- ja viimeistelytaso vaikuttavat myös hankkeen kokonaiskustannuksiin. [2, s. 12.]



Kuva 1. Kustannusten määräytyminen ja toteutuminen hankkeen eri vaiheen aikana

Rakennushankkeessa kustannusohjauksen tehtävänä on estää sellaisten päätösten ja valintojen toteutuminen, jotka aiheuttavat tarpeettomia ja kohtuuttomia kustannuksia sekä uudisrakentamisessa, että korjausrakentamisessakin. [3, s. 8.]

2.1 Rakennushankkeen vaiheet

Rakennushanke koostuu monesta eri tehtäväkokonaisuudesta eli vaiheesta. Jokaisen vaiheen aikana rakennuttaja eli rakennushankkeeseen ryhtyvä saattaa hankkeen kohti käyttöönottoa. Alla käydään tarkemmin läpi eri vaiheiden tehtävät ja yksityiskohdat. [3, s. 6; 2, s. 9.]

Tarveselvitys

Tarveselvityksessä selvitetään hankkeen tarpeellisuus sekä tutkitaan eri toteutusvaihtoehtot ja kuvataan kaikki hankeosat tai tilat sekä ennakoidaan eri ratkaisujen edullisuutta. Tässä vaiheessa tehdään alustavia kustannusarvioita ja luodaan hankepääätös.

Hankesuunnittelu

Hankepääätöksen jälkeen alkaa hankesuunnitteluvaihe, jonka tarkoituksena on selvittää yksityiskohtaisesti hankkeen sisältö ja sen toteutustapa. Lisäksi arvioidaan hankkeen kustannuksia ja kartoitetaan hankkeen budjetti. On tärkeää, että kustannustiedot ovat peräisin luotettavista lähteistä. Kustannushallinnan tavoitteet muun muassa ovat hankkeen kustannus-, laatu- ja laajuustavoitteiden määrittäminen, minkä vuoksi kyseinen vaihe on

rakennushankkeen kannalta hyvin keskeinen. Tässä vaiheessa tehdään investointipäätös.

Rakennussuunnittelu

Tässä vaiheessa hankkeelle kehitetään hankesuunnitelman pohjalta lopputuotteen kaikki suunnitelmat. Rakennussuunnitteluvaihe voidaan jakaa seuraaviin tarkempiin ryhmiin, jotka etenevät vaihe vaiheelta:

1. Suunnittelun valmistelu (vaihe ennen virallista suunnittelua)

- Suunnittelun organisointi, joiissa pidetään mahdolliset suunnittelukilpailut, neuvottelut sekä valitaan suunnittelijat ja tehdään sopimukset. Aiemmin tehdyt päätökset asettavat hankkeelle reunaehdot sekä tavoitteet. Tässä vaiheessa luodaan suunnittelupäätös.

2. Ehdotussuunnittelu

- Etsitään ja valitaan tavoitteita vastaavan suunnitteluratkaisun. Ehdotussuunnitelma on luotu tässä vaiheessa.

3. Yleissuunnittelu

- Suunnitellaan ja hyväksytään kaikki pääpiirustukset sekä toteutuskelpoinen yleissuunnitelma, johon kuuluu muun muassa rakennuksen muoto, kerrosmäärä ja toimintojen sijoittaminen rakennukseen.

4. Rakennuslupatehtävät

- Haetaan rakennuslupaa rakennusvalvonnalta ja varmistetaan pääpiirustusten hyväksyttävyyys

5. Toteutussuunnittelu

- Rakennusluvan saamisen jälkeen alkaa rakennussuunnitelmien viimeistely ja niitä tarkennetaan viimeistään tässä vaiheessa.

Päätarkoitus suunnitteluvaiheessa on se, että hankkeelle luodaan kaikki tarvittavat suunnitteluratkaisut tavoitteiden täyttämiseksi. Rakennussuunnittelu päättyy rakentamispäätökseen, jonka jälkeen tehdään urakkasopimukset.

Rakentamisvaihe

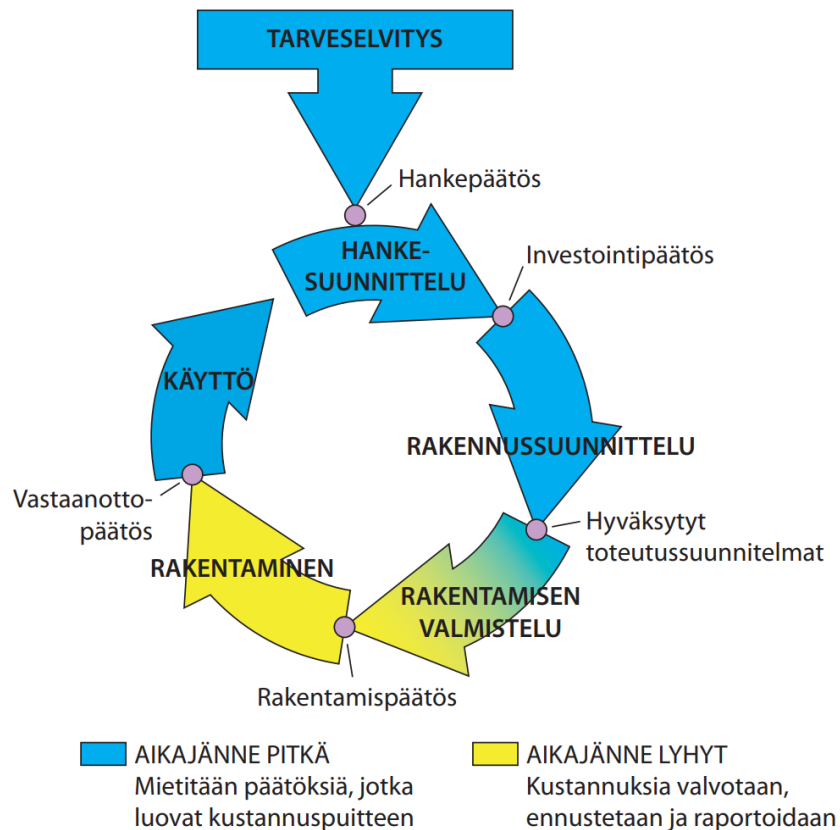
Rakentamisvaihe käsittää varsinaisen rakentamisen. Ennen varsinaista rakentamisen aloitusta laaditaan rakentamisen organisointi, kilpailutetaan rakentamistehtävät, solmitaan urakka- ja hankintasopimukset. Päätoteuttaja laatii hankkeen tavoitearvion, jonka tarkoituksen on ohjata rakentamisen työ, materiaali- ja kalustokustannuksia. Rakentamisen aikana tehdään tuotannosuunnittelua, valvontaa ja ohjausta. Lisäksi ongelmien korjausta ja tuotanto- sekä kustannusohjausta varten pidetään erilaisia kokouksia ja palavereja eri osapuolten välillä. Rakennusvaiheen lopussa pidetään loppukatselmus viranomaisten toimesta sekä vastaanottotarkastus rakennuttajan toimesta, jonka jälkeen saadaan vastaanottopäätös ja rakennus on virallisesti valmis käyttöönottoa varten.

Käyttöönotto

Luovutusvaiheen aikana, juuri ennen käyttöönottoa, tilaaja tai käyttäjä perehdytetään rakennuksen käyttöön. Tilaajalle tai rakennuttajalle luovutetaan rakennusta koskevat käyttö- ja huolto-ohjeet sekä ajantasaiset piirustukset ja muut sopimuksissa määritellyt asiakirjat. Rakentaja vastaa takuuajana havaittujen puutteiden ja rakennusvirheiden korjaamisesta. Rakennuksen käyttöönoton jälkeen alkaa käyttövaihe, jonka aikana rakennusta ylläpidetään eli tehdään kunnossapito- ja huoltotöitä.

Taulukko 1. Kustannushallinnan tavoite hankkeen eri vaiheissa

Hankkeen vaiheet	Tavoite
Hankesuunnittelu	Hankkeen kustannus-, laatu- ja laajustavoitteiden määrittäminen
RAKENNESUUNNITTELU	
Ehdotusvaihe	Tavoitteita vastaavan suunnitteluratkaisun etsintä ja valinta, kustannustavoitteessa pysymisen tarkistus
Luonnosvaihe ja toteutussuunnitelmien valmisteluvaihe	Tavoitteita vastaavan suunnitteluratkaisun etsintä ja valinta, kustannustavoitteessa pysymisen tarkistus
Rakentamisen valmistelu	Omaksutannus- tai tarjoushinnan määrittäminen, hankkeen kustannustavoitteessa pysymisen testaus
RAKENTAMINEN	
Toteutusvaihe	Rakennustyön ohjaus kustannus, laatu- ja laajustavoitteisiin. Muutostöiden kustannusten määrittäminen.
Hankkeen loppuselvitys	Jälkilaskelman laatiminen ja loppuanalyysi



Kuva 2. Rakennushankkeen vaiheiden tuloksena syntyy päätöksiä, jotka tuottavat hankkeen kustannuspuitteen ja ohjaavat siinä pysymistä.

2.2 Tuotantovaiheen kustannushallinta

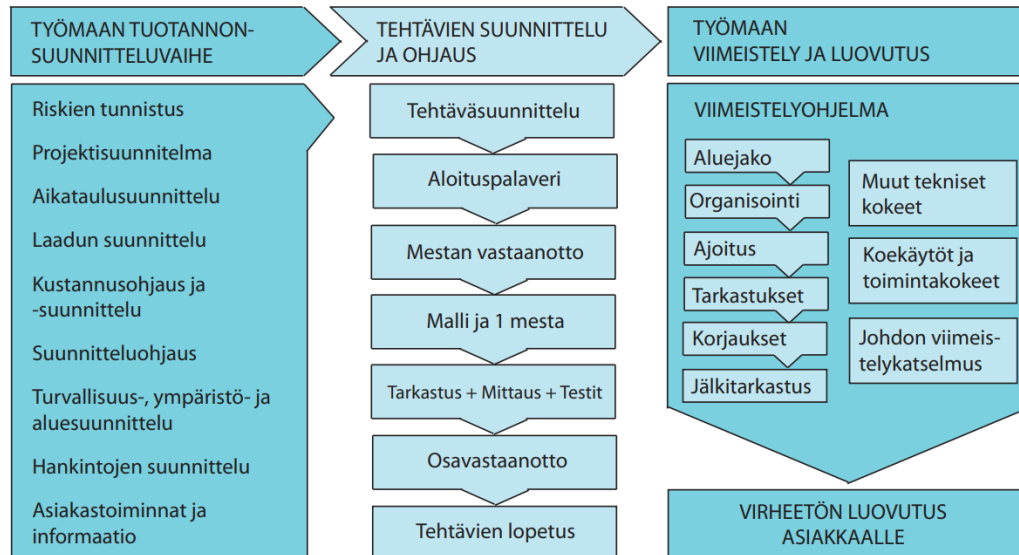
Rakennushankkeen tuotannosuunnittelun ja -ohjauksen tavoitteena on varmistaa tuotannon laatu. Laadukas tuotanto tarkoittaa lopputuotteen laatuvaatimusten täyttymisen lisäksi myös kustannus- ja aikataulutavoitteen saavuttamista, sujuvaa yhteistyötä eri osapuolien välillä, ohjattua hyvän rakennustavan mukaista toteutusta sekä työ- ja ympäristöturvallisuutta.

Rakennustyömaan kustannushallinnan tavoitteena on toteuttaa hanke asetetun tavoitteen eli tavoitearvion mukaisena. Kustannusvalvonta voidaan jakaa kolmeen ryhmään: ennakkovalvontaan sopimuksen teon yhteydessä, työnaikaiseen kustannuspoikkeamien valvontaan ja loppukustannusten ennustamiseen. Kustannusten ennakkovalvonnalla tarkoitetaan tehtävien ja hankintojen tarkempaa suunnittelua. Tuotantovaiheen eli rakentamisen aikaista kustannushallintaa toteutetaan seuraavilla vaiheilla:

- asetetaan tavoitearvio
- suunnitellaan yksittäiset hankinnat ja tehtävät
- valvotaan, kuinka hanke etenee
- ennustetaan, kuinka hanke tulee menemään
- ohjataan hanketta tavoitteen mukaiseksi, huomioiden lisä- ja muutostöitä
- hankkeen päätyttyä tehdään taloudellinen loppuselvytys ja jälkilaskenta.

Kustannusarvion pohjalta laaditaan tavoitearvio, jonka tarkoituksena on ohjata rakennushankkeen toteutus kustannustavoitteeseen. Tavoitearviossa kustannusarvion euromäärät jaetaan hankintakokonaisuuksille ja tehtäville niin, että jokaisella niistä on kustannustavoite. Tavoitearvion muodostaminen edellyttää kustannustietojen tarkastamista ja kustannusarvonimikkeiden ryhmittelyä, mikä tarkoittaa kohteen ositteluun niin sanottuiksi seurantalitteroiksi. Tavoitearviota tarvitaan, jotta rakennushankkeen toteuttami-

selle saadaan konkreettiset kustannustavoitteet. Tavoitearvio laaditaan ennen rakentamisen aloitusta ja silloin, kun työmaan yleissuunnittelu on tehty. Tavoitearvion laadinnan ja toteutuman kirjaamisen periaatteet tulee olla selkeät ja ne tulee käydä aina työmaakohtaisesti läpi. [2, s. 80.]



Kuva 3. Esimerkki rakennustyömaan tuotannosuunnittelusta ja ohjauksesta

Kustannushallinnan suunnitelmien valvonnan lisäksi on myös huomioitava yhtä paljon muitakin tuotannosuunnitelmia ja käytettävä niiden ohjaamiseen yhtä paljon aikaa kuin kustannushallintaan. Tavoitteena on, että kaikkia suunnitelmia valvotaan säännöllisesti. Keskeiset havainnot kirjataan suunnitelmiin tai muihin asiakirjoihin, kuten pöytäkirjoihin. Mahdolliset poikkeamat käsitellään yhteisissä kokouksissa ja poikkeamista huomautetaan sekä tarvittaessa reklamoidaan asianomaisia osapuolia.

Tärkeänä työmaatoteutuksen ohjauksen välineenä toimii tehtäväsuunnitelma. Tehtäväsuunnittelulla tarkennetaan karkeamman tason tuotantosunnitelmat sille tarkkuustasolle, että työmaan johdolle saadaan konkreettiset välineet tuotannon johtamiseen ja ohjaukseen. Tehtäväsuunnitelmassa kuvataan muun muassa tehtävän sisältö, edellytykset, aikataulu, laatuvaatimukset, kustannukset, riskit ja laadunvarmistus. Tehtäväsuunnittelu on periaatteessa kustannusten ennakkovalvontaa. Ennakkovalvonta tarkoittaa yksittäisten hankintojen ja tehtävien suunnittelua niin, että niille asetetut tavoitteet saavutetaan. Riittävän ajoissa aloitetulla tehtäväsuunnittelulla varmistetaan, että sopimukseen

saadaan kirjattua tehtävän tavoitteet selkeästi, jolloin ne ovat myös mitattavissa ja ohjattavissa. Valitun aliurakoitsijan tulisi osallistua tehtäväsuunnitelman tarkentamiseen aktiivisesti esimerkiksi antamalla tuotantonopeustietoja suunnittelun lähtötiedoiksi. Tehtäväsuunnittelussa lasketun tehtävän työkustannusten summaa voidaan myös käyttää urakkatarjousten vertailussa. Tarkistetun kustannustavoitteen avulla arvioidaan, onko saatu tarjous kohtuullinen. [2, s. 82.]

Toteutuksen aikaisessa kustannusvalvonnassa seurataan työmaan toteutuneita kustannustietoja ja verrataan niitä tavoitteeseen sekä reagoidaan poikkeamiin ja kustannusylijätkisiin. Toteutuksen kustannusvalvontaa tehdään tehtävä- ja hankintakohtaisesti. Tehtävä- ja hankintakohtaiset tiedot kootaan yhteen ja sen avulla ennustetaan koko hankkeen kustannustavoitteen toteutumista. Näillä toimenpiteillä pyritään varmistamaan, että työmaa toteutuu sille asetetun kustannustavoitteen mukaisesti. [2, s. 83.]

Rakentamisen kustannushallinnan osalta hankkeen talouden hallinta päättyy osapuolten väliseen taloudelliseen loppuselvitykseen, missä sovitaan tilisuhteista ja osapuolten vastuista toisilleen. Lopputilityksiin mahdollisesti liittyvien, mutta vielä hinnoittelemattomien vastuiden ja suoritusten osalta urakoitsija esittää tilaajalle lopputilityksensä, johon tilaaja määräajassa laatii vastaavan oman lopputilityksen. Tämän jälkeen alkaa jälkilaskenta, jonka tarkoituksena on selvittää hankkeen taloudellinen tulos sekä tuottaa viitetietoja, joita voidaan käyttää aputyökaluina tulevien hankkeiden kustannuslaskennassa ja tuotannonsuunnittelussa.

2.2.1 Korjaushankkeen tuotantovaiheen kustannushallinta

Rakennushankkeen korjaustyöt eli korjausrakentaminen on olemassa olevan rakennuskannan jatkuvaa korjaus- ja parannustoimintaa. Sen tavoitteena on turvata rakennusten käyttökelpoisuus sekä säilyttää niiden arvon ja historian. Verrattuna uudisrakentamiseen, korjaushankkeet eivät aina etene suunnitelmien mukaisesti. Tyypillistä on, että jo rakentamisvaiheen aikana joudutaan tekemään suunnitelmamuutoksia, mistä aiheutuu myös kustannus – ja aikataulumuutoksia. Tämä lisäksi purku-, korjaus- ja uusimiskustannuksiin vaikuttavat muun muassa korjauskohteen laajuus, rakenteiden suhteellinen määrä koko kohteeseen nähden, kohteen olosuhteiden vaikeus ja sijaintipaikkakunta. Näitä asioita tulisi huomioida urakoitsijan, joka lähettää tarjouksen tilaajalle. [4, s. 6.]

Vaikka korjaushanke kulkeekin samoilla periaatteilla kuin uudishanke, korjaushankkeella on omia haasteita. Verrattuna uudishankkeeseen, jossa aikataulu ja kustannukset usein pysyvät niille suunnitetuissa rajoissa, korjaushankkeen kustannusten sekä aikataulun arviointi muuttuu hankalaksi tehtäväksi. Korjauskohteissa työ on tyypillisesti hitaampaa eikä siinä päästä samoihin työsaavutuksiin kuin uudiskohteissa. Tämä johtuu työn pirstaleisuudesta, alustojen vaihtelevuudesta, rakenteiden huonosta mittatarkkuudesta yms. Työssä on vähemmän toistettavuutta. Työtä ja siirtoja joudutaan usein tekemään ahtaissa tiloissa. Korjauskohteen ollessa kaupungissa tai tiiviisti rakennetulla alueella logistiikan hoitaminen tuo usein lisäkustannuksia. Viereiseltä tontilta voidaan joutua vuokraamaan tilaa nosturille ja toimitukset ajoittamaan ruuhkattomaan aikaan. Hankalimmissa tapauksissa työmaalla joudutaan hoitamaan nostot erikoisvälineillä.

Korjaushankkeessa on tavanomaista, kun alkuperäisistä suunnitelmista joudutaan poiketa. Tällöin pääurakoitsijan hankintavaiheessa saattaa syntyä tilanteita, jolloin urakkarajat voivat olla epäselviä ja tämän takia aiheuttavat lisätöitä ja nostavat kustannuksia. Lisätyö on YSE 1998:n mukaan urakoitsijan suoritus, joka urakkasopimuksen mukaan ei alun perin kuulu hänen suoritusvelvollisuuteensa. Myös selkeät urakan laajennukset ovat lisätyötä.

Täytyy olla kokemusta ja ennakointikykyä korjaushankkeen kustannushallinnassa. Kyseessä on vaativa ja välillä vaikeasti ennakoitava työtehtävä riskienhallinnan kannalta. Tästä syystä onkin tärkeätä olla koko ajan tiedossa kaikista muutoksista ja pitää hyvää viestintää niin kuin omaan työmaajohtoon, mutta myös muihin osapuoliin. [2, s. 34.]

3 Betonirakenteiden paikallavalu

Betonirakenteiden paikallavalu eli paikallavalurakentaminen on työmaalla toteuttava työvaihe, jossa suunniteltu betonirunko, betonirungon osa tai muu betonirakenne valetaan betonimassalla ennakkoon rakennettuun muottiin joko raudoituksineen tai ilman niitä. Kyseinen työvaihe muodostuu muotti-, raudoitus- ja betonitöistä sekä mahdollisista LVIS-asennuksista. [5, s. 10.]

Betoni on ihmisen luoma keinotekoinen kivi. Betonissa oleva sementtiliima, joka koostuu sementistä ja vedestä, liimaa runkoaineet yhteen. Runkoaineena käytetään yleensä erikokoista kiviainesta, jota on saatu murskatusta kalliosta tai luonnon soraesiintymisistä. Paremman runkoaineen saa, kun betonissa on monia eri raekokoisia runkoaineita –hie-noista suurimpiin mahdollisiin. Tällöin sementtiä, joka on betonin kallein osa-aine, voidaan käyttää vähemmän. Näiden aineiden ohella betonin valmistuksessa käytetään useasti myös lisä- ja seosaineita, joilla saadaan muokattua valmiin betonin ominaisuuksia eri tarpeisiin. [6, s. 18.]

Haasteelliset rakennuskohteet, monimuotoiset yksilölliset suunnitelmat ja muut tavanomaisista tilanteista eroavat seikat tekevät paikallavalurakentamisesta ennestään tehokkaamman ja ainutlaatuisemman työvaiheen. Pv-työtä suoritetaan monissa eri kohteissa, joissa on liian vähän työtilaa, tarvetta ajansäästölle tai erikoisille arkkitehtonisille rakennatkaisuille. Nämä voivat olla liikenneväylien sekä muiden infrastruktuurialan rakennelmia, asuin- ja palvelurakennuksia sekä toimisto- ja liikerakennuksia. [5, s. 9.]

Etenkin korjaushankkeissa pv-rakentaminen on erittäin hyödyllinen rakennustapa. Hanketyypeissä, joissa elementtirakentaminen on haasteellista tai jopa mahdotonta, valitaan usein tilalle paikallavalurakentaminen. Korjaushankkeiden toteutusvaihe on tavanomaisesti herkästi muuttuvaa yllättävien tilanteiden ansiosta. Tästäkin syystä paikallavalurakentamista voidaan pitää taipuisana menetelmänä.

Niin kuin kaikilla muillakin rakentamistavoilla, on myös paikallavalurakentamisella omat haasteensa. Nämä johtuvat pitkälti betonin ominaisuuksista, mutta vaikutusta on myös itse betonoinnilla. Alla on lueteltu tärkeimmät ominaisuudet, joita on otettava huomioon betonitöiden suunnittelussa:

1. Betonintiiveys on suuri, keskimäärin noin 2400 kg/m^3 , mikä johtaa sen huonoon työstettävyyteen ja tämän lisäksi hankaloittaa vaaka- sekä pystysiirtoja työmaalla.
2. Paikallavaletun betonimassalla on pitkä kuivumisaika, keskimäärin noin viikko/cm betonia 4 cm:iin asti ja 2 viikkoa/lisä-cm yli 4 cm menevällä paksuudella. Jos betonin paksuus on yli 6 cm, kuivumisaika on 4 viikkoa/jokainen lisä-cm. Näin esimerkiksi 8 cm paksulle betonille on annettava kuivua vähintään 16 viikkoa. [7.]
3. Betonin puristuslujuus on hyvä, taas kuin vetolujuus on vain 1/10 puristuslujuudesta. Tästä syystä betoniin lisätään raudoitustankoja, jotka ottavat rakenteen vetorasituksen vastaan. Tämä täytyy ottaa huomioon raudoitusvaiheessa, mikä lisää ajankäyttöä kyseiseen työvaiheeseen.

Vaikka betonilla on haastavia ominaisuuksia, rakennushankkeen ja erityisesti korjauksen suunnittelu- ja tuotantovaiheen aikana tapahtuvien muutoksien ansiosta betoni rakennusmateriaalina ja paikallavalurakentaminen ovat ehdottomasti yksi käytetyimmistä rakennusmenetelmistä. Tämä koskee sekä yksittäisiä rakenteita, että koko rakennustakin. [5, s. 9.]

3.1 Paikallavalutyön suunnitteluvaihe

Onnistuneen rakennushankkeen toteutukseen kuuluu aina sen tarkka suunnittelu. Tähän vaikuttaa suunnitteluvaiheessa luodut piirustukset ja annetut ohjeet sekä etukäteen luodut työmaan tuotantosuunnitelmat. Hyvin tärkeä asiakirja paikallavalutyön suunnittelussa on betonitöiden yleissuunnitelma tai betonityösuunnitelma.

Betonityösuunnitelmassa kuvataan rakennuskohteen eri betonitöitä. Työmaan betonityöjohtaja laatii suunnitelman rakennesuunnittelijan, betonitoimittajan ja muiden tarpeellisten työvaiheeseen liittyvien osapuolien kanssa. Tällä tavalla otetaan huomioon myös toteutuksen näkökohdat ja muut mahdolliset erikoismenetelmät. Betonityösuunni-

telman lähtöaineistona on joukko urakka-asiakirjoja ja muita dokumentteja, jotka suunnittelun alussa tulee käydä läpi. Betonityösuunnitelma sisältää itsessään vähintään seuraavia asioita:

- Kohteen yleiskuvaus
- Betonirakenteet ja niiden laatuvaatimukset
- Rakennussuunnittelijan toteutussuunnitelmat
- Tuotantotekniset suunnitelmat
- Betonointisuunnitelma
- Laadunvarmistusmenetelmät
- Taloudelliset laskelmat
- Työturvallisuussuunnitelma
- Talvityösuunnitelma
- Varautuminen häiriöihin. [8, s. 220; 9.]

Hankkeesta riippuen kaikkia aiheita suunnitellaan yksityiskohtaisesti. Kun kyseessä on suuri paikallavalukohde, uudisrakennus tai muuten työmaa, jossa on ulkona valettavia rakenteita, täytyy huomioida kaikkien suunnitelmien lisäksi myös talvibetonoinnin osuuden. Taas kuin pienemmässä paikallavalukohteissa, esimerkiksi korjaushankkeessa tämä ei ole välttämätöntä, jos betonitöitä ei tehdä lämpötilan olevan alle +5 °C. [6, s. 342.]

Paikallavalutöiden tärkeänä suunnittelun osana on myös hyvin perehtynyt betonityönjohtaja tai muu työnjohtaja, joka vastaa betonitöiden työprosessista. Tämän lisäksi hänen on oltava työpaikalla betonoinnin aikana, jotta mahdollisten virheiden teko tai ongelmien

syntyminen olisi minimoitu. Tämän työnjohtajan velvollisuus on tutustua rakennushankkeen tuotantoteknisiin suunnitelmiin ja luoda tämän perusteella betonointipöytäkirjan jokaista paikallavalettavaa kohdetta varten. Betonointipöytäkirja on osa betonityösuunnitelmaa. Kyseistä pöytäkirjaa käytetään tarkistuslistaomaisesti betonityön eri vaiheissa, jolloin voidaan vaikuttaa jokaisen vaiheeseen, jotta laatu, kustannus- ja aikatauluhallinta pysyisi tehokkaana työvaiheen läpi. [6, s. 210.]

Kokonaisuutena paikallavalutyö muodostuu pitkästä ja monimutkaisesta prosessiketjusta. Tähän liittyy oleellisesti laajoja aineellisia sekä henkisiä resursseja ja ainoastaan niiden tarkka yhteensovittaminen koko työn kuluessa takaa laadullisesti sekä taloudellisesti hyvän lopputuloksen. Tämän kannalta huolellisella työn ennakkosuunnittelulla on myös ratkaiseva merkitys. [10, s. 174.]

3.2 Paikallavalutyön toteutusvaihe

Etukäteen suunniteltu toteutettava yksittäinen paikallavalu työmaalla koostuu seuraavista työvaiheista: valmistelutyöt, muottityö, raudoitus, mahdollisten varausten asennus, betonointi sekä jälkityöt. Näiden vaiheiden tarkka suunnittelu ja huolellinen toteutus on tärkeää laatu- sekä kustannushallinnan näkökulmasta.

Tämän opinnäytetyön tutkimuskohteena olevan hankkeen päätoteuttajan sopimusmuodoksi on valittu projektinjohtourakoitsija eli kaikki hankkeen työvaiheet toteutettiin aliurakoitsijoilla, joiden kanssa ennen töiden aloitusta tehtiin aliurakkasopimus. Ennen varsinaisten pv-töiden aloittamista, osapuolet, joita ovat muun muassa PJU:n edustajat, pv-töiden aliurakoitsija ja muut tahot tilanteesta riippuen, pitävät työmaalla aloituspalaverin aliurakkasopimuksen allekirjoitusten jälkeen. Tämän palaverin tarkoitus on täydentää muun muassa urakkaneuvottelussa käytyjä yksityiskohtia vielä tarkemmin. Seuraavaksi kerrotaan tarkemmin itse paikallavaluprosessista.

3.2.1 Valmistelutyöt

Ennen muita paikallavalun prosessin työvaiheita, mutta kuitenkin pidetyn aloituspalaverin jälkeen, on suoritettava kyseessä olevan pv-työn valmistelutöitä. Näihin töihin voivat liittyä muun muassa seuraavia asioita:

- Mestän vastaanotto suoritettu
 - Tulevan paikallavalupaikan tarkastus ja aliurakoitsijan mestän vastaanotto hyväksytysti. Paikan vastaanotto riippuu sovituista urakan sopimusehtojen mukaisesti. Tähän kuuluu yleensä vähintään työpaikan olosuhteiden varmistaminen: työalueen esteettömyys, logistiikan toiminnan varmistaminen sekä tarvittavien mitoitusten varmistaminen. Työkohde on oltava rauhoitettu paikallavalutyölle, tarvittaessa alue on eristettävä muusta työmaa-alueesta. [11, s. 33.]

- Pääurakoitsijan ja aliurakoitsijan omat valmistelut
 - Pääurakoitsijan tulee varmistaa paikallavalutyön toteutus- ja tuotantosuunnitelmien valmius. Kaikki mahdolliset muottisuunnitelmat ja raudoituspiirustukset pitäisivät olla kunnossa sekä toimitettuna aliurakoitsijalle ennen töiden aloitusta. Jos jokin puute havaitaan – selvitetään se mahdollisimman pian asianomaiselta suunnittelijalta.
 - Tarpeellisten kalusteiden ja materiaalien toimitus työmaalle ajoissa sekä muiden logististen asioiden varmistaminen.
 - Toimitaan pääasiassa urakan sopimusehtojen mukaisesti sekä aloituspalaverissa erikseen sovituilla menetelmillä.
 - Työnsuoritusta varten on varattava riittävän suuri ja osaava työryhmä. Työryhmä voidaan katsoa koostuvan pienemmistä ryhmistä. Jokaiselle työvaiheelle oma ryhmä tai ainoastaan betonoinnille – tämä riippuu täysin työmaan tarpeista.

Jokaisella työmaalla saattaa olla omat menetelmät hoitaa valmisteluvaiheen työt, mutta yllä mainitut asiat ovat vähimmäiskriteerit, jotka varmistavat paikallavalutyön sujuvuuden.

3.2.2 Muottityöt

Valmistelutöiden jälkeen alkaa ensimmäinen varsinainen pv-työn vaihe - muottien rakennus. Muottien päätarkoituksena on kestää valetun betonin kohdistuvat kuormitukset ja antaa tälle lopullisen rakenteen mitat sallittujen toleranssien rajoissa. Muut tärkeät tekniset vaatimukset ovat seuraavia:

- muotin materiaali ja käytettävissä olevat lisäaineet eivät saa heikentää betonin laatua
- vaaditun betonirakenteen pinnan laadun saavuttaminen
- varausten asennusmahdollisuus
- muotin tiiveys.

Jokaisella paikallavalulla muoteille tehdään oma muottisuunnitelma, jossa on listattu muotin tyyppi, sen rakennusohjeet sekä sijainti työmaalla. Muottisuunnitelman voidaan käytännössä jakaa kahteen ryhmään: muotin rakenteellinen suunnittelu sekä sen käyttösunnittelu. Ensimmäinen kuuluu rakennesuunnittelijan tehtäväksi, eikä työmaalla ole siihen juurikaan mitään mahdollisuutta vaikuttaa. Kun taas muotin käyttösunnittelu on toteutettava työmaajohdon. [12, s. 74.]

Kaikki muotit voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

- järjestelmämuotit
- pienet muottiyksiköt
- suuret muottiyksiköt

- paikallatehdyt kertakäyttöiset muotit.

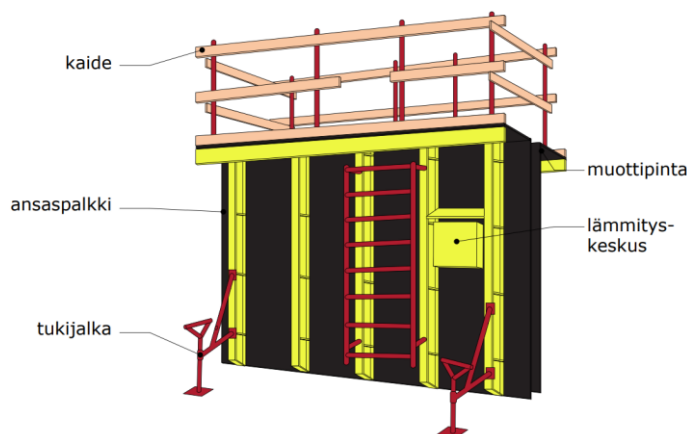
Pieniä muottiyksiköitä ovat muun muassa kasetti-, sidontajärjestelmä-, kupulaatta- ja pilarimuotit. Pienet muottiyksiköt kootaan joko valmiista muottiosista suoraan kohteeseen, tai suuremmiksi kokonaisuuksiksi, joita asennetaan nostokalustolla paikalleen.

Suuria muottiyksiköitä ovat suur-, pöytä-, kulma- ja tunnelimuotit. Suuria muottiyksiköitä käytetään yleensä muuttumattomina useita kertoja ja niiden siirrossa tarvitaan nostokone. Paikallatehdyt kertakäyttömuotit ovat usein irrallisesta sahatavarasta ja puulevyistä (esim. muottivanerista) rakennettuja muotteja. Niitä käytetään erityisesti sellaisissa kohteissa, joissa ei ole toistuvia rakenteita, esimerkiksi muutos- ja korjaushankkeissa. [8, s. 64.]

Muottien valinta riippuu täysin valettavasta kohteesta. Tässä työssä on esitettynä käytetyimmät muotit sekä ne muotit, joita käytetään erityisesti korjaushankkeissa:

Suurmuotti

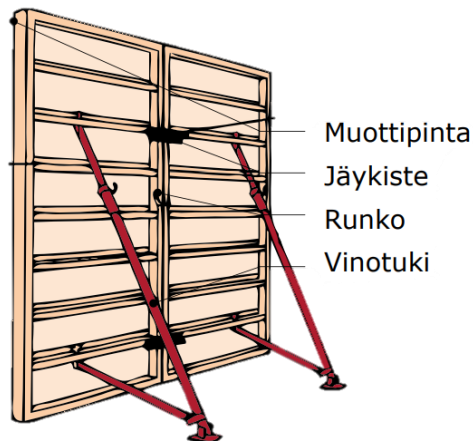
Käytetään nimensä perusteella suurissa pv-töissä sekä toistuvissa tai muuten suurissa hankkeissa, joissa muotin rakentamisen kannattavuusrajana on vähintään 6 käyttökertaa. Tärkeämpänä etuna on työvoiman vähäinen tarve sekä pv-työn ajallinen tehokkuus. Huomioitava muotin suurta painoa, jonka takia joudutaan käyttämään nosturia.



Kuva 4. Seinän suurmuotti

Kasettimuotit

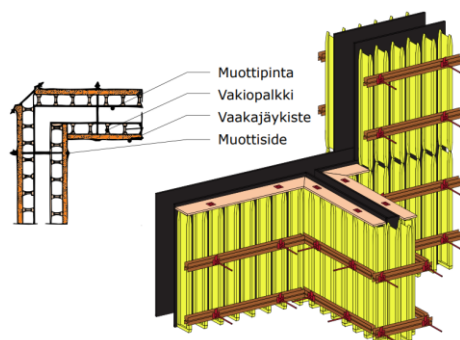
Monikäyttöinen, helposti asennettava muottityyppi. Kasettimuotit kootaan vakiokiinnikkeillä määrämittäisistä kaseteista, jotka ovat puu-, teräs- tai alumiinirunkoon kiinnitettyjä vaneri- ja teräslevyjä. Kasettimuoteista, nivelkulmista sekä veto- ja puristussauvoista voidaan koota niin sanottu kuilumuotti porras- ja hissikuilujen sisäpuoliseksi muotiksi.



Kuva 5. Seinän kasettimuotti

Vakiopalkit ja muottilevyt

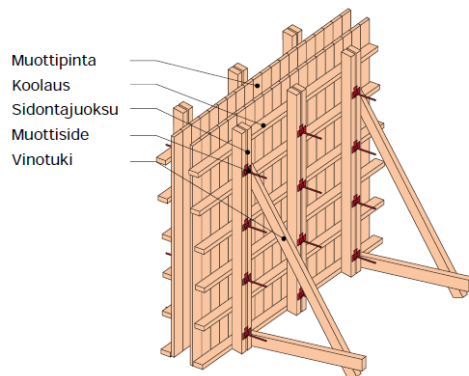
Vakiopalkkien ja muottilevyjen pystyjäykisteet ovat vaneriuumaisia puupalkkeja, puuristikkoita tai alumiinipalkkeja. Vaakajäykisteet ovat teräspalkkeja, joihin on kiinnitetty pystyjäykisteet. Muotin pintamateriaalina on tavallisesti filmipintainen vaneri. Erittäin yleistynyt muottityyppi korjaushankkeissa sekä muissa pienimmissä uudishankkeissa.



Kuva 6. Vakiopalkit ja muottilevyt - muottityyppi

Paikalla tehdyt lauta- ja levyvuottijärjestelmät

Yleensä rakennetaan vanerista sekä sahatavarasta ja ne on aina mitoitettava. Tämä vuottijärjestelmä on hyödyllinen monimuotoisissa, pienissä kohteissa, joissa ei ole toistuvuutta, mutta on tarvetta arkkitehtonisesti vaativille rakenteille. Nämä kohteet voivat olla esimerkiksi korjaushankkeita ja monimuotoisille uudishankkeille.



Kuva 7. Seinän paikalla tehty lauta- ja levyvuottijärjestelmä

Muottien koosta riippuen on huomioitava muottisuunnitelman mukaisia tukirakenteita. Nämä voivat olla puusta tai teräksestä tehtyjä ristikkorakenteisia tukitelinoita tai muita tuentatyyppisiä riippuen tarvittavasta kannatuksesta muoteille. [12, s. 70.]

Muotilla on pystyttävä toteuttamaan rakenneyksikkö mahdollisimman edullisesti ottamalla huomioon rakenteellisen suunnittelukriteerit sekä työvaiheiden yksityiskohdat. Lopputuloksena valitulla vuottijärjestelmällä on pystyttävä aikaansaamaan vaaditut rakenteet minimikustannuksin sekä aikataulun edellyttämässä ajassa. [10, s.188.]

3.2.3 Varausten asennus

Suunnitelmissa merkattuja LVIS-läpivientejä tulisi tehdä etukäteen varausten asennuksilla valettavaan muottiin. Kyse voi olla sekä seinämuotteihin, että holvimuotteihin asennettavista LVIS-varauksista. On tärkeää asentaa varaukset ennen raudoitustyön aloittamista – näin säästytään raudoituksen turhalta katkomiselta. Valun jälkeen, kun betonimassa on kovettunut ja muotit on purettu pois – betonirakenteeseen jää valmis läpivienti

LVIS-tekniikalle. Tällä työvaiheella säästetään kustannuksista sekä ajasta. Muussa tapauksessa joudutaan tekemään läpivientejä timanttiporauksilla jälkeinpäin, tämä taas nostaa kustannuksia sekä tuhlaa työmaan aikaa.



Kuva 8. Esimerkki asennettavasta varauksesta väestönsuojan seinämuottiin ennen betonointia

3.2.4 Raudoitus

Teräsbetonirakenne ilman raudoitusta on pelkästään betonirakenne. Betonin huonot veto - ja leikkauslujuusominaisuudet ovat johtaneet siihen, että teräsbetonirakenne on huomattavasti yleisempi kuin raudoittamaton betonirakenne. Vain toimimalla yhdessä nämä kaksi teräsbetonirakenteen komponenttia voivat luoda rakenteelle kestävyyttä tulevia rasituksia vastaan.

Raudoitukset ovat käytännössä teräksiä, joita käytetään sekä taivutetuissa, että puristetuissa betonirakenteissa. On olemassa myös raudoittamattomia betonirakenteita, joiden pääasiallinen kestävyys on puristuksen luoma rasitus. Käyttökohteena ovat talonrakenteiden kantavat väliseinät, joitakin perustuksia sekä massiiviset rakennukset. [6, s. 243.]

Työmaan tarpeiden mukaisesti raudoitteita valmistetaan erimuotoisiksi. Näin ollen kaikki raudoitteet voidaan jaotella seuraaviin pääryhmiin:

- Tankotuotteet (yksittäiset raudoitteet)
- Kaksiulotteiset raudoitteet

- Kolmiulotteiset
- Erikoistuotteet. [6, s. 287–288.]

Raudoitustyö toteutetaan rakennesuunnitelmien mukaisesti. Työmaan tulee noudattaa rakentamismääräyksien lisäksi raudituspiirustuksia, joihin sisältyy tiedot raudoitustavasta, terästen laadusta ja paksuudesta, sallitusta toleransseista ja suojabetonietäisyyksistä. Lisäksi raudituspiirustuksissa on mainittu raudotteiden teräsvälit, ankkurointipituudet ja taivutustoleranssit. [10, s. 210; 6, s. 268.]

Tilanteesta riippuen työmaalle voidaan tilata raudotteet valmiiksi taivutettuina ja oikean pituisina. Nämä ovat niin sanottuja teollisia raudotteita, joita työstetään oikean kokoisiksi jo tehtaalla. Tämä voi olla tarpeen silloin, kun kyseessä on paljon samanlaisia raudoitettavia rakenteita. Uudisrakennushankkeissa paikallavalettujen teräsbetonirakenteiden raudotteina voidaan käyttää myös valmiita teollisia kaksiulotteisia sekä kolmiulotteisia raudotteita. Ne ovat valmiiksi muotoiltuja raudoituksia, joita toimitetaan työmaalle ja kiinnitetään suoraan valettavaan rakenteen muottiin. Tällä tavalla työmaalla syntyy ajallista säästöä, kun taas kustannukset riippuvat toimittajasta ja käytetystä raudoitetyypistä. [6, s. 286.]

Ennen raudoitustöiden aloitusta on suunniteltava ensin materiaalin varastointia ja sen toimitusta työmaalle. Työmaan kannalta on tärkeintä raudoitusten varastoinnin ja asennuksen sujuvuus. Betoniteräkset vievät normaalisti paljon tilaa, sillä tavallinen nippu teräksiä toimitetaan työmaalle 6 metrin tai 12 metrin pituisina, jos työmaalla on siihen tarvetta ja tilaa. Suurin toimituspituus on kuitenkin maksimissaan 24 metriä, mutta tällöin on otettava huomioon erikoiskuljetuksen järjestämisen mahdollisuutta. Varastointipaikka on valittava riittävän suurelle alueelle, josta raudoitteen haalaus on mahdollista toteuttaa turvallisesti ja ongelmitta. Selkeä ja esteetön sijainti rakenteessa helpottaa raudoitustyötä ja auttaa saamaan virheettömän lopputuloksen. [6, s. 257; 10, s. 74.]

Ennen asennusvaihetta teräkset puhdistetaan, jotta ylimääräinen ainesosa ei joutuisi betonin sisään. Tämän jälkeen teräkset asennetaan niille suunnitelluille paikoille muottia vasten niin, etteivät ne betonoitaessa pääsisi liikkumaan, mikä johtaisi mahdollisten ra-

kenteen lujuuksien heikkenemiseen. Tätä varten raudoitteet asennetaan muotteihin välikkeiden avulla sekä kiinnitetään teräkset toisiinsa sitomalla ne yhteen rautalangoilla. Raudoitustyön lopputuloksena pitäisi olla suunnitelmien mukainen, yhtenäinen kokonaisuus.

3.2.5 Betonointi

Betonityössä on kokonaisuudessaan 3 työvaihetta, joista jokainen on hoidettava erittäin huolellisesti. Nämä ovat valmistelevat työt ennen betonoinnin aloitusta, itse valutyö sekä betonoinnin jälkeiset työt. Betonointityön suoritus on aina ainutkertainen. Sen väärä tai puutteellinen toteutus voi olla työmaalle erittäin kallis sekä aikaavievä korjaustoimenpiteiden näkökulmasta. Tästä syystä näihin vaiheisiin täytyy kiinnittää huomioita ja ennakoita mahdolliset poikkeamat etukäteen.

Valmisteleviin työtehtäviin kuuluu betonoinnin tarkka suunnittelu, joka koostuu useimpien seuraavista vaiheista:

- Käydään paikallavalun toteutettavan työryhmän kanssa betonointisuunnitelma läpi kohta kohdalta ja varmistetaan, että kaikki tarvittava betonointiin on valmista. Jos jokin puute huomataan, se on etukäteen selvitettävä ja korjattava. Betonityöntekijöiden on tunnettava työsisältö.
- Betonityönjohtajan tulee varmistaa, että betonoitava kohde on suunnitelmien mukainen sekä tarvittavat luvat betonoinnille on saatu.
- Varmistetaan, että betonoinnissa vaadittu kalusto on työmaalla ja toimintakunnossa. On tärkeitä myös varmistaa varakaluston saatavuuden alkuperäisen kaluston hajoamisen varalta. Etenkin kyse on ilta- ja yövaluista, jolloin kaluston saaminen on haastavaa.
- Jos paikallavalu toteutetaan ulkoilmassa, huomioidaan sääennustuksia ja pohditaan paikallavalun toteutusta niiden mukaan. On aina varauduttava sään muutoksiin.

Betonointisuunnitelma toimii asiakirjana, jonka avulla pyritään ennakoida betonointiin liittyvät yllätykset. Kyseessä ei ole tiukka ohje, vaan aputyökalu, josta voi saada betonointityön aikana tapahtuviin äkillisiin muutoksiin ratkaisuehdotukset, joita työnjohtaja ja työntekijät voivat yhdessä soveltaa ongelmatilanteissa ja viedä työn onnistuneesti loppuun asti. Näin voidaan säästyä ylimääräisiltä kustannuksilta, jotka voivat syntyä virheellisen toteutuksen aikana. [10, s. 226.]

Betonityönjohtajan tai muun betonitöistä vastaavan työnjohtajan rooli työn suorituksen aikana on erittäin tärkeä. Hänen on oltava koko betonivalun aikana työpaikalla valvomassa tilannetta ja tarvittaessa tehdä tarvittavat muutokset suunnitelmiin ja itse toteutukseen, jos tilanne sitä vaatii. Lisäksi betonityönjohtajalla on oltava Suomen rakennusmääräyskokoelman määrittämän rakenneluokan mukainen pätevyys, joka olisi riittävä kyseessä olevalle betonivalulle. Laajan kokemuksen ansiosta betonityönjohtaja voi vaikuttaa syntyviin kustannuksiin sekä betonirakenteen lopulliseen laatuun. [12, s. 77.]

Kun valmistelevat työt on suoritettu ja kaikki tarvittavat tarkastukset tehty, tilataan betonimassan kuljetus työmaalle. Tilaus tapahtuu yleensä valmisbetonitehtailta. Tilauksen tekee urakkasopimuksen mukaisesti joko pääurakoitsijan betonityönjohtaja tai betonoinnin toteuttava aliurakoitsija. Massan notkeus ja tiivistysmenetelmät tulee valita siten, että betonipintojen laatuvaatimusten edellyttämä tasalaatuisuus ja tiiveys saadaan aikaan ja toisaalta siten, että betoni on mahdollisimman vähän kutistuvaa. Vaativissa valuissa betonimassan valinta tulee tehdä yhteistyössä rakennesuunnittelijan, urakoitsijan ja betonitoimittajan kesken riittävän ajoissa ennen valuajankohtaa.

Betonimassa kuljetetaan työmaalle betoniautoilla. Kuljetuskaluston valinta riippuu työmaan sekä valettavan rakenteen tarpeista. Suomessa on käytössä pyörintäsäiliöautoja, allasäiliöautoja, lava-autoja ja kuljetuspumppuauto. Viimeisin näistä on erittäin suosittu johtuen sen betonimassan siirtomenetelmästä - betonipumpusta. [12, s. 78; 6, s. 306.]

Betonimassan pumppaus on tällä hetkellä yksi käytetyimmistä betonimassan siirtotavoista Suomessa. Suuren suosion tämä siirtomenetelmä sai vaikeasti tavoitettavista kohteista sekä sen nopeasta toteutuksesta. Näiden kahden etujen ansiosta kyseistä siirtomenetelmää pidetään edullisena. Niin kuin muullakin betonimassan siirtomenetel-

mällä, pumppaamisella ovat omat huonot puolensa. Pumppauslinjan koko vaikuttaa huomattavasti valettavan betonirakenteen lopulliseen laatuun. Jos kiviaineksen suurinta rae-kokoa pienennetään, betonirakenteen laatu huononee ja halkeilun riski kasvaa. [8, s. 320.]

Betonipumpun lisäksi työmaasiirroissa voidaan käyttää tavallisesti myös nosturia ja nostostiaa, betoniauton hihnakuljetinta tai siirtokourua, traktoria tai dumperia ja perinteisiä kottikärryjä. Siirtokaluston valinta riippuu työmaajärjestelystä, työaikataulusta, betonointimäärästä sekä siirtoetäisyyksistä ja kustannusvaikutuksista. [12, s. 78.]

Betonin siirto muottiin on tehtävä siten, että betonimassa pysyy tasalaatuisena ja täyttää muotin tasaisena ja halutun paksuisena kerroksena. Valutyön aikana kaikki toiminta tulisi olla järjestelmällistä ja virheetöntä. Betonointisuunnitelmaa on seurattava ja varmistettava, että vaihe vaiheelta on suoritettu suunnitelmien mukaisesti. Betonimassan siirrossa huomioitavat seikat, jotka liittyvät laatuun ja näin ollen myös kustannuksiin, ovat seuraavia:

- Valun nousunopeus ja massan pudotuskorkeus saavat olla korkeintaan betonointisuunnitelman mukaisia, sillä arvot voivat vaihdella työkohteesta sekä betonimassasta riippuen. Virheellisen käsittelyn seurauksena voi olla betonimassan erottuminen eli kun hienoaines leviää sivuille, mutta karkea kiviaines jää paikoilleen. Tämä voi johtaa onkaloiden muodostumiseen, mikä taas voimakkaasti heikentää rakenteen laatua.
- Vaativissa paikallavalukohteissa tai toteutussuunnitelman sitä vaatiessa on varmistettava betonilaadun koevalulla. Samalla varmistetaan työmenetelmien soveltuvuus työkohteeseen. [8, s. 332–333.]
- Muottien liikkeitä ja muodonmuutoksia on seurattava ja tehtävä tarpeen mukaan toimenpiteitä mahdollisten vahinkojen välttämiseksi.

Heti valutyön alkuvaiheessa on aloitettava myös betonimassan tiivistyksen. Tämän takia betonointiin osallistuu vähintään 2–3 työntekijän ryhmä, mutta ensisijaisesti betonointi-

suunnitelmassa sovitut resurssit eli työntekijämäärät. Tiivistys tehdään yleensä tärysauvalla, mutta joissakin suuremmissa kohteissa käytetään muita menetelmiä betonimassan tasaiseksi saamiseen. Nämä ovat esimerkiksi tärypalkkeja, tärysiltoja tai muotiin kiinnitettyjä moottoritäryttimiä. Viimeisin näistä on käytössä eniten elementtitehtailla ja on otettava aina huomioon muottisuunnitelmissa.

Tärkeintä tässä työvaiheessa on saada betonimassan riittävän tiiviiksi. Sen huomaa, kun tiivistyksen jälkeen ilmakuplien nousu betonimassan pinnalle on lakannut ja massan pinta täryttimen läheisyydessä tasoittuu ja alkaa kostua. On huomioitavaa, että liian tehokas ja pitkäaikainen tiivistäminen voi vaurioittaa muottia ja saattaa aiheuttaa osainneiden erottumisen betonimassassa. [8, s. 336; 12 s. 79.]

Betonimassan tiivistyksen tarve määräytyy vahvasti betonimassan notkeuden ja muiden ominaisuuksien mukaan, kuten rakenteen koon, tiivistyksen tehosta sekä raudoituksesta. Mitä enemmän betoni on nesteytetty, sitä vähemmän tiivistämisen tarvetta syntyy. Kuitenkin tiivistyksen laiminlyönnistä kokonaan voi olla myös seurauksia, joita ovat esimerkiksi rakenteen suuri huokoisuus, alentunut lujuus ja tiheys, huonontunut tartunta työsaumoissa ja heikompi säänkestävyys. Ainoa betonimassan tyyppi, jota ei tarvitse tiivistää lainkaan, on itsetiivistyvä betoni. Tästä kerrotaan lisää tässä työssä sivulla 36. [8, s. 336 Betonitekniikan oppikirja 2018.]

Viimeisenä betonointiin liittyvänä vaiheena on valun lopettaminen betonirakenteen työsaumaan tai lopulliseen pintaan. Lopullisen pinnan hierto tapahtuu välittömästi betonimassan tiivistyksen jälkeen, jolloin betonin pinta ei ole ehtinyt kovettua. Riippuen rakenteesta ja sille asetetuista laadullisista vaatimuksista, hierto toteutetaan tavallisesti käsin puulla tai teräksellä, mutta myös erityisillä hierontokoneilla, joita käytetään esimerkiksi valaessa maanvaraisia laattarakenteita. Työsauman tekeminen tehdään silloin, kun halutaan jakaa valettava rakenne eri osiin, joita valetaan eri ajankohtina. Työsauman kohta osoitetaan rakennepiirustuksissa. [10, s. 248–249; 8, s. 341.]

3.2.6 Jälkityöt

Betonoinnin jälkeen alkaa paikallavalun prosessin viimeinen työvaihe, jälkihoito, jonka oikea toteutustapa on äärimmäisen tärkeä betonirakenteen laadun ja täten myös kustannuksen sekä aikataulun näkökulmasta. Jälkitöiden tarkoituksena on saattaa rakenteelle oikeat olosuhteet, jotka edesauttavat saavuttamaan suunnittelun lujuuden sekä muut tavoitteeksi asetetut ominaisuudet. Työkuvaan kuuluu ainakin seuraavat asiat:

- Betonirakenteen suojaaminen sääolosuhteilta
- veden haihtumisen estäminen
- rakenteen kovettumislämpötilan seuranta.

Yllä mainittujen töiden lisäksi on huolehdittava työalueen siivouksesta ja tarvittaessa valmiin betonirakenteen paikkauksesta, hionnasta ja lämmityksestä (koskee vain talvikautta). [12, s. 79; 6, s. 331.]

Rakenteen avoimet yläpinnat on kasteltava betonoinnin jälkeisinä seuraavina päivinä. Kastelu on tehtävä 1–2 viikon ajan riippuen vaatimuksista. Näin varmistetaan betonin kovettumisen vaatiman kosteuden.

Valetun rakenteen suojaaminen sekä mahdollinen lämmitys on aloitettava heti betonoinnin jälkeen, jotta halkeilun riski saataisiin minimoitua. Joskus lämmitys aloitetaan vielä betonoinnin aikana. Suojaus täydennetään betonointivaiheen päätyttyä. Suojauksena toimii usein joko muotti, muovikalvo tai ruiskutettava jälkihoitoaine. Muita suojausmenetelmiä niin kuin mattoja tai lämpöeristettyjä muotteja käytetään yleensä vain talvikautena, jolloin rakenne täytyy myös lämpösuojata. [8, s. 343.]

4 Tutkimuskohde: Siltasaari 10 -hanke

Tutkimuskohteena on SRV:n toteuttama Helsingin Hakaniemessä sijaitsevien historiallisten kiinteistöjen, Siltasaarenkatu 6:n ja 8–10:n sekä Paasivuorenkatu 4:n, muutoshanke. Tarkemmin sanottuna kyseessä on kiinteistöjen uudistaminen, jossa oli jonkun verran entistämistä. Tämän insinööriyön julkaisun aikana hanke on jo luovutettu tilaajalle. Hanke on insinööriyön tekijän mielestä haastava, mutta myös mielenkiintoinen.



Kuva 9. Siltasaari 10 -hankkeen visualisointi valmiista lohkoista S8, Siltasaarenkadun puolelta. Vasemmalla S8 lohkoista näkyy S6 lohko.

Korjauskohde koostuu kolmesta kiinteistöstä. Kohde käsittää osittain kahta kellarikerrosta (S8 kohdalla vain yksi kellaritaso) sekä seitsemän maanpäällistä kerrosta ja P4:n osalta kahdeksan maanpäällistä kerrosta. Kiinteistöjen alemmissa kerroksissa on päivittäistavarakauppa, ravintoloita, kahviloita, liike- ja toimistotiloja. Ylempiin kerroksiin tulee toimistotiloja. Kohteen kokonaislaajuus on yhteensä n. 36 075 brm² ja kokonaistilavuus n. 140 142 m³. Peruskorjattavien talojen korjausasteiden on arvioitu olevan noin 80 %. Seuraavaksi kolmesta kiinteistöstä kerrotaan yksityiskohtaisemmin.

Siltasaarenkatu 8–10 (jatkossa ”lohko S8”)

Alkuperäinen kiinteistö valmistui vuonna 1890 ja on vanhin rakennus koko hankkeessa. Vanhoja säilytettäviä kerroksia ovat kellarikerros sekä kerrokset 1-6. Ylin kerros on purettu ja rakennettu uudelleen. Kellarikerroksen maanvarainen alapohjalaatta uusittu. S8 lohkon osalta on purettu vesikatto ja IV-konehuone ja sisäpihan lasikattorakenteet sekä kaikki talotekniikka ja pintamateriaalit. Lisäksi suojeltava julkisivu kunnostettiin.

Paasivuorenkatu 4–6 (jatkossa ”lohko P4”)

Alkuperäinen kiinteistö valmistui vuonna 1980. P4:ssa purettiin vesikaton rakenteita ja sisäpihan pihakannen rakenteet kantavaan betonirunkoon asti. Lohkon kerrosten runkorakenteet jäivät samoiksi, ei-kantavat väliseinät purettiin sekä kaikki vanhat pintamateriaalit poistettiin. P4:n julkisivu puhdistettiin ja saumoja uusittiin.

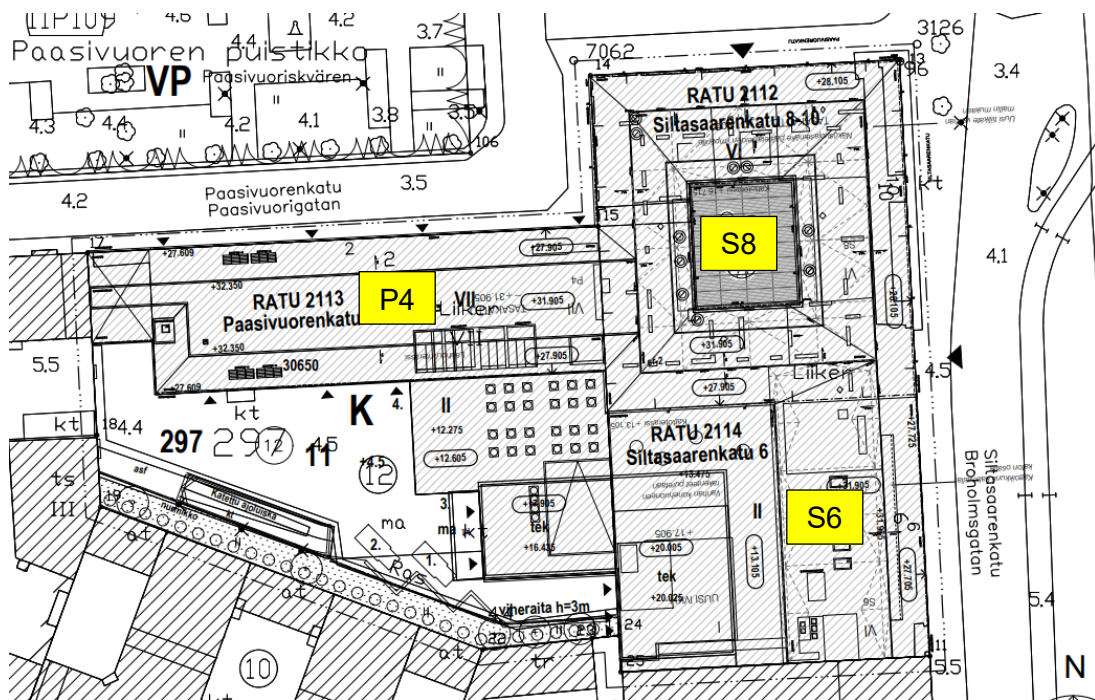


Kuva 10. Siltasaari 10 - hankkeen visualisointikuva valmiista lohkoista P4, Paasivuorenkadun puolelta

Siltasaarenkatu 6 (jatkossa "lohko S6")

Alkuperäinen kiinteistö on valmistunut vuonna 1979. S6:n runko on purettu kolmannen kerroksen holviin asti ja rakennettu elementtirakenteisena uudestaan vastaamaan vie-reisen S8:n kerroskorkeuksia. Siltasaarenkatu 6:ssa vanhoja säilytettäviä kerroksia ovat kellarikerrokset sekä ensimmäinen ja toinen kerros. Uusia kerroksia on neljä (3.-7. krs.). Uudisosan pääasiallisena rakennustapana on teräsihttopilarit, WQ-/deltapalkit, ontelo-laatat ja betonielementtiseinät. Rakennus on jäykistetty teräsbetoniseinillä. S6:n uusi jul-kisivu rakennetaan temorankaelementeistä.

Kaikki kolme rakennusta on perustettu kallionvaraisesti teräsbetonisten anturoiden ja pe-ruspilareiden varaan. Alkuperäiset kolme kiinteistöyhtiötä on fuusioitu yhdeksi kiinteistö-osakeyhtiöksi Siltala.



Kuva 11. Kohteen asemapiirustus. Lohkojen lyhenteet merkattu rakennusten päälle.



Kuva 12. Kolme kiinteistöä Hakaniemessä, Helsingissä (kuvassa maalattu oranssiksi).

Korjaushankkeissa on yleistä, että suunnitelmat ja työvaiheet muuttuvat lyhyellä aikataululla. Tämä taas vaikuttaa eri työvaiheiden kustannuksiin ja niille varattuun budjettiin. Muutokset saattavat vaikuttaa useasti myös aikatauluun: työvaiheiden lopetus siirretään eteenpäin ja samalla koko hankkeen luovutuspäivä voi siirtyä. Siltasaari 10 – hankkeessa oli samantyyppisiä muutoksia. Monet suunnitelmamuutokset ovat vaikuttaneet aikatauluun sekä tuotantoon yleisesti. Tämä taas on vaikuttanut rakennusprosessin sujuvuuteen sekä kustannusvalvontaan. Ongelmien ratkaisut on löydetty aina hyvällä yhteistyöllä, jota tarvitaankin monimuotoisessa ja haastavassa korjaushankkeessa.

4.1 Hankeen SRV:n haastateltavat

Työn yksi tutkimusmenetelmä oli haastatella SRV:n henkilöstöä työn aiheeseen liittyvillä kysymyksillä. Tutkimuskohteen hankkeessa työskentelevä betonityöjohtaja ja tekniikan osaston päällikkö on haastateltu ja saatu käytännöllistä mielipidettä sekä faktaa, jota työssä käytetään pohjana ongelmien ratkaisuehdotuksina.

4.1.1 Betonityönjohtajan haastattelu

Tutkimuskohteen betonointitöiden määrä verrattuna uudisrakennushankkeen paikallavalurakennuskohteisiin, joissa betonoitavat määrät voivat olla jopa tuhansia kuutiometreja, oli tosi vähäinen. Tästä syystä tutkimuskohteessa ei sinänsä ole ollut virallisesti nimettyä betonityönjohtajaa. Haastateltavana oli työnjohtaja, jolla on laaja kokemus eri betonitöistä. Työmaalla, alueesta riippuen, muutkin työnjohtajat ovat valvoneet betonitöiden toteutuksesta ja vastanneet niiden onnistumisesta.

Haastateltavalta työnjohtajalta on saatu laajaa ja yksityiskohtaista tietoa koskien kolmea pääsääntöistä paikallavalutyyppeä, joita on toteutettu tutkimuskohteessa. Haastattelu on toteutettu kysymällä kolme kysymystä ja keskustelemalla näihin kysymyksiin liittyen. Työssä kerrotaan kolmesta paikallavalutyypistä hyödyntäen kirjallisuutta sekä kyseisen työnjohtajan antamia tietoja. Lisäksi haastattelun aikana on saatu hyödyllistä tietoa betonitöiden aikana tapahtuneista haasteista, kustannusvaikutuksista ja ehdotuksia tulevia hankkeita varten.

Kysymykset:

1. Mitkä olivat kolme eniten toteutettua paikallavalutyyppeä ja näiden toteutusmenetelmät?
2. Mitkä haasteet sekä kustannusvaikutukset syntyivät näillä betonitöillä?
3. Mitä mielestäsi piti tehdä toisin?

1. Haastateltavan vastaukset liittyen paikallavalutyyppeihin ja niiden toteutustapaan sekä teoreettinen osuus

Korjaushankkeissa voidaan toteuttaa monia erityyppisiä paikallavaluja. Valettavia rakenteita voivat olla muun muassa palkkeja, pilareita, holveja, kuiluja ja seiniä. Tämän lisäksi korjaushankkeissa nimensä perusteella toteutetaan myös korjaustöitä, jotka voivat liittyä eri rakenteisiin, talotekniikkaan ja muihin rakennusosiin. Vanhojen betonirakenteiden korjausmenetelmiä on monia, mutta tutkimuskohteessa yleisimmät korjausperiaatteet olivat muun muassa ruiskubetonointi, rakenteen vahvistamista eli manttelointivalua, rakenteen uusiminen eli purkaminen ja uudelleen rakentaminen sekä yleisesti ottaen monia laastipaikkauksia, valukorjaamisia ja pinnoittamisia.

Työmaalla on toteutettu monia kymmeniä korjausvaluja sekä uusia valuja ja kaikissa oli eroa, mutta eniten on tehty seuraavaa kolmea paikallavalutyyppeä:

- Palkki- ja pilarimanttelointi
- Jäykistävät seinät
- Purkujätteen pudotusaukkojen ja vanhojen kuilujen paikallavalut.

Kantavan teräsbetonirakenteen vahvistaminen eli manttelointi on korjaustapa, jota hyödynnetään korjaushankkeissa, kun on tarvetta muuttaa rakenteen kantavuutta tai palauttaa heikentyneen rakenteen kantavuuden ennalleen. Näiden rakenteiden vahvistaminen on yleensä vaativa tehtävä, joka vaatii erikoisammattitaitoa sekä suunnittelussa että työsuorituksessakin. [8, s. 560 Betonitekniikan oppikirja 2018.]

Tutkimuskohteessa on toteutettu palkki- ja pilarirakenteiden vahvistamista. Korjauksien päätarkoituksina oli lisätä kantavuutta rakenteille muuttuneen rakennuksen käyttötarkoituksen vuoksi. Tutkimuskohteeseen on suunniteltu suuria määriä talotekniikkaa, mikä taas vaikutti kanavien sekä putkien reittien suunnitteluun. Monet ilmastointikanavat on suunniteltu kulkemaan kantavien palkkien sekä monien holvien läpi. Tästä syystä myös uusia kuiluja on rakennettu, mikä on vaatinut sekä pilareiden, että palkkien vahvistamista.

Pilareiden sekä palkkien mantteloinnissa on huomioitava suurimmaksi osaksi samoja asioita. Ennen varsinaista vahvistusvalua, rakenteelle on tehtävä pinnan esikäsitteily. Esikäsitteilyyn kuuluvat rakenteesta ja kohteesta riippuen pinnan puhdistus, vaurioituneen betonin poistaminen, pinnan karhentaminen ja rakenteen kastelu vedellä. Esikäsitteilyn päätarkoituksena on aikaansaada mahdollisimman hyvä tartunta vanhan ja uuden betonin välille. Riittävän tartuntalujuuden saavuttamiseksi tulee betonin pinta karhentaa sekä puhdistaa. Pinnan puhdistusta ja sen poistamista voidaan toteuttaa monella menetelmällä. Menetelmät riippuvat työmaan olosuhteista, rakenteen tyypistä ja vaatimuksista. Näitä ovat esimerkiksi mekaaninen piikkaus tai vesipiikkaus, hiominen, jyräily, sinkopuhallus ja vesihiekkapuhallus. Näillä tavoilla poistetaan betonin pinnalta sementtiliima tai muu vanha pinta-aine, joka saattaa heikentää uuden ja vanhan betonin välisen tartunnan. [8, s. 561; 10, s. 107; 13, s. 20.]

Vanhan heikentävän aineen poistamisen jälkeen on rakenne kasteltava. Vedellä kastelu on aina tehtävä, kun ollaan vahvistamassa betonirakennetta tuoreella betonilla. Kastelulla varmistetaan, että tartuntapinnan kosteusprosentti on riittävän korkealla, mikä vähentää kuivumiskutistumisesta syntyviä jännityseroja ja ehkäisee mahdolliset halkeamat. Kastelua tehdään 1–2 vuorokauden ajan ja lopetetaan vuorokautta ennen valun alkamista. [10, s. 107; 13, s. 28.]

Tutkimuskohteen tilanteessa esikäsitteily sekä manttelointivalu on toteutettu seuraavilla menetelmillä (haastateltavan kommentit):

- Esikäsitteilyn vaiheessa pinnasta on poistettu kaikki vanhat materiaalit, kuten lika, maalit, kiinnikkeet ja sähköjohdot. Samalla piikkauksella tarkistettiin betonipinnan ehjyyttä. Lisäksi tarkistettiin, että pinnassa ei ole halkeamia. Jos halkeamia löytyi, tutkittiin niiden syvyys. Tarvittaessa halkeamat injektointiin tai käytettiin muita menetelmiä, jotka määritteli rakennesuunnittelija.
- Uuden ja vanhan pinnan tartunnan varmistaminen on erittäin tärkeää. Tutkimuskohteessa tartunta on saatu kahdella eri tavalla: hiekkapuhallus tai mekaaninen piikkaus. Hiekkapuhalluksen hankala puoli oli pölynhallinta. Keskellä hallia piti rakentaa alipaineistettu koppi, ja hankkia suodattimilla varustettu ilmanpoisto-

laite. Johtuen siitä, että karhennettava pinta-ala oli melko pieni, hiekkapuhalluksen aiheuttamat ylimääräiset toimenpiteet olisivat voineet aiheuttaa isoja kustannuksia. Tässä tapauksessa karhennus tehtiin mekaanisella piikkauksella. Tehtävään oli valittu ”murskaus taltta” kooltaan 30x30 mm, joka jättää piikkauksen jälkeen tasaisia, noin 2–4 mm syviä jälkiä. Piikkaus tehtiin siihen asti, kunnes pinnan betoniliima oli poistettu kokonaan ja oli näkyvissä hienoaineinen betonin runkoaine. Karhennetulle pinnalle oli suoritettu vetotartuntalujuus koe. Tulos oli raja-arvoissa, joten rakennesuunnittelija hyväksyi tuloksen.



Kuva 13. Raudoitettu vanha teräsbetonipalkki ennen muottia ja manttelointivalua. Kuva otettu Siltaasaari 10- hankkeen työmaalla S8 lohkon kellarissa.

- Karhennettu betonikerros tulisi kosteuttaa vähintään 2 päivän aikana ennen betonivalua. Muussa tapauksessa betonirakenteen kuiva pinta imee itseensä valetavan tuoreen betonin vedet, mikä voi johtaa uuden betonin halkeiluun ja painumaan. Työmaalla kosteuttaminen suoritettiin joka aamu ja joka iltapäivä 2 päivän ajan sumuttamalla vettä pinnalle. Juuri ennen pintavalua alusta kuivattiin mattakosteaksi.
- Pilarimanttelointivalun suoritus: uuden betonoivan osan paksuus oli 100 mm ja muotin sisällä oli runsaasti raudotteita. Tästä syystä betonityypiksi oli määritetty IT-betoni eli itsetiivistyvää betoni.
 - Itsetiivistyvä betoni on erittäin notkea, hyvin valuva betonimassa, joka tiivistyy erottumatta oman painonsa avulla ilman täryttämistä. Massan sitoutuminen alkaa tyypillisesti vähän hitaammin kuin tavallisilla betonimassoilla. Hitaan sitoutumisen takia massan siirto- ja työstöaika voi olla tavallista pidempi, yleensä 1–3 tuntia. Tärytyksen poisjääminen parantaa betonityön suoritusta ajallisesti sekä taloudellisesti. IT-betonilla voidaan vähentää valutyövoiman tarvetta, jonka lisäksi työergonomia paranee ja ylimääräinen melu poistuu. [8, s. 346.]

Valu tehtiin valuyhden kautta, joka kiinnitettiin muotin alareunasta, johon kiinnitettiin pumppauslinja. Rakennettu muotti piti olla riittävän vahva ja tiivis, sillä muotissa syntyvä paine valun aikana on tavallista valua korkeampi. Lisäksi muotissa oli tehty ilmanpoistoaukot, joiden kautta myös varmistettiin, että betonoitava osa on täyttynyt eikä mitään reikiä ole jäänyt betonin sisälle. Rakenteen muodon takia ei ollut mitään mahdollisuutta tehdä valua painovoimalla ylhäältä alas. Valu toteutettiin kerralla alhaalta ylöspäin. Betonoinnin korkeus on tutkimuskohteessa ollut enintään 4,5 metriä.



Kuva 14. Raudoitettu vanha pilari ennen muottia ja manttelointivalua. Kuva otettu Siltasaari 10-hankkeen työmaalla S6 lohkon 1 kerroksessa.

Jäykistävät seinät

Jäykistävien seinien valu tehtiin tavallisella betonimassalla, runkoaineen koko oli 16 mm. Nimensä mukaan jäykistävien seinien päätarkoitus on ylimpien kerrosten jäykistäminen. Tutkimuskohteessa on lisätty IV-kuiluja, jonka takia on jouduttu jäykistämään kerroksia kyseisillä seinillä. Esikäsittely tehtiin samalla tavalla kuin manttelointivaluissa, mutta oli kuitenkin pientä eroa muissa vaiheissa:

- Jäykistävien seinien valuissa tarkoituksena oli vahvistaa ylempien kerroksien teräsrungoista rakennetta, yhteensä 5 kerrosta. Seinät on tehty kahden pilarin väliin ja ne olivat 250 mm paksuja, 5 metriä pitkiä ja 4,5 metriä korkeita. Jäykistämisen lisämiksesi oli määritetty lisätartunta, joka teetettiin lisäämällä 16 mm harjateräs vaakapinnoissa, joka on sijoitettu jokaisen pilarin lävitse. Myös tapit ja vaarnaurat on tehty. Vaarnaurat oli piikattu jokaisen tapin kohdalla kooltaan 50x20 mm koko seinän leveydelle.
- Työmaalla oli kaksi tapaa toteuttaa jäykistävien seinien valun: joko valetaan kerrallaan koko seinä, tai kahdessa osassa. On kuitenkin päätetty valaa seinä kerrallaan ylös asti. Betonilaadulla ei ollut niin isoa vaatimusta, tästä syystä käytettiin muottitärytintä, joka oli kaikkien lisäksi ainoana vaihtoehtona. Yksi vaikuttavista asioista betonin painumiseen ja kutistumiseen on runkoaineen koko. Tästä syystä runkoaineen koolla yritettiin vaikuttaa mahdollisten virheiden ehkäisemiseen ja on valittu 16 mm runkoaine.



Kuva 15. Raudoitettu IV-aukon jäykistävä seinä ennen muotitusta. Kuva otettu Siltasaari 10-hankkeen työmaalla S6 lohkon 1 kerroksessa.

Purkujätteen pudotusaukkojen ja vanhojen kuilujen paikallavalut

Tavanomainen paikallavalutyö, mutta tässäkin oli omia yksityiskohtia, joita piti miettiä tarkemmin. Periaatteet olivat samat:

- Karhennetaan piikkaamalla ja samalla varmistetaan pintojen ehjyyttä ja sen mukaan määritellään valualue. Jokaisessa betonityössä toimittiin rakennesuunnittelijoiden ohjeiden sekä työselostuksen mukaisesti.
- Korjattava rakenne oli kuppilaatastoa. Ero muista rakennetyypeistä oli se, että kyseisessä paikallavalussa käytettiin erikoista muottirakennelmaa, jotta holvirakenteen vanha muoto pysyisi samana. Rakenteessa olevat ristiin menevät ripapalkit olivat alapäissä leveydeltään 100 mm, kun taas yläpäässä ne olivat 200 mm leveitä. Holvin paksuus kaikkiaan oli 500 mm, joista 100 mm oli laatan pinnalla ohut betonikerros ja 400 mm olivat ripapalkit alapäissä. Teräksille oli määritetty jatkopituudet, tällöin siltä pituudelta vanhat betonipinnat karhennettiin ripapalkin ympäri, myös vanhojen teräksien ympäri piikattiin noin 20 mm, jotta uusi betoni voisi päästä esteettömästi betonin ja terästen väliin.
- Erittäin tärkeänä betonitöiden vaiheena oli muistaa tehdä kunnollinen jälkihoito. Tutkimuskohteessa betonoinnin jälkeen rakenne suojattiin sään ja mahdollisten muiden tekijöiden haitallisilta vaikutuksilta. Betonia joko kasteltiin tai pinnat suojattiin aluksi hierrettävällä välijälkihoitoaineella. Kun pintojen hiertotyö on tullut valmiiksi, levitettiin varsinaista jälkihoitoainetta, ellei käytetty kosteaa jälkihoitoa (= kastelua). Enemmän kuitenkin tehtiin jälkihoito kastelumenetelmällä. Valetut ja viimeistellyt rakenteet suojattiin kuivumiselta siten, että betonin lujuudenkasvu varmistettiin ja kuivumisesta aiheutuva halkeilu vältettiin.



Kuva 16. Raudoitettu vanha purkujätteen pudotusaukko ennen manttelointivalua. Muotti on tehty holvin alapuolelta 2 kerroksesta. Kuva otettu Siltasaari 10- hankkeen työmaalla S6 lohkon 3 kerroksessa.



Kuva 17. Purkujätteen pudotusaukko ennen korjaustöiden aloitusta. Kuva on otettu

2. Työnjohtajan kommentit liittyen betonitöiden haasteisiin sekä kustannusvai- kutuksiin tutkimuskohteessa

- Yksi betonointiin liittyvistä haasteista oli muun muassa erittäin pitkä betonipump-
pauslinjat (pisimmillään oli 140 metriä pitkä). Tämä voi aiheuttaa betonin kovet-
tumisen, esimerkiksi kesäpäivänä, ja näin onkin tapahtunut jäykistävän seinän
valussa. Syy tähän oli saapuneen uuden betoniauton kuorman liian pitkäkestoi-
nen yhdistäminen pumppauslinjaan, mikä johti betonimassan kovettumiseen.

Kun urakoitsija teki pumppauslinjan vaihdon, siihenkin kului oma aikansa, josta syystä muottiin valettu betonimassa on ehtinyt kovettua eikä betonointia voitu toteuttaa loppuun. Tämän jälkeen on päätetty valamaan kahteen kertaan. Ennen toista valua on suoritettu betonipinnan poistoa noin 200 mm mekaanisella piikkauksella. Tämän jälkeen putsattiin kaikki raudoitteet vanhasta betonista ja tehtiin jälkivalu loppuun asti.

- Työmaan sijainti on keskustassa, jonka takia betonin toimitus ja vastaanotto voi olla ja välillä onkin rajoitettua. Betonin toimituksessa tapahtuvat ongelmat vaikuttavat suoranaisesti työmaan kustannuksiin. Näin esimerkiksi tapahtui, kun Hakaniemen silta oli rajattu eikä siitä päässyt kulkemaan. Tilattu massa oli yli tunnin kuumana kesäpäivänä betoniautossa, sillä kuljettaja ei päässyt kohteeseen sillalla olevan esteen takia. Tästä johtuen betonimassa oli ehtinyt jo pilaantua ja betonimassa joutui kaatopaikalle.
- Suunnitelmien muutokset voi verrata suoraan kustannusten muutoksiin. Suunnitelmissa tapahtunut betonityöhön liittyvä muutos vaikuttaa samalla myös toteutuksen kustannuksiin. Hyvänä esimerkkinä toimii tapaus, jolloin betoniholvin korjattava pinta-ala muuttui suunniteltua isommaksi. Muutos oli pinta-alaltaan noin 5 neliometriä. Kyseessä oli purkujätteen pudotusaukko. S6 lohkon ylempien kerrosten runkojen purun aikana on pudotettu painavia betonin paloja. Nämä osuivat alla olevaan aukon reunaan, joka aiheutti sen osittaisen rikkoutumisen. Tämä huomattiin vasta silloin kuin karhennettiin kuppiholvin palkkien pintoja. Nämä otettiin huomioon ja tehtiin suunnitelmamuutos ennen korjausvalua.
- Betonoinnin jälkeen pumppauslinjaan jäävän betonimassan jätehuolto on myös sekä haastetta, että ylimääräisiä kustannusmenoja. Kun kyseessä on pitkä pumppauslinja, sen tyhjentäminen tapahtuu työmaalla esivalmistettuihin astioihin, johon valetaan loput betonimääristä ja tämän jälkeen haalataan työmaan betonijätelavalle. (Vaarana on myös se, että astiat eivät kestä tulevaa painoa ja niiden rikkomisesta syntyy lisäkustannuksia.) Yleensä kuitenkin pumppauslinjaan jäänyttä betonimassaa poistetaan niin, että se pumpataan takaisin betoniautoon, jonka jälkeen betonimassan toimittanut yritys vie betonijätteet niille tarkoitetulle

kaatopaikalle. Nämä kaikki vaiheet luovat yhdessä oman vaikutuksensa kustannuksiin.

- Huonosti suunniteltu ja virheellisesti suoritettu paikallavalutyö aina aiheuttaa epämääräisiä budjettirajan ylimeneviä kustannuksia. Tämä voi olla esimerkiksi silloin, kun paikallavalu toteutetaan tuntityönä. Riskinä voi olla liian kallis tuntihinta työntekijöillä ja puutteellinen tehtäväsuunnittelu työntoteutukselta. Nämä yleensä johtuvat kireästä aikataulusta ja lisääntyvistä suunnitelmamuutoksista. Joskus nämä voivat johtua myös huonosta toteutussuunnittelusta. Seurauksena on heikko kustannushallinta.
 - Jos kuitenkin työmaalla on kiire ja jokin konkreettinen rakenne täytyy olla valettu mahdollisimman nopeasti, valu voidaan toteuttaa tuntityöntekijöillä, mutta aina on ensin mietittävä sopiva tuntihinta työntekijälle. Haastateltavan kokemuksen perusteella sopiva tuntihinta saa olla enintään 35 euroa, jotta syntyvä vaikutus kustannus- ja laatuhallintaan olisi ohjattavissa.

3. Haastateltavan neuvot koskien betonitöiden suunnittelua sekä toteutusta

Viimeisenä kysymyksenä työnjohtajalta kysyttiin neuvoja paikallavalun toteutukselle. Alla on listattu vastaukset:

- Ehdottomasti tulisi laatia jokaiselle työlle oma ”TESU” eli tehtäväsuunnitelma, jossa työnjohtaja suunnittelee työn prosessin kulkua ja huomioi mahdollisimman paljon yksityiskohtia.
 - Tehtäväsuunnitelman päätarkoitus on epävarmuuden (riskien) hallinta ja sellaisten ohjauskeinojen löytäminen, joilla tehtävä saadaan toteutumaan laadukkaasti ja luotettavasti. Tehtäväsuunnitelmalla on mahdollista minimoida tulevien taloudellisten poikkeamien syntymistä. Tämän lisäksi laatu ja aikataulu voidaan pitää hallinnassa. Kaikki tehtävät on suunniteltava ennen kuin niitä voidaan toteuttaa. Se miten laajasti, mitä asioita painottaen ja kuinka perusteellisesti suunnitellaan, tulee sopia jo työmaan laatu-

tai projektisuunnitelmassa. Tehtävät, joita pidetään syystä tai toisesta riskitehtävinä tai riskitekijöitä sisältävinä on ehdottomasti suunniteltava siten, että epävarmuutta saadaan vähennettyä. [12, s. 17.]

- Betonoinnin aikana betonityönjohtajan on oltava paikalla koko työn prosessin ajan. Tällöin jokainen ongelmatilanne on mahdollista ratkaista tehokkaasti ja laadua huomioiden. Näin esimerkiksi voidaan kontrolloida betonoinnin katkoja, jotka saavat olla enintään 15 minuuttia, muussa tapauksessa on riskinä pumppauslinjassa olevan betonimassan kovettuminen.
- Erittäin tärkeätä on tarkistaa kaluston kunto ja varmistaa, että kaikki tarvittavat apuvälineet ja kalusto on työpaikalla ENNEN betonoinnin aloittamista. Betonimassan tiivistämiseen käytettäviä tärysauvoja pitäisi olla kaksi kappaletta AINA. Ongelmatilanteessa, jos tärysauva joutuu epäkuntoon, voidaan ottaa käyttöön varakaluston.
- Yleisestikin huolellisuutta suunnitteluvaiheessa ja ennakoitua suunnitteluohjausta tuotantovaiheessa. Asiat sovittava ja käytävä läpi osapuolten kanssa ajoissa. Kun työmaalla alkaa kiire, työtehtäviltä katoaa laatuhallinta ja kustannushallinta.

4.1.2 Projekti-insinöörin haastattelu

Työtä varten haastateltiin SRV:n kokenutta projekti-insinööriä, joka oli tutkimuskoh- teessa tekniikan osaston päällikkönä. Haastattelusta on saatu paljon selventävää tietoa koskien tutkimuskohteen kustannusmuutoksia paikallavalu-urakoiden alkuperäisen urakkasumman lopullisen kus- tannusmuutoksen ja tämän syyt.

Saadakseen näihin kysymyksiin vastauksia on lähdetty tarkastaa toteutuneiden paikallavalu-urakoiden laskutettuja maksueriä ja muita laskuja SRV:n laskutusjärjestelmän kautta. Samalla pyrittiin löytämään syyt kyseisille kustannuksille, tarkistamalla liitteinä olevia tuntiappuja ja muita asiakirjoja. Vastauksia on saatu samanaikaisesti molempiin kysymyksiin, joten haastateltavan vastaukset ja tarkastetut kustannusmuutokset on jär- jestetty toteutuneiden urakoiden mukaan. Kaikkiaan haastattelussa on otettu huomioon neljää paikallavalu-urakkaa.

Haastattelusta on saatu paljon kustannuksiin liittyviä summia ja tämän lisäksi haastatel- tavan omia mielipiteitä syntyneisiin kustannusmuutoksiin. Haastateltavalta on myös saatu neuvoja tuleville hankinnoille, joiden mukaan voidaan pitää kustannukset kurissa. Kustannusmuutoksien vertailu on toteutettu prosenttilaskelmilla. Tämän lisäksi aliura- koitsijoiden nimet on vaihdettu nimiin "Urakka 1", "Urakka 2", "Urakka 3" ja "Urakka 4".

Kysymykset:

1. Usein korjaushankkeissa paikallavalu-urakoiden syntyvät kustannukset ylittävät niille asetetun budjettikynnyksen. Mistä tämä voisi johtua? Neljä toteutunutta paikalla- valutyötä esimerkkinä.
2. Mitä täytyy ottaa huomioon? Mitkä olisivat sinun korjaustoimenpiteesi näille on- gelmille?

Vastaukset ja kustannusmuutosten selvitys

Urakka 1: S6 lohkon pudotusaukkojen ummistus sekä S8 2 krs. uusien palkkien paikallavalu

Urakan nimen perusteella on toteutettu purkujätteen pudotusaukkojen ummistusvalut sekä uusien kattopalkkien paikallavalutyöt S8 loholla eli kyseisessä urakassa on ollut kaksi erityyppistä paikallavalua. Urakka on hankittu kokonaishinnalla ja maksueriä oli yhteensä 3, joten urakka oli melko pieni pv-töiden budjetin osalta. Alkuperäisen urakka-summan ja lopullisen maksetun summamäärän kustannusmuutokseksi on todettu 20,1%, joka on haastateltavan mielestä suhteellisen suuri budjetoidun kustannuksen ylitys, vaikka itse urakka olikin pieni.

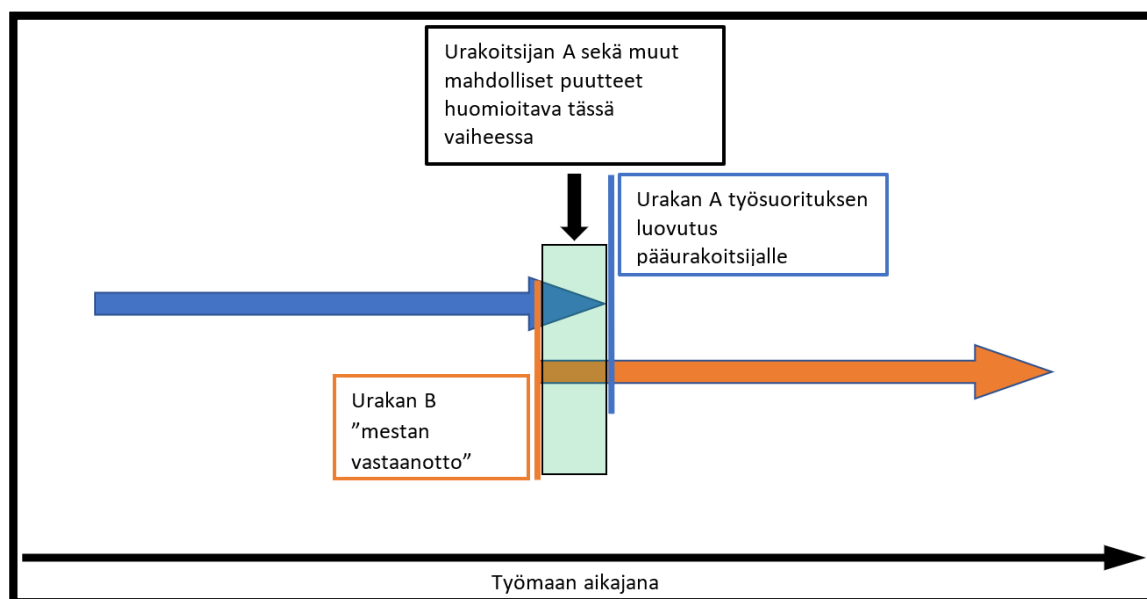
Urakan lisätöiden kustannukset sekä niiden syyt:

1. Urakkaneuvottelussa ei ole sovittu mitään betonirakenteen valmistelutöistä.
 - Tämä johti lisätöihin. Lisätyönä tehtiin muun muassa karhennuksia, pinnan putsausta ja muita betonipinnan valmistelevia töitä.
2. Betonirakenteeseen jouduttiin lisätä enemmän raudoitusta.
 - Saattoi puuttua mahdollisesti jokin suunnitelma tai detalji. Varsinaisen syyn selvittäminen on hankalaa, sillä urakka oli suoritettu aikoja sitten eikä maksueristä saa selkeää syytä.

Haastateltavan neuvot tuleville urakoille, koskien näitä tilanteita:

- Ehdotus 1: Urakkaneuvotteluissa sovittavat betonipinnan esikäsittelytyöt täytyy huomioida.

- Esimerkki: Työnjohtaja varmistaa urakkarajojen rakenteiden kunnan ennen urakkasopimuksen solmimista ja ilmoittaa siitä hankintainsinöörille. On myös tilanteita, jolloin hankintainsinööri voi selvittää rakenteiden valmiuden itsekin. Työnjaosta on sovittava ja varmistettava, että viestintä toimii oikein.
- Ehdotus 2: Sovittava mestan vastaanotto ENNEN edellisen urakan aliurakoitsijan mestan luovutusta pääurakoitsijalle.
- Tällä tavalla ristiin meneviä urakoita voidaan ohjata paljon tehokkaammin sekä säästää aikataulussa ja mahdollisissa kustannuksissa. Esimerkki: samalle työkohteelle seuraavan työtehtävän urakoitsija (urakoitsija A) saapuu mestan vastaanotolle ja toteaa, että valmistelutyöt ovat osittain tekemättä, vaikka neuvottelussa on sovittu, että alue on putsattu. Näin voidaan velvoittaa vielä työkohteessa olevaa urakoitsijaa (urakoitsija B) tehdä työt loppuun.



Kuva 18. Haastateltavan 2. ehdotuksen visualisointi

Urakka 2: S8 hissikuiluryhmän (S1-S3) paikallavalu

Urakassa oli toteutettu S8 loholla hissikuiluryhmän, jossa on 3 hissikuilua. Urakka oli hankittu kokonaishinnalla. Alkuperäisen urakkasumman ja lopullisen maksetun summamäärän kustannusmuutokseksi on todettu 8,7 prosenttiyksikköä. Prosenttien mittakaavassa ei ole kovin suuri ero, mutta urakkasummaan verrattuna se on vaikuttava. Kyseessä on suurempi kustannusmuutos, mitä oli 1. urakan tilanteessa. On tärkeää huomauttaa, että kyseisessä urakassa on tehty perusteellista hankintatyötä ja neuvoteltu laajamittaisesti urakkarajoista. Urakkasumma on silti kasvanut reilusti yli.

Urakan lisätöiden kustannukset sekä niiden syyt:

1. Työpiste ei ollut sovitun mukaan valmis.
 - Hissikuilun pohja ei ollut kokonaan valmis seuraava työvaihetta varten. Tämä synnytti ylimääräisiä kustannuksia, joita lisätyönä teki seuraava aliorakoitsija.
2. Raudoitusta lisätty.
 - Sama tilanne kuin 1. urakassakin. Lisätty raudoitusta epäselvistä syistä, mahdollisesti suunnitelmamuutoksista johtuen. Syntyneet kustannukset kohdistettiin SRV:lle. Varsinaisen syyn selvittäminen on hankalaa, sillä urakka oli suoritettu aikoja sitten eikä maksueristä saa selkeämpää syytä.
3. Työnjohdon huolimattomuusvirheet.
 - Työnjohdolla ei ollut selkeää käsitystä urakkarajoista. Työnjohto hyväksyi urakoitsijan tuntilaput, joissa oli kirjattu tuntityötä tehdystä urakan luonteesta työtehtävästä. Tämä johti 0,5 prosentin kustannusten kasvuun.

Haastateltavan neuvot tuleville urakoille, koskien näitä tilanteita:

- Pitäisi aina varmistaa työpisteen valmius seuraavaa urakkaa varten.
 - Työnjohtajan on varmistettava, että kaikki aiemman urakoitsijan työt on suoritettu loppuun. Sama asia niin kuin 1. urakassakin: mestaan vastaanotto ennen aiemman urakoitsijan mestan luovutusta.
- Työnjohtoa on ohjeistettava lukemaan urakoiden sopimukset ennen kuittaamista.
 - Ennen mitään aliurakoitsijan toimittamien tuntilappujen kuittaamista, täytyy varmistaa, että kyseistä työtä ei ole sovittu urakassa.

Urakka 3: S6 paikallavalu-urakka (pilasterit, palkit, seinät, holvi)

Urakassa oli toteutettu S6 lohkon manttelointivaluja sekä jäykistävien seinien paikallavaluja. Urakka oli hankittu kokonaishinnalla. Alkuperäisen urakkasumman ja lopullisen maksetun summamäärän kustannusmuutokseksi on todettu 28,3 %. Tästä osuudesta noin 21,1 % on rakennuttajan lisätöitä, joista oli sovittu erillisillä lisätyötarjouksilla. SRV:n omia lisätöitä on 7,2 %.

Urakan lisätöiden kustannukset sekä niiden syyt:

1. Puutteellinen urakkarajojen sopiminen.
 - Ei ole sovittu työnaikaisesta holvituennasta neuvottelussa.
2. Betonimassan toimitushäiriö.
 - Tilattu massa oli yli tunnin kuumana kesäpäivänä betoniautossa, sillä kuljettaja ei päässyt kohteeseen sillalla olevan esteen takia. Tästä johtuen betonimassa oli ehtinyt pilaantua ja betonimassa vietiin kaato paikalle.

- Kustannuksia syntyi myös pumppauslinjan purkamisen johdosta, sillä betonimassa on ehtinyt jo kovettua. Kovettuneen betonin purkaminen ja sen jätehuolto aiheutti ylimääräisiä kustannuksia.

3. Toteutusmenetelmän muutos.

- Kovettuneen betonin piikkaus, muottien vahvistus, valuyhteiden asennus – nämä kaikki työt johtuivat betonimassan toimitushäiriöstä. Syntyi lisää kustannuksia, joita kohdistettiin urakoitsijan lisätöiksi.

4. Pilasterin suunnitelmamuutos.

- Kyseessä on joko tilaajan suunnitelmamuutos, josta ei onnistettu sopimaan ajoissa, tai urakoitsijan työn toteutustavan muutos, johon SRV suostui ja mikä aiheutti kustannusten kasvun. Ei ollut mahdollista selvittää, aliurakoitsijan toimitetut tuntilaput osittain epäselviä.

Urakka 4: S8 loput paikallavutyöt (osa 2)

Urakassa oli toteutettu S8 lohkon manttelointivaluja, vanhojen porraskokkeiden ummistusvaluja ja P4 lohkon hissikuilun pv-työt. Urakka oli hankittu kokonaishinnalla. Alkuperäisen urakkasumman ja lopullisen maksetun summamäärän kustannusmuutokseksi on todettu 35 %. Tästä osuudesta noin 15,8 % on rakennuttajan lisätöitä, joista oli sovittu erillisillä lisätyötarjoajilla. SRV:n omia lisätöitä on 19,2 %.

Urakan lisätöiden kustannukset sekä niiden syyt:

1. Suunnitelma muutos tai huolimattomuusvirhe tarjousvaiheessa.

- Yksi syy voi olla, että tartuntatappien osuutta ei olla huomioitu ja tartuntatappit jäivät tilaamatta. Toinen syy voi olla, että kyseessä olivat puutteelliset detaljipiirustukset tai muu suunnitelma. Eli periaatteessa joko hankintavaiheen huolimattomuusvirhe tai ei ollut tarjousvaiheessa tarvittavia suunnitelmia.

2. S8 lohkon 3 krs pihakannen kattoikkunoiden muotti – ja raudoitustyöt.
 - Ilmeisesti suunnitelmamuutos. Tarkistetussa tarjouspyyntöaineistossa ei ole suunnitelmia kyseistä urakasta, eikä täten sitä ole tarjottu urakoitsijalle.
3. Hissikuilun pohjan tasoitus.
 - Tasoitus jäi huomaamatta tarjouspyynnössä sekä urakkaneuvottelussa. Tehtiin tuntitöinä, joka oli siis lisätöitä.
4. S8 lohkon 3 krs pihakannen kattoikkunoiden muotti- ja raudoitustyöt.
 - Ilmeisesti suunnitelmamuutos. Tarkistetussa tarjouspyyntöaineistossa ei ole suunnitelmia kyseistä urakasta, eikä täten sitä ole tarjottu urakoitsijalle.
5. Holvin lisätuenta ja väliaikaisen suojaseinän rakentaminen.
 - Holvin työnaikainen tuenta ja väliaikaisen suojaseinän rakentaminen (pölynhallintaa varten). Töitä ei ole huomioitu urakkaneuvottelussa, joten tehtiin lisätöinä.
6. TT-laattapiikkaus ja poraus.
 - Kyseessä urakan luonteisia töitä, mutta ei olla huomioitu tarjouspyynnössä eikä urakkaneuvottelussa. Tehtiin lisätöinä.
7. Hissikuilun suunnitelman muutos.
 - Osa raudoitussuunnitelmaa on muuttunut, jonka syystä jouduttiin tekemään muutos. Tehtiin lisätöinä.

Haastateltavan neuvot tuleville urakoille, koskien näitä tilanteita:

- Haastateltavan kokemuksen perusteella on tehtävä niin, että aloituspalaveriin mennessä aliurakoitsijaa ilmoittaa kaikki suunnitelmapuutteet. Näin voidaan ehkäistä liian suurta aikataulun venymistä ja kustannusten kasvua. Todennäköisesti tilanteesta syntyy joka tapauksessa kustannuksia ja aikataulu häiriintyy, mutta se vaikutus pienenee huomattavasti.
- On huomioitava samoja asioita, mitä on myös muissakin lisätöissä: ennen tarjouspyynnön lähettämistä selvitettävä kaikki vaativat työt urakkaa varten ja laadittava selkeä tarjouspyyntö. Urakkaneuvottelussa tarkennettavaa suunnitelmia ja urakkarajoja. Työnjohdolta ennakointia. Kaikkien osapuolien kesken pidettävä parempaa viestintää.

Haastateltavan kommentit koskien mahdollisia muita kustannusriskejä:

- Jos urakassa ei ole sovittu siivoamiset ja tavaroiden siirtämistä, syntyy piilokustannuksia, joita joutuu väärälle litteralle.
 - Kyseessä ovat siis materiaalin haalaukset, pölyn ja muiden epäpuhtauksien siivoukset, jotka syntyvät joka tapauksessa paikallavalutöistä. Lisäksi muiden roskien siivoukset työmaan jätelavoille yleisesti – ei huomioida kustannuksissa.
- Työnjohdon on tietävä paikallavalu-urakoiden sopimusehdot sekä urakkarajat.
 - Ei missään nimessä allekirjoitettava mahdollisia ylimääräisiä lisätöitä, jotka ovat jo urakassa.
- Heikko viestintä työmaajohdon sekä muiden osapuolien kanssa.
 - Tärkeätä on olla aina yhteydessä tilaajaan, suunnittelijoihin ja valvojiin. Sama koskee myös työmaajohdon sisäistä viestintää. Jos tieto kulkee heikosti tai jopa ei kulje ollenkaan, syntyy turhauttavia tilanteita, jotka vievät ylimääräistä aikaa niiden selvittämiseen ja lisäksi vaikuttavat huonosti kustannuksiin.

- Pitäisi vaatia pv-urakassa pinnan puhdistusta valun jälkeen. Esimerkki: kun tasoituksen urakoitsija aloittaa työnsä, hän tai jokin muu urakoitsija joutuu poistamaan mahdolliset betonin jäännökset pinnalta ennen tasoitusta. Syntyy ylimääräisiä kustannuksia, joita olisi voitu ehkäistä sopimalla puhdistuksen urakassa.

5 Kustannuspoikkeamien kokoaminen

Tämän luvun tarkoituksena oli selventää haastatteluista saatuja tietoja ja tehdä niistä tarkempaa syyselvitystä. Avuksi oli käytetty tämän työn liitteenä olevaa kustannuspoikkeamista luotuja taulukkoja. Näitä taulukkoja voidaan ottaa huomioon SRV:n tulevissa korjaushankkeissa erilaiset kustannusriskit, joiden avulla voitaisiin ehkäistä paikallavalutöiden budjetin ylittymistä ja jopa säästää kustannuksissa.

5.1 Paikallavalutöiden kustannushallinnan riskit

Saaduista tiedoista voidaan todeta, että kyseessä olevien tutkimuskohteen paikallavalu-urakoiden suurin vaikutus kustannuspoikkeamiin on aiheutunut eniten näistä syistä:

- Suunnitelmamuutokset ja täsmennykset
- Rakenteiden valmistelutyöt jäivät huomioimatta urakan tarjousvaiheessa sekä urakkaneuvottelussa.
- Ongelmatilanteiden ja kiireellisten tilanteiden selvittämiseen käytettyjä työtunteja eli haittatunteja

Liitteenä olevien kustannuspoikkeamien selvittämisen aikana on laskettu neljän urakan lisätöiden prosenttiosuuksia yhteen, joista on sitten todettu kolme varsinaista syytä kustannuspoikkeamille. Ensimmäisen syyn voidaan olettaa olevan peräisin tutkimuskohteen liian pieneen kustannusarvion johdosta. Tämä on hankalaa todeta varmasti, mutta kyseessä voi olla yksi mahdollisista kustannuspoikkeamien aiheuttajista. Hankkeen tarjousvaiheessa tiedettiin suunnitelmien keskeneräisyydestä, mikä käytännössä tarkoittaa

puutteellisesti tunnistettuja tarjousvaiheen riskejä. Tästä syystä onkin tullut vaikutusta kustannuslaskelmaan ja siitä myös toteutusvaiheen.

Toinen kohta sisältää itsessään monia asioita, jotka olisivat olleet ratkaistavissa tarkalla selvittelyllä. Hankintainsinööri ei ole eri syistä johtuen ottanut huomioon kaikkia urakkarajojen työtehtäviä ja työnjohtajat eivät ajallisesti ehtineet pohtia työsuorituksen toteutus suunnittelua. Syiden voidaan olettaa johtuvan muun muassa hankintaprosessin puutteellisista suunnitelmista, liian tiukasta aikataulusta, puutteellisesta resurssoinnista ja koronavirusinfektion aiheuttamasta kriisistä.

Koronaviruspandemian syyn seurauksena tutkimuskohteessa oli negatiivinen vaikutus aikatauluun, mikä vaikutti työmaan tehokkuuteen entisestään. Näiden lisäksi on huomattu epäselviä kohtia urakoitsijoiden tuntiapuissa, joista oli välillä hankalaa saada lisätyön tarkemmat syyt selville.

Viimeisempänä on todettu pienempiä lisätoita, jotka varsinaisesti koostuivat äkillisistä ongelmatilanteiden ratkomisesta tuntiöistä, kuten haastateltavan työnjohtajan kertomassa tilanteessa on saatu selville.

5.2 Neuvot kustannusten riskienhallintaan

Kaikki asiat, joista on keskusteltu haastatteluissa ovat kustannushallinnan riskejä ja kuten tutkimuskohteesta on huomattu – ne voivat toteutua. Tämä siis tarkoittaa, että niiden realisoituminen on mahdollista taas myös tulevissa hankinnoissa. Alla on koottu kaikki neuvot, joita on saatu haastatteluista, analysoitu ja tehty selkeään muotoon.

Työnjohtajan/Hankintainsinöörin kannalta tärkeimmät neuvot ja kustannuspoikkeamien riskien ehkäisymenetelmät:

1. Työnjohtajan tulisi ehdottomasti laatia jokaiselle työlle oma ”TESU” eli tehtäväsuunnitelma, jossa työnjohtaja suunnittelee työn prosessin kulkua ja huomioi mahdollisimman paljon yksityiskohtia.

2. Työnjohtoa on ohjeistettava lukemaan urakoiden sopimukset ennen mitään tuntilappujen kuittaamista. Työnjohdon tulisi tuntea urakkarajat.
3. Betonoinnin aikana betonityönjohtajan on oltava paikalla koko työn prosessin ajan.
4. Kaluston kunto on tarkistettava ja varmistettava, että kaikki tarvittavat apuvälineet ja kalusto ovat työpaikalla ENNEN betonoinnin aloittamista.
5. Sovittava mestan vastaanotto ENNEN edellisen urakan aliurakoitsijan mestan luovutusta pääurakoitsijalle.

Yleiset neuvot tarjouspyyntöön ja urakkaneuvotteluun sekä työprosessin ohjattavuuteen parantamiseen:

- Hankkeen tarjousvaiheessa on pyrittävä laatia kustannuslaskelma tarkemmin ja yksityiskohtaisemmin, käyttäen siihen kaikkia saatavilla olevia tietolähteitä, vaikka suunnitelmapuutteita saattaa olla paljon.
- Urakkamuodossa, jossa pääurakoitsija hankkii aliurakoitsijoita suorittaakseen hankkeen asetetut tavoitteet, on erittäin tärkeitä ennakoida sekä ohjata kustannuksia hankintatilanteessa sekä työprosessin aikana. Tämä koskee koko työmaahenkilökuntaa: työnjohtajat varmistavat kuitattavien tuntilappujen syyn ja työn onnistumisen, työmaainsinöörit valvovat ja ohjaavat todellisia kustannusmuutoksia ja muita tuotantoon liittyviä asioita, vastaava työnjohtaja kontrolloi tilannetta yleisellä tasolla ja varmistaa tavoitteiden toteutumisen suunnitellusti.
- Kirjanpidon periaatteita olisi syytä käydä hankkeen alussa läpi ja valvomista tehostettava. Kaikkien lisätöiden syyt on kirjattava auki tuntilappujen liitteeksi. Tällöin voidaan ehkäistä tilanteita, jolloin vain asiaa omaava työnjohtaja tietää kyseisestä työstä, kun taas muu henkilöstö ei ole perehtynyt asiaan.
- Tärkeätä on saavuttaa yhteisymmärrys työmaahenkilökunnan kesken niin, että jokaisella osallisella olisi kaikki tarvittava tiedossa ennen mahdollista toteutuvaa

riskiä. Viestintä täytyy myös toimia aliurakoitsijoiden kesken, jotta mahdolliset ongelmatilanteet olisivat minimoitu.

6 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli selventää toimeksiantajalle todelliset kustannukset paikallavaleituista betonirakenteista SRV Rakennus Oy korjaushankkeissa ja käyttää saatua tietoa apuvälineenä yrityksen tulevissa korjaushankkeissa, kun mietitään paikallavalutöitä ja niiden riskejä.

Opinnäytetyössä otettiin kantaa toteutettujen paikallavalutöiden haasteisiin korjaushankkeissa sekä tutkimuskohteessa laskutettujen lisätöiden syntyperään. Haasteiksi oli todettu korjaushankkeiden monimuotoisuus ja rakennusvaiheessa tapahtuvat suunnitelmamuutokset, jotka hankaloittavat työmaan toteutusta tavoitteiden puitteissa. Näiden lisäksi työssä perehdyttiin korjaushankkeissa tehtäviin paikallavalutyyppeihin sekä tekniseen, että taloudelliseen osaan. Työn tuloksena on luotu taulukot, joissa on koottuna selvitettyjen lisätöiden kustannusosuudet prosentteina sekä niiden syyt. Nämä taulukot ovat SRV:n käytössä aputyökaluna tulevissa paikallavalu-urakoiden laskelmissa.

Kustannushallinta on haastava työkokonaisuus tuotantovaiheessa. Korjaushankkeissa tämän työn vaativuus ja tärkeys korostuvat vielä enemmän, sillä kyseessä on monimutkaisempi hanke. Tästä syystä onkin tärkeätä, että kustannusten ennustaminen ja valvonta rakentamisvaiheessa tapahtuvat jatkuvasti ja suunnitellusti. On myös huomioitava, että suunnitelmat yleensä muuttuvat tämän tyyppisissä hankkeissa. On osattava varmistaa kustannusarvion rajoja ja pitää työmaan tuotantosuunnittelua todellisena.

Lähteet

- 1 Sanna Luukkarinen, Anni Kärki, Arto Saari, Juha-Matti Junnonen, Lisärakentaminen osana korjausrakentamishanketta, 2011 Helsinki: Ympäristöministeriö
- 2 Rakennushankkeen kustannushallinta 2018 (Ratu KI-6033). 2018. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 3 Lindholm, Mika. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy
- 4 Korjausrakentamisen kustannuksia 2021. 2021. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 5 Paikallavalu vaihtoehtona. 1996. Lahti: RTT Rakennustuoteteollisuus ry.
- 6 Betonitekniikan oppikirja 2004. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry
- 7 Verkkosoite:<<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisen-valmistelu/urakoitsijan-aikataulusuunnittelu>> Luettu 04.01.2022
- 8 Betonitekniikan oppikirja 2018. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry
- 9 Suomen Betoniyhdistys ry. Betonitöiden suunnittelu ja valmistelu. Verkkodokumentti. <<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonitoiden-suunnittelu.html>> Luettu 14.11.2021.
- 10 Betonitekniikka RIL 119. 1979. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry
- 11 Ratu 1201-S Paikalla rakennettavat rungot, Tehtäväsuunnittelu - aliurakka, työkauppa. 2002. Rakennustieto Oy
- 12 Rakentamisen tuotantotekniikka 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 13 Teräsbetonipilarin vahvistaminen betonimanttelilla. Diplomityö. Sami Rautiainen

Paikallavalutöiden kustannuspoikkeamien lisätyöt tutkimuskohteessa

Siltasaari 10 - hankkeen PV-urakoiden kustannusmuutokset		
Urakka (x)	Urakan nimi	Urakkasumman kustannusmuutos Alkuperäinen budjetti ± X%
Urakka 1	S8 lohkon 2 krs pudotusaukkojen paikallavalu ja uusien palkkien valu	+20,1%
Urakka 2	S8 lohkon hissikuluryhmän (S1-S3) paikallavalu	+8,7%
Urakka 3	S6 lohkon paikallavalut (pilasterit, palkit, seinät, holvi)	+29,3%
Urakka 4	S8 lohkon loput paikallavutyöt (osa 2)	+33,5%

Urakka 1: S6 lohkon pudotusaukkojen paikallavalu ja S8 lohkon 2 krs uusien palkkien valu				
Urakasumman kustannusmuutos Alkuperäinen budjetti ± X%	Lisätyt Urakkaan kuulumattomat työt, joita tehtiin lisätöinä	Lisätöiden kustannukset Lisätöiden kustannusosuus lopullisesta urakkasummasta	Syyt Selvitetyt syyt kustannusmuutoksille	
	1. lisätyö Valmistelutyöt (karhennukset, vanhan pinnan poisto, pinnan kastelu ennen valua)	3,50 %	Ei ole sovittu valmistelutöitä urakkaneuvottelussa.	
+20,1%	2. lisätyö Suunnitelman muutos: lisätyt raudoitukset	6,30 %	Täytyi lisätä raudoitteita betonirakenteeseen. Syynä mahdollisesti suunnitelma- tai detaljipuute. Varsinaisen syyn selvittäminen on hankalaa, liian vähän tietoa löydetty.	
	3. lisätyö Suunnitelman muutos: epäselvä syy	10,30 %	Tuntityönä tehty noin 10% kaikista lisätöistä, mutta syy jäi epäselväksi. Tuntilapussa kirjattu muuttotöitä ja raudoitusta. Kyseessä saattaa olla jokin puute suunnitelmassa. Kustannukset kohdistuivat kuitenkin SRV:lle.	

Urakka 2: S8 lohkon hissikuluryhmän (S1-S3) paikallavalu			
Urakkasumman kustannusmuutos Alkuperäinen budjetti ± X%	Lisätyöt Urakkaan kuulumattomat työt, joita tehtiin lisätöinä	Lisätöiden kustannukset Lisätöiden kustannusosuus lopullisesta urakkasummasta	Syyt Selvitetyt syyt kustannusmuutoksille
+8,1% *(+8,7%)	1. lisätyö Toisen urakoitsijan töiden loppuun saaminen	1,00 %	Ei ole sovittu mitään valmistelutöistä urakkaneuvottelussa.
	2. lisätyö Suunnitelman muutos: muotin vahvistus ja raudoitteen lisäys	2,60 %	Joistain syystä oli tarvetta lisätä raudoitteita betonirakenteeseen. Mahdollisesti saattoi puuttua jokin suunnitelma tai detalji. Varsinaisen syyn selvittäminen on hankalaa.
	3. lisätyö Pumppausletkun haalaus	0,20 %	Urakkaan kuulumaton työ. Päätettiin kuitenkin tehdä kyseisellä urakoitsijalla. Syynä voi olla huonosti suunniteltu työn toteutus: ei saatu ajoissa tuntimiehiä paikalle.
	4. lisätyö Vaade toiselle urakoitsijalle	(0,6%)	*Jälkikäteen kohdistettu lasku vaateena toiselle urakoitsijalle keskeneräisestä työstä. Käytännössä ei ole SRV:lle kohdistunut lasku. Ei ole 1. lisätyö - kyseessä eri tilanne.
	5. lisätyö Muita tunteja (epäselvä)	4,30 %	Tuntityönä tehty, mutta syy jäi epäselväksi - tuntiapuissa kirjattu muottitöitä ja raudoitusta. Kyseessä saattaa olla jokin puute suunnitelmassa. Kustannukset kohdistuivat kuitenkin SRV:lle.

Urakka 3: S6 lohkon paikallavalut (pilasterit, palkit, seinät, holvi)			
Urakkasumman kustannusmuutos Alkuperäinen budjetti ± X%	Lisätyöt Urakkaan kuulumattomat työt, joita tehtiin lisätöinä	Lisätöiden kustannukset Lisätöiden kustannusosuus lopullisesta urakkasummasta	Syyt Selvitetyt syyt kustannusmuutoksille
+7,7% *(+29,3%)	Rakennuttajan lisätyöt	21,60 %	*Rakennuttajan kanssa sovitut lisätyöt, joista SRV teki erillisen lisätyötarjouksen. Ei liity SRV:n ja alirakkoitsijan välisiin lisätöihin.
	1. lisätyö Holvituenteojen asennukset	0,30 %	Holvitukijien asennuksista ei ole sovittu urakkaneuvottelussa.
	2. lisätyö Pilarin mantteloinnin suunnitelmamuutos	2,70 %	Suunnitelmamuutos pilarin mantteloinnissa. Pilarin mantteloitavan osuuden koko muuttui ja tästä syystä materiaaleista sekä työtunneista syntyivät ylimääräiset kustannukset.
	3. lisätyö Betonimassan toimitushäiriö ja aiheutuneet seuraukset	2,70 %	Toimitushäiriön vuoksi betonimassa ei saapunut työmaalle, mikä johti jo käynnissä olevan valun keskeyttämiseen. Tämä taas johti pumppauslinjan tyhjentämiseen, betonimassan jätehuoltoon sekä ylimääräisiin tuntitöihin. Seuraavana päivänä jouduttiin purkaa muottia, piikkaamaan keskeneräistä rakennetta ja rakentaa osa muottia uudestaan.
	4. lisätyö Valmistelutyöt eivät olleet sovittu urakassa	2,00 %	Ei ole sovittu mitään valmistelutöistä urakkaneuvottelussa.

Urakka 4: S8 loput paikallavutyöt (osa 2)			
Urakkasumman kustannusmuutos Alkuperäinen budjetti ± X%	Lisätyöt Urakkaan kuulumattomat työt, joita tehtiin lisätöinä	Lisätöiden kustannukset Lisätöiden kustannusosuus lopullisesta urakkasummasta	Syyt Selvitetyt syyt kustannusmuutoksille
+19,2% *(+35%)	Rakennuttajan lisätyöt	15,80 %	*Rakennuttajan kanssa sovitut lisätyöt, joista SRV teki erillisen lisätyötarjoituksen. Ei liity SRV:n ja aliurakoitsijan välisiin lisätöihin.
	1. lisätyö Tartuntatappien poraus ja asennus	7,50 %	Urakkasopimuksessa on sovittu yksikköhinta tartuntatappeille. Käytännössä ei ole lisätyötä vaan urakan sovittu yksikköhintana suoritettava työ, johon ei arvioitu mitään kustannuksia.
	2. lisätyö Suunnitelmamuutos (epäselvä)	1,00 %	Suunnitelmamuutokset aiheutuneet ylimääräiset työt: liukuporrastuenta ja aukkojen ummistukset. Lisäksi holvin raudoitusta ja muottitöitä.
	3. lisätyö Hissikuilun pohjan tasoitus	0,20 %	Hissikuilun tasoitus jäi huomaamatta eikä urakkaneuvottelussa sovittu mitään. Tehtiin lisätyönä.
	4. lisätyö 3 kerroksen kattoikkunoiden muottien rakennus ja raudoitustyö	8,20 %	Lisätyönä suoritettu pv-työ (muotti- ja raudoitustyö). Ei ole ollut urakassa ja on päätetty tehdä samalla urakoitsijalla. Syynä voi olla kuitenkin hankinnan puute.
	5. lisätyö Lisätuenta ja väliaikaisen suojaseinän rakentaminen	0,40 %	Holvin työnaikainen tuenta ja väliaikaisen suojaseinän rakentaminen (pölynhallintaa varten). Töitä ei ole huomioitu urakkaneuvottelussa, joten tehtiin lisätyönä.
	6. lisätyö TT-laattapiikkaus ja poraus	0,40 %	Kyseessä jokin muutos. Ei huomioitu urakkaneuvottelussa.
	7. lisätyö Hissikuilun suunnitelman muutos	1,50 %	Suunnitelmamuutokset aiheutuneet ylimääräiset työt: Hissikuilun rauditus (osa)