



Mikko Sorvoja

ELEMENTTI- JA PAIKALLAVALURAKENTAMISEN

KUSTANNUSVERTAILU

**ELEMENTTI- JA PAIKALLAVALURAKENTAMISEN
KUSTANNUSVERTAILU**

Mikko Sorvoja
Opinnäytetyö
Syksy 2011
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, tuotantotekniikka

Tekijä(t): Mikko Sorvoja

Opinnäytetyön nimi: Elementti- ja paikallavalurakentamisen kustannusvertailu

Title of thesis: Cost Comparison of Element and In-Situ Cast Construction

Työn ohjaaja(t): Antero Stenius

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: 12/2011 Sivumäärä: 52+ 1 liitettä

Elementti- ja paikallavalurakentamisen kustannusvertailun tavoitteena oli saada kustannustietoa kahden toisistaan poikkeavan rakennusmenetelmän välillä. Tarkoituksena oli selvittää elementti- ja paikallavalurakentamisen väliset kustannuserot, joita Lapin Teollisuusrakennus voisi käyttää vastaaviin kohteita laskiessa.

Työn päätarkoitus oli eri rakennusmenetelmien kustannuksien laskeminen ja vertailu. Työssä perehdyttiin myös työtekniikkaan, työturvallisuuteen ja aikatauluihin, joita käytettiin apuna kustannusvertailussa. Opinnäytetyö aloitettiin paikalla valuseinän kustannustietojen keräämisellä ja elementtitarjouksen pyytämällä. Tämän jälkeen kerättiin yleistietoa paikallavalusta, elementtirakentamisesta, työturvallisuudesta ja työmaa-aikataulutamisesta. Lopuksi taulukoitiin kustannukset paikalla- ja elementtirakentamisesta sekä analysoitiin rakennustavat myös aikataulun, työturvallisuuden ja toteutusmenetelmän osalta.

Elementtirakentaminen on tässä kohteessa edullisempi vaihtoehto. Kohde on hyvin vaativa korkean sijainnin ja päällekkäisten työvaiheiden takia. Suuret telinetyöt nostavat paikallavaluseinän kustannukset korkeaksi. Kustannusvertailuun vaikuttavat voimakkaasti taloussuhdanteet, jotka vaikuttavat elementtien hintaan ja muuttavat helposti tilannetta. Kuitenkin 45 %:n ero elementtirakentamisen hyväksi on huomattava. Tietojen puutteellisuus vaikuttaa hieman vertailuun, mutta suunta on oikea ja tietoja voi soveltaa vastaavia kohteita laskettaessa sekä mietittäessä rakennusmenetelmää kohteeseen. Tämä opinnäytetyö osoittaa, että on kannattavaa miettiä rakentamistekniikkaa ja tehdä jälkilaskentaa rakennetuista kohteista yrityksen kilpailukyvyn ylläpitämiseksi.

Asiasanat: Betoni, betonielementti, betonimuotti, elementtirakentaminen, paikallavalu, vertailu

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| TIIVISTELMÄ | 3 |
| SISÄLLYS | 4 |
| 1 JOHDANTO | 6 |
| 2 MUUNTAJAHUONE 1103 | 8 |
| 3 ELEMENTTI- JA PAIKALLAVALURAKENTAMINEN | 13 |
| 3.1 Betonirakentaminen | 13 |
| 3.2 Paikallavalun työvaihekuvaus | 15 |
| 3.3 Elementtirakentamisen työvaihekuvaus | 17 |
| 3.4 Tuotantoprosessin vertailu | 18 |
| 4 TYÖMAAKUSTANNUSTEN MUODOSTUMINEN | 20 |
| 4.1 Työmaan kustannukset | 20 |
| 4.2 Kustannuslaskennan toteuttaminen paikallavalussa | 22 |
| 4.3 Elementtirakentamisen kustannuslaskenta | 23 |
| 4.4 Jälkilaskenta | 23 |
| 5 KUSTANNUSLASKELMAT | 26 |
| 5.1 Paikallavalu | 26 |
| 5.2 Elementti | 27 |
| 6 TYÖMAA-AIKATAULU | 29 |
| 6.1 Ajallinen suunnittelu | 29 |
| 6.2 Yleisaikataulu | 30 |
| 6.3 Rakentamisvaiheaikataulu | 31 |
| 6.4 Paikallavalu | 31 |
| 6.5 Elementti | 32 |
| 7 TOTEUTUSMENETELMIEN VERTAILU TYÖMAALLA | 34 |
| 7.1 Paikallavalurakentamisen höydyt | 34 |
| 7.2 Haitat | 35 |
| 7.3 Elementtirakentamisen höydyt | 36 |
| 7.4 Haitat | 37 |
| 8 TYÖMENETELMÄN VÄLILLISET VAIKUTUKSET TYÖMAAHAN | 38 |
| 9 TYÖTURVALLISUUS | 41 |

| | |
|---|----|
| 9.1 Yleinen työturvallisuus rakennustyömailla | 41 |
| 9.2 Paikallavalurakentamisen työturvallisuus | 42 |
| 9.3 Elementtirakentamisen työturvallisuus | 44 |
| 10 JOHTOPÄÄTÖKSET | 46 |
| 10.1 Kustannukset | 46 |
| 10.2 Aikataulu | 48 |
| 10.3 Työturvallisuus | 48 |
| 11 POHDINTA | 50 |
| LÄHTEET | 51 |
| LIITTEET | |

1 JOHDANTO

Kustannusvertailujen laatimisella pyritään löytämään paras tuotantoratkaisu, jotta voidaan parantaa kilpailukykyä ja alentaa kustannuksia. Tuotantomenetelmän valintapäätös perustuu laskelmiin eikä se näin ole tuntumaan perustuva. Vertailulaskelmilla pyritään löytämään hankkeen saannin ja toteutuksen kannalta paras työmenetelmä-, työjärjestys-, alihankinta- sekä kalustovaihtoehto. Vaihtoehtoinen rakennusmenetelmä voi myös olla kustannustehokkaampi ja se voi parantaa lopputuotteen laatua ja lyhentää hankkeen kestoa. (Enkovaara – Haveri – Jeskanen 2000, 108.)

Opinnäytetyössä vertaillaan paikallavalu- ja elementtirakentamista. Vertailu tehdään kahden eri rakennusmenetelmän kustannuksista, aikatauluista, työtekniikoista sekä työturvallisuudesta. Työssä tutkitaan myös työtekniisiä eroavaisuuksia sekä välillisiä vaikutuksia työmaahan.

Kustannusvertailu kohteena ovat kattilarakennuksen muuntajahuoneen 1103 betoniseinät. Urakoitsija Lapin Teollisuusrakennus olisi halunnut tehdä seinät elementeistä, mutta tilaaja ei suostunut muutokseen lähinnä suunnittelijoiden resurssipuutteeseen vedoten. Ajatuksena oli vertailla kustannuksia tällaisessa kohteessa, jossa elementtirakentaminen olisi ollut hyvä vaihtoehto.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada ajankohtaista tietoa kyseisten rakentamistapojen kustannuksista. Tämän jälkeen pystytään vastaavien työmaiden tullessa kohdalle vertailemaan, voitaisiinko vaihtoehtoisesti harkita elementtien käyttöä paikallavalun sijaan. Tarkoituksena on myös perehtyä työmaan kustannushallintaan sekä jälkilaskennan perusteisiin.

Tarkoitus on, että valutöiden valmistuttua lasketaan jälkilaskentana todelliset kustannukset, joita verrataan Ylitornion Betonituotteelta saatuun elementtitarjo-

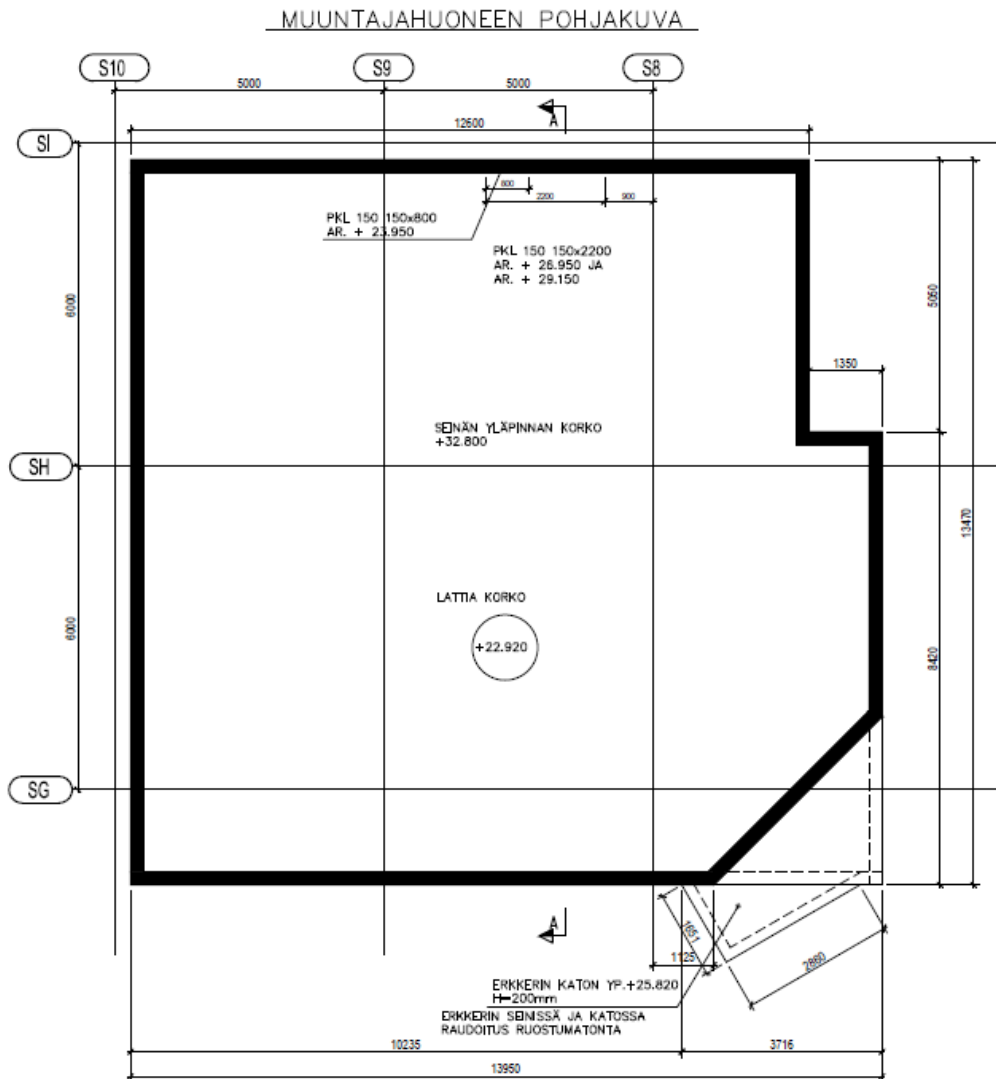
ukseen. Työn viivästymisen takia laskennassa käytetään Ratu-kortiston työmenekkitietoja. Tämän perusteella voi arvioida työtapojen taloudellisuutta kyseisessä kohteessa, joka sijaitsee Junkkalanniemessä Tornion Outokummun terästehtaalla.

Työn tilaaja Lapin Teollisuusrakennus Oy on toiminut rakentamisen alalla vuodesta 1983. Toimialueina ovat Oulu, Lappi ja Etelä-Suomi sekä projektiluontoisia kohteita on ympäri Suomea. Kohteena on teollisuus-, uudis- ja korjausrakentaminen. Liikevaihto oli vuonna 2010 yli 29 miljoonaa euroa. Yrityksessä työskentelee yli 100 työntekijää. (Kokemuksella vuodesta 1983. 2010.)

Elementtitarjouksen toimittaa Ylitorion Betonituote Oy (YBT). YBT valmistaa betonivalmisteita ja tarjoaa palveluja suunnittelusta asennukseen. YBT on perheyriutus, joka on aloittanut toimintansa vuonna 1958. Tuotantotehtaita on Ylitorionilla, Raahessa ja Kuhmossa. Yrityksen palveluksessa on 50 työntekijää. Elementit suunnitellaan ja valmistetaan tehdastiloissa. (Suunnittelusta asennukseen. 2011.)

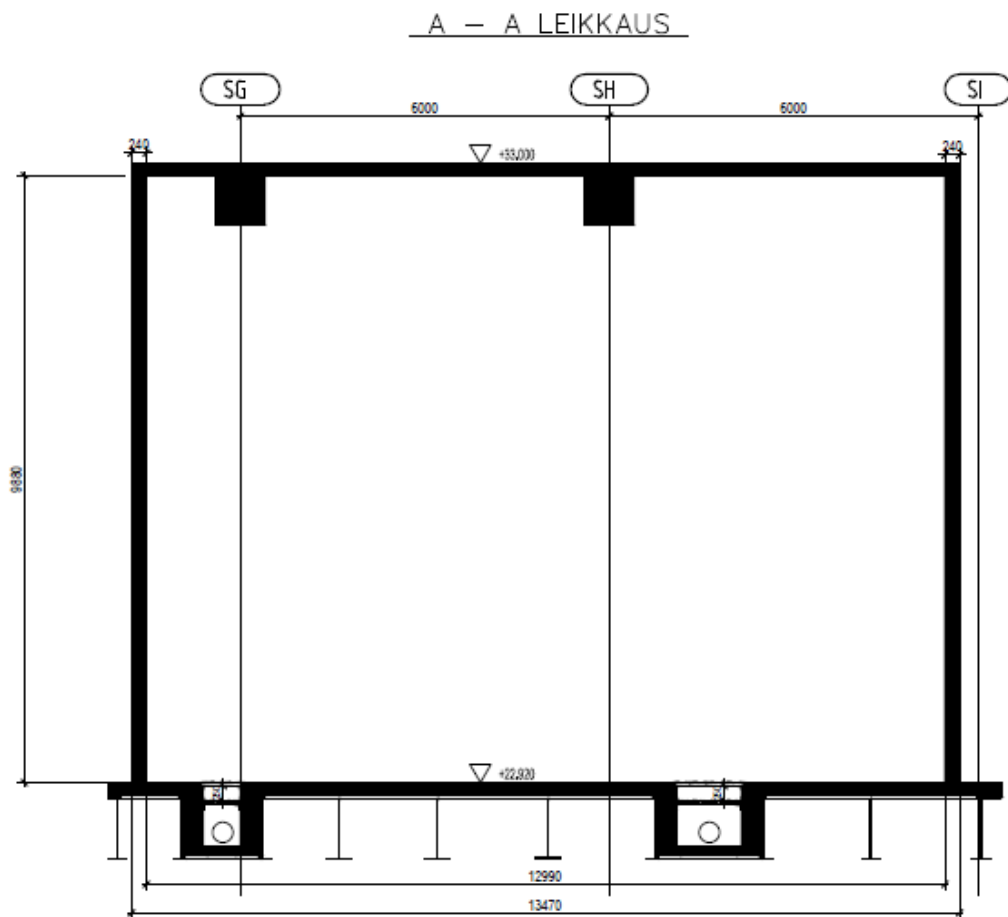
2 MUUNTAJAHUONE 1103

Opinnäytetyössä perehdytään terästehtaan kattilarakennuksen muuntajahuoneen paikallavalu- ja elementtirakentamisen kustannusvertailuun. Kustannusvertailun paikallavalukohde kuuluu F3-projektiin, joka kaksinkertaistaa Outokummun ferrocromin tuotannon. Se sijaitsee uuden linjan kattilarakennuksessa. Muuntajahuoneen lattia on maanpinnasta noin 17 metrin korkeudessa rakennuksen ulkonurkassa, mikä tuo haasteellisuutta rakentamiseen. Kuvissa 1 ja 2 on esitetty muuntajahuoneen 1103 pohjakuva ja A-A-leikkaus. Kattilarakennus on teräsrakenteinen, välipohjat ovat betonirakenteisia ja ulkoseinät tulevat Paroc-elementeistä. Lapin Teollisuusrakennuksen urakkaan kuuluvat kattilarakennuksen välipohjien pintalaattojen valu sekä muuntajahuoneiden betonirakenteet. Muita urakoitsijoita työmaalla on noin kymmenen.



KUVA 1. Muuntajahuoneen 1103 pohjakuva

Yksi muuntajahuone käsittää pohjalaatan, seinät ja kattoholvin. Pohjalaatan alla on kantava teräsrunko, johon laatta ja koko muuntajahuone tukeutuvat. Pohjalaatta on 250 mm vahva ja se on valettu liittopellin päälle. Laattaan asennetaan tartuntateräkset seiniä varten. Lattiapinta-ala on muuntajahuoneessa vajaat 200 m², seinät ovat 240 mm vahvat ja 10 metriä korkeat ja kattoholvin paksuus on 200 mm.



KUVA 2. Muuntajahuoneen 1103 A-A-leikkaus

Opinnäytyissä käytettiin apuna muuntajahuoneen 1103 työpiirustuksia. Seuraavassa on tarkempia tietoja muuntajahuoneen seinärakenteesta ja materiaaleista:

- suunniteltu käyttöikä 50 vuotta
- seinien palonkestoluokka R240
- laatuluokitus A-2-40
- rasitusluokka XC3
- betoni K40-2
- betoniteräs T=A500HW, E=B600KX (ruostumaton)
- betonipeitteen nimellisarvo, kun betoniteräksen sallittu mittapoikkeama on 10 mm: seinien ulkopinnassa 35 mm, seinien sisäpinnoissa 60 mm

- seinien sisäpinnassa lohkeilun estämiseksi teräsverkko $\varnothing 3$ K100x100, verkon etäisyys 15-25 mm rakenteen pinnasta
- kuormat seinille: sisäpuolella q painekuorma 5kN/m²
- seinäraudoitus on irtotangoilla sisäpinnassa A T12 K200, A T12 K200 ja ulkopinnassa A T16 K200, A T12 K200
- seinätartunta pohjalaatasta on D T16 K200 ja yläpään D T12 K200
- seiniin tulee kiinnityslevyjä
- muuntajahuoneeseen tulee yksi erkkeri
- erkkeristä tulevat läpi virtakiskot, joten siihen on suunnittelija valinnut ruostumattoman teräksen
- seinät ovat 10 000 mm korkeat ja 240 mm paksu
- seinää on 52 jm työsauman korkeus 6800 mm. (RU8 työpiirustus sulatto, muuntajahuone 1103, välillä SG-SI/S7-S10, raudoitus. 2011.)
-

Muuntajahuoneen 1103 seinien muottityön valmistelut aloitettiin heinäkuussa 2011 kartoittamalla yrityksen muottikaluston sijaintia ja saatavia kappalemääriä. Kalustoinventaarion pohjalta aloitettiin muottisuunnitelman tekeminen. Suunnitelma tehtiin käyttäen apuna raudoituspiirustusta, josta saatiin muuntajahuoneen päämitat, jotka näkyvät kuvassa 1. Suunnitelma oli haasteellinen toteuttaa, koska rakennuksen ulkoseinän teräspilarit ja -palkit katkaisivat ulkopuolisen muotin.

Muottityön jouduttiin muuttamaan siten, että ykkösmuotiksi tuli muuntajan sisäpuolinen muotti, koska muuten ulkopuolista muottia ei saanut tuettua tarpeeksi hyvin pystytysvaiheessa. Ykkösmuotti nostettiin kerralla ylös asti, jotta sisäpuolinen sirpaleverkko ja raudoitus saatiin asennettua yhtenäisenä ylös asti ilman työsaumaa. Ulkopuolinen muotti rakennettiin joka pilariväliin erikseen ja katkaistiin vaakapalkkien kohdalta.

Seinän raudoittaminen, tuplaaminen ja betonointi tapahtuivat muuntajahuoneen ulkopuolelta olevilta telineiltä. Ulkopuoliset telineet rakennettiin alapuolisen kerroksen päältä tulevien ulokekonsolien varaan kuvan 3 mukaisesti.



KUVA 3. Teräskonsolit paikoilleen asennettuina

3 ELEMENTTI- JA PAIKALLAVALURAKENTAMINEN

Opinnäytetyössä perehdyttiin yleisesti betonirakentamiseen sekä paikalla- ja elementtirakentamisen kustannuksiin. Lisäksi esiteltiin työmenetelmien vaiheet.

3.1 Betonirakentaminen

Paikallavalurakentaminen koostuu kolmesta työvaiheesta, joita ovat muotti-, raudoitus- ja betonointityö. Kuvassa 4 näkyy yksi paikallavalurakentamisen työvaiheista betoniraudoitus. Elementtirakentamisessa ovat samat vaiheet, mutta ne sijoittuvat yleensä sisätiloihin tehtaalle ja valmistuksen jälkeen elementit kuljetetaan työmaalle sekä asennetaan paikoilleen.

Valmiin rakenneosan onnistuminen edellyttää, että suunnitelmat, laatu, tekniikka, työnsuunnittelu ja työnsuoritus sopeutuvat yhteen. Tässä tulee ottaa huomioon rakentamisaikaiset sekä käytönaikaiset olosuhteet. (Betonitekniikan oppikirja 2004 by 201. 2005, 191–192.)



KUVA 4. Valmista seinäraudoitusta

Betonirakenteet ovat yleensä teräsbetonirakenteisia, joissa teräs ottaa vastaan vetorasitukset ja betoni puristusrasitukset. Teräsbetonin ominaisuuksia ovat suuri ominaispaino ja siitä johtuen myös hyvät palonkesto-, jäykkyys-, lujuus- ja ääneneristysominaisuudet. Betonin muita hyviä ominaisuuksia ovat joustavat suunnittelu- ja valmistusominaisuudet, muotoiltavuus, kotimaisuusaste ja energiantarve valmistuksessa käyttöikään nähden sekä mahdollisuus uusiokäyttöön. Teräsbetonia voidaan käyttää hyväksi monilla eri rakentamisen osa-alueella aina teollisuudesta asuinrakentamiseen. Betonitekniikan oppikirja 2004 by 201. 2005,191–192.)

3.2 Paikallavalun työvaihekuvaus

Paikallavalun tuotannonprosessi jakautuu kolmeen eri vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe käsittelee kuljetusta. Toinen vaihe sisältää muotituksen, raudoituksen ja valutyöt. Kolmas työvaihe keskittyy jälkihoitoon ja kuivumiseen.

Tuotantoa suunniteltaessa betonointisuunnitelma ja –pöytäkirja ovat tärkeässä osassa ja suunnitelmaa kannattaa käyttää tarkistuslistana betonoinnissa. Suunnitelmaosuus tehdään ennen betonointityön aloittamista, ja pöytäkirjaan voi myös tehdä täydennyksiä betonoitaessa ja sen jälkeen. Betonointisuunnitelman teossa voi käyttää apuna by 401 -lomaketta. Lomake toimii niin tuotannon- ja laadun suunnittelussa kuin dokumentoinnin apuvälineenäkin. Betonointipöytäkirjaan kannattaa sisällyttää ainakin yleistiedot kohteesta, muotit, raudoitus, betoni, betonointi, koekappaleet ja jälkityöt. (Betonitekniikan oppikirja 2004 by 201. 2005, 210.)

Tuotantoprosessin ensimmäisessä osassa betoni tuodaan työmaalle tuoreena työstettävässä muodossa. Betoni otetaan työmaalla vastaan joko vastaanotto-asemaan tai siirretään suoraan kohteeseen pumppaamalla tai betoninnostoastialla. (Koski – Koskenvesa – Mäki – Kivimäki 2010, 61–84.)

Toisessa työvaiheessa järjestetään tuoreelle betonille muotit ja raudoitus. Muotin valintaan kohteessa vaikuttavat seinien paksuus, korkeus, määrä, sijainti ja vuodenaika. Muottirakenne on väliaikainen ja se tukee, kantaa ja suojaa betonia betonoinnin sekä kovettumisen aikana. Muotit voidaan jaotella neljään eri pääryhmään seuraavasti: järjestelmämuotit, pienet muottiyksiköt, suuret muottiyksiköt ja paikalla tehdyt kertakäyttöiset muotit. Muuntajahuoneen seinien muottityössä käytettiin järjestelmämuottia merkiltään NOE. Kuvassa 5 on muottityö alkamassa. (Koski ym. 2010, 61–84.)



KUVA 5. NOE-järjestelmämuotin asennusta

Raudoituksen tarkoituksena on vahvistaa betonin huonoa vetolujuuskestävyyttä laittamalla terästä betonin sekaan. Betoniterästen tuoma vetolujuudenkestävyys parantaa myös leikkauslujuutta. Rauditus suoritetaan, kun ensimmäinen muotti on valmiina tai tehdään valmiiksi pöydässä ja nostetaan suoraan paikoilleen. (Koski ym. 2010, 61–84.)

Muotin ja raudoituksen ollessa valmiina suoritetaan betonointi joko pumpulla pumppaamalla tai betonin nostoastialla. Betonointiaessa noudatetaan betonointisuunnitelmaan merkittävät ohjeita, esimerkiksi nousunopeutta ja tiivistämistä.

Kolmas työvaihe käsittelee valetun betonoinnin jälkihoitoa ja lujuuden kehittymistä. Hyvään lopputulokseen pääsy edellyttää jälkihoitoa, lujuuden kehityksen seuranta ja siihen reagoimista. Jälkihoito riippuu ympäröivistä olosuhteista. Kylmällä säällä betonia pitää lämmittää, jotta se ehtii saavuttaa riittävän lujuuden ennen betonin jäähtymistä. Olosuhteiden ollessa lämpimät pitää kohdetta mahdollisesti jäähdyttää, jotta lämpötilan ero ei kasva liian suureksi. Lujuuden kehittymistä seuraamalla voi hallita jälkihoitoa, muotipurkua ja rakenteen kuormittamista. (Koski ym. 2010, 61–84.)

3.3 Elementtirakentamisen työvaihekuvaus

Elementtirakentamisen tuotantoprosessi jaotellaan työmaan näkökulmasta kolmeen työvaiheeseen: kuljetus, asennus ja rakentamisen aikainen stabiliteetti sekä elementtien juottaminen. Tässä tuotantoprosessikaaviossa ei käsitellä ollenkaan elementtien valmistamista, vaan tässä keskitytään rakennusvaiheisiin työmaalla.

Kuljetuksessa työmaalle tuodaan valmiit tehdasolosuhteissa valmistetut elementit. Seinäelementit otetaan vastaan työmaalla joko kampatelineeseen varastoon tai asennetaan suoraan paikoilleen. Purku- ja varastointialueen tulee olla tarpeeksi suuri ja maapohjan kantava, jotta pystytään käsittelemään raskaita elementtejä työturvallisesti niiden rikkoontumatta. (Koski ym. 2010, 97–110)

Asennus aloitetaan elementtien asennussuunnitelman teolla. Suunnitelmaan sisällytetään seuraavia asioita: asennus- ja toimitusaikataulu sekä asennusjärjestys, nostokalusto ja -alueet, työryhmä ja tarvittavat työmaan aputoiminnot, asennusaikainen tuenta, lopullinen kiinnitys, sauma- ja juotosvalumenetelmät sekä niihin liittyvät materiaalit, mittatarkkuus ja muut asennustyön laatuvaatimukset. Mittaaminen on tärkeä osa elementtien asennuksen alkuvaiheessa, koska virheet korostuvat helposti asennuksen edetessä. Elementtien mittaustyö

on paikallavalurakentamista haasteellisempaa, koska elementit tulisi saada paikoilleen ilman, että niitä täytyy sahata tai piikata. (Koski ym. 2010, 97–110.)

Elementtien asennus tapahtuu yleensä nosturin avulla. Nosturin valinta tapahtuu elementin koon, painon, nostosäteen ja -korkeuden sekä suurien elementtien perusteella. Muu asennuskalusto määräytyy aina asennustyöryhmän tottumuksien mukaan. (Koski ym. 2010, 97–110.)

Rakennusaikainen vakavuus on tärkeässä osassa elementtejä asennettaessa. Huono stabiiliteetti vaarantaa koko työmaan turvallisuuden ja voi saada aikaan rakenteiden sortumisen. Ohjeet rakennusaikaisen vakavuuden saavuttamiseksi määrittelee rakennesuunnittelija ja hän tekee sen aina työmaakohteisesti. Ohjeiden tulee sisältyä asennussuunnitelmaan, ja sen tulee olla kaikilta osin rakennesuunnittelijan hyväksymä. (Koski ym. 2010, 97–110.)

Väliaikaisena tuentana käytetään seinäelementtejä asennettaessa säädettäviä tukitankoja, joiden yläpää kiinnitetään elementtiin ruuvaamalla tai tehtaalla asennettuun kierreholkkiin pulttaamalla. Tuet pitää asentaa aina painopisteen yläpuolelle. Korkeita ja painavia seiniä asennettaessa tulee varmistaa, että asennuspalat kestävät seinän painon. Elementtitukia tulee aina olla vähintään kaksi kutakin elementtiä kohden. Väliaikaisia tukia ei saa poistaa ennen kuin saumat on kiinnitetty lopullisesti joko hitsaamalla tai juottamalla. Myös sauman lujuus pitää varmistaa ennen kuin tuet irrotetaan. (Koski ym. 2010, 97–110.)

3.4 Tuotantoprosessin vertailu

Vertailun vuoksi molemmat elementti- ja paikallavaluprosessit jaetaan kolmeen työvaiheeseen. Tulologiikassa on selvä ero kahden rakennustavan välillä. Elementit tulevat työmaalle asennusvalmiina, mutta paikallavaluun tulee tuore muovailtavissa oleva betoni. Tästä voidaan päätellä, että elementtirakentaminen on prosessissa edellä. Jos elementit joudutaan välivarastoimaan työmaalla,

laskee elementtirakentamisen tehokkuus eli nopeus. Mitä sujuvammin elementit saadaan asennettua, sen vähemmän rakentamisesta tulee kustannuksia.

Toinen kohta käsittelee elementtirakentamisessa asennusta ja paikalla valettaessa muotittamista, raudoitusta sekä betonointia. Molempien asennusten vaiheissa tehdään seinää, mutta työmäärät ja valmiusasteet ovat erilaisia.

Kolmas työvaihe käsittelee elementtiseinän saumavalun juottamista, jolla saavutetaan lopullinen vakavuus. Kolmannessa vaiheessa paikallavaluseinää ei tarvitse enää kuin jälkihoitoa. Elementtiseinää tosin pääsee kuormittamaan aikaisemmin, kun se on jo tehtaalla saavuttanut asennuksen edellyttämän lujuuden.

Molemmissa työtavoissa on hyvät ja huonot puolensa. Elementtiseinää ei voi tehdä joka paikkaan rakennusteknisistä syistä, kun taas joissakin kohteissa paikallavaluseinän toteuttaminen ei ole mahdollista tiukan aikataulun takia.

4 TYÖMAAKUSTANNUSTEN MUODOSTUMINEN

Opinnäytetyössä keskityttiin muuntajahuoneen 1103 kustannuksiin. Tarkoituksena oli perehtyä kustannusten muodostumiseen paikallavalu- ja elementtirakentamisessa sekä käydä läpi yleisesti työmaan kustannusten kertymistä. Lisäksi paino- ja neuduttiin jälkilaskennan käyttöön sekä toteutukseen.

4.1 Työmaan kustannukset

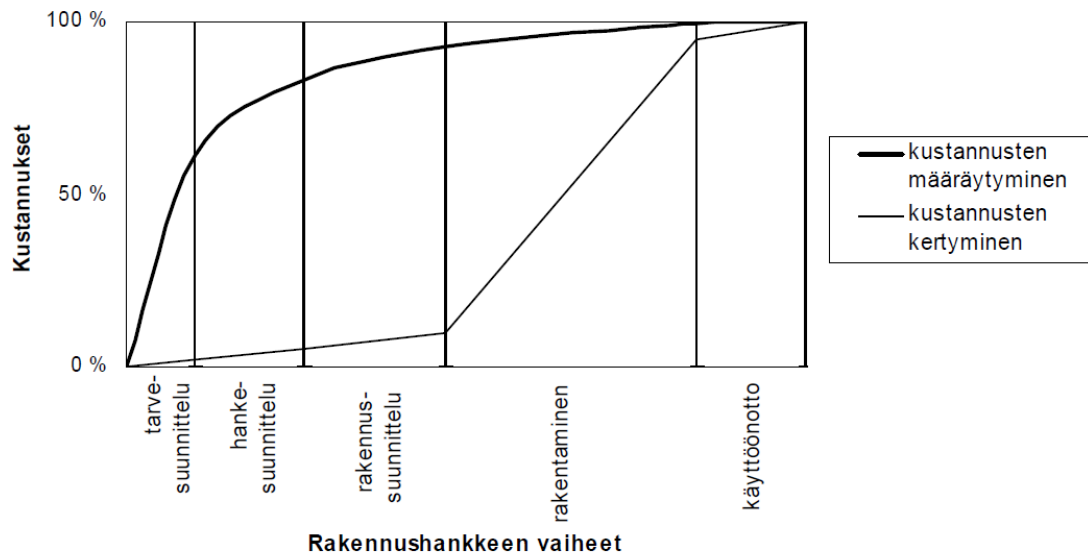
Työmaan kustannuksiin sisältyvät työmaan perustamiseen, veteen, sähköön, sosiaaliloihin, työnjohtoon, työntekijöihin, mittauksiin, jätehuoltoon, logistiikkaan, nostureihin, nostimiin, telineisiin, tiedottamiseen ja työturvallisuuteen liittyvät. Nämä kustannukset riippuvat vuodenaikasta, työmaan laajuudesta, työn kestosta ja vaativuudesta sekä siitä, tehdäänkö työ maantasossa. Kustannuksiin vaikuttavat omalta osaltaan tilaaja ja tilaajan kanssa sovitut työmaa-aikaiset järjestelyt, kuten jätehuolto, vesi ja sähkö. Välittömiä kustannuksia olivat materiaalit, työntekijät, mittaukset, logistiikka ja työvälineet.

Yleiskustannukset (10 %) muuntajahuone 1103:n työmaalla koostuivat seuraavista asioista: työmaarakennukset, työturvallisuus, sähkötyöt, rakennushissi, työkalut, työmaatarvikkeet, polttoaineet, työmaakuljetukset, työmaanhallinto, rahoituskustannukset, työmaatoimisto, varaston hoito, työmaaedustus, koulutus, luottamustehtävät, työterveyshuolto, mittaukset, siivoukset, loppusiivous, lumityöt ja lämmitys. Tässä kohteessa tilaaja huolehti osasta yleiskuluja, mutta nämä kohdat ovat kuitenkin mukana yleiskuluissa, jotta lopputulos olisi mahdollisimman realistinen. (Tuotannonhallinta. 2011.)

Työmaan kustannuksiin vaikuttavat vuodenajan vaihtelut. Sähkölasku voi nousta suureksi, jos työmaata joudutaan lämmittämään pitkiä aikoja. Työnjohdolliset kulut riippuvat työmaan vaativuudesta ja laajuudesta. Työntekijöiden ammattitaito pienentää työntekijöistä aiheutuvia kustannuksia, jos vähemmällä työntekijämäärällä saavutetaan samanlainen lopputulos.

Työmaan kustannuksiin voidaan vaikuttaa jo suunnitteluvaiheessa riippuen siitä, kuinka tarkasti suunnitelmat on tehty. Hyvin suunnitellut työvaiheet pienentävät myös materiaalin hukkaprosenttia ja nopeuttavat valmistumisaikaa ja vaikuttavat näin pienentävästi kustannuksiin. Myös työnjohdon ja työntekijöiden sitoutuminen sekä vastuullisuus vaikuttavat kustannusten muodostumiseen.

Työn suunnittelulla vaikutetaan kustannuksiin. Kuvasta 6 näkee, miten kustannukset muodostuvat koko rakentamisen aikana. Kustannusten kertyminen on maltillista hankkeen alkupuoliskolla, mutta kasvaa jyrkästi heti rakentamisen aloittamisen jälkeen. Hankkeen kustannuksista 75 % määräytyy tarve- ja hankesuunnittelussa ja loput kustannukset jakautuvat tasaisesti rakentamisen päätymiseen asti. (Lindholm 2009, 9.)



KUVA 6. Kustannusten muodostuminen rakennushankkeessa (Lindholm 2009)

4.2 Kustannuslaskennan toteuttaminen paikallavalussa

Muuntajahuoneen 1103 seinien betonointityön viivästymisen takia laskennassa käytetään työmaan todellisten menekkitietojen lisäksi Ratu-kortiston tietoja ja yleistä hintatietoutta.

Laskenta aloitetaan laskemalla kaikki materiaalimenekit. Seuraavaksi lasketaan töiden ajalliset kestot Ratu-kortiston mukaan. Työhinnat määräytyvät yleisen hintatason mukaan. Tietoja käytetään, kun vertaillaan kustannuksia elementtirakentamiseen. Tarkkailunimike on muuntajahuoneen 1103 paikallavaluseinät.

Paikalla valettavista seinistä tehdään kustannustaulukko Excel-ohjelmalla. Taulukosta saadaan selkeä kuva työmaan kustannusten kehittymisestä eri työvaiheissa. Näin pystytään vertailemaan paikallavalun kustannuksia elementtiraken-

tamiseen. Laskennassa erotellaan karkeasti työvaiheet muottityö, raudoitus, tartuntateräkset, betonointi, muottityöhön tarvittavat tarvikkeet, telineet, kiinnityslevyt, konetyöt, vuokratyökalut ja yleiskustannukset.

Vuodenajasta ei tule tässä tapauksessa lisäkustannuksia. Tämän työmaan kustannuksia tarkastellaan tarkemmin luvussa 5. Liitteestä 1 näkee, miten kustannukset ovat laskettu paikalla rakennettaessa.

4.3 Elementtirakentamisen kustannuslaskenta

Elementtirakentamisen kustannukset jakautuvat hiukan eri tavalla kuin paikallavalun kustannukset. Kustannuksista suurin osa sijoittuu tehtaalle, vain kuljetus- ja asennuskustannukset menevät työmaan litteroitavaksi.

Elementtien kustannukset on eritelty seuraavasti: elementtien tekeminen, suunnittelu, kuljetus, asentaminen ja saumojen juotosvalu. Nämä on taulukoitu Excel-ohjelmaan, jolloin saatuja tuloksia on helppo vertailla paikallavalun tuloksiin.

Elementtirakentamisen hinnat tulevat YBT:n tarjouksen perusteella ja niitä käsitellään tarkemmin luvussa 5.

4.4 Jälkilaskenta

Jälkilaskennalla pyritään tarkastamaan kohteen taloudellinen onnistuminen sekä määrät ja hinnat. Tällä laskennalla palvellaan tulevia vastaavia kohteita, jotta pystytään vaikuttamaan kustannuksiin jo laskentavaiheessa. Jälkilaskenta kertoo, miten kustannukset todellisuudessa jakautuvat. Sillä pystytään myös vertailemaan tarjousaikaista laskentaa toteutuneisiin kustannuksiin. Jälkilaskenta an-

taa tarkat yksityiskohtaiset tiedot siitä, miten kustannukset jakautuivat eri osa-alueella. (Lindholm 2009, 45–46.)

Usean hankkeen jälkilaskennan avulla pystytään havaitsemaan nimikkeiden kustannusten taso- ja tarkkuuserot työ- ja hankintatehtävissä. Hankkeen valmistuttua yrityksellä on tarkkaa tietoa sen tyyppisen kohteen kustannuksista. Jälkilaskenta kannattaa tehdä huolella, koska laskennan perusteella yrityksen on helpompi tarjota tulevia samanlaisia kohteita ja olla entistä kilpailukykyisempi. (Lindholm 2009, 45–46.)

Jälkilaskentatiedot kirjataan oikeaan muotoon yrityksen tietokantaan, jotta niitä on helppo käyttää ja hyödyntää vastaavia kohteita laskettaessa sekä tarkistettaessa hintoja. Kun on saatu tietoa useasta kohteesta, tilastollinen käsittely on mahdollista. Näin voidaan myös tutkia kustannustasoa sekä kustannusarvioiden tarkkuutta ja edelleen hyödyntää sitä tuotannonsuunnittelussa ja tavoitebudjetin laatimisessa. (Lindholm 2009, 46–47.)

Jälkilaskentatietojen perusteella voidaan kohdistaa toimenpiteitä sille osa-alueelle, jossa on eroja tavoitteen ja toteutuman välillä. Näin voidaan löytää myös muita merkittäviä syitä kustannuseroihin ja vaikuttaa niihin. Työmaalla toteutuneet kustannukset eivät ole automaattisesti järkeviä ja hyviä vaan niiden oikeellisuus on tarkistettava jälkilaskennassa. Kuitenkaan ei ole tarpeen tuijottaa suoraan jälkilaskennankaan tulosta vaan vertailla sitä vastaaviin kohteisiin. (Lindholm 2009, 46–47.)

Jälkilaskenta koostuu hankkeen aikana järjestelmällisesti kerätyistä kustannustiedoista, jälkilaskentakokouksesta ja hankkeen valmistuttua viitekansion keräämisestä. Jälkilaskentaa kannattaa tehdä hankkeen aikana, jos resurssit sen sallivat. Näin voidaan reagoida mahdollisiin virheisiin jo rakennusaikana. Hankkeen ollessa kesken tehdään jälkilaskentaa tarkkailunimikkeen valmistuttua. (Lindholm 2009, 47–48.)

Jälkilaskennassa kerätään tiedot ja tarkkailunimikkeet tuotantolaskelmasta suunnitelman mukaisesti, kustannustiedot kerätään myös kustannusvalvonnan

toteutuksesta. Jälkilaskennassa saadaan välitöntä tietoa yrityksen laskentajärjestelmään. Tämä tehdään aina, kun jokin työ on saatu kohteessa valmiiksi. Jälkilaskennan tarkkuuteen vaikuttavat laskija, yrityskohtaiset ohjeet ja määräykset. (Lindholm 2009, 47–48.)

Jälkilaskentakokouksessa käydään läpi tarkkailunimikkeet ja kirjataan tuotantohenkilöstön kertomat tiedot, joista mahdollisesti syntyivät erot tavoitteiden ja toteutuman välillä. Kokouksessa ovat läsnä hankkeen työtä suunnitellut työnjohto, työmaanjohdo ja kustannuslaskijat. Tässä kokouksessa käydään läpi hankkeen kustannustavoitteet ja toteutuneet kustannukset. Työmaan henkilöstöllä on mahdollisuus kertoa omat näkemyksensä asioista ja eroihin johtaneista syistä. Kokouksessa selvitetään myös lopullinen tulos, josta selviää, mikä meni huonosti ja missä onnistuttiin. Hankkeen valmistumisen lopuksi tehdään viitekansio, johon kerätään tiedot hankkeen ominaisuuksista, laadusta, olosuhteista, kustannustavoitteista ja toteutuneista kustannuksista. (Lindholm 2009, 47–48.)

5 KUSTANNUSLASKELMAT

Muuntajahuoneen 1103 rakentamisen kustannukset koottiin yhteen. Paikallavalusta ja elementtirakentamisesta tehtiin omat taulukot. Paikallavalun kustannuksiin tiedot on kerätty Ratu-kortistosta ja työmaalta. Elementtirakentamisen kustannustiedot ovat taulukoitu elementtitarjouksen perusteella.

5.1 Paikallavalu

Kustannuslaskelma on jaettu vertailun helpottamiseksi seuraavaan 10 ryhmään: muottityö, muottitarvikkeet, betoniteräksset, tartuntateräksset, betonointi, kiinnityslevyt, konetyöt, uloke- ja telinetyöt, vuokratyökalut ja yleiskustannukset. Taulukosta 1 voi seurata kustannuksien kehittymistä.

TAULUKKO 1. Paikallavalun kustannukset

| Nimike | Määrä | Yksikkö | Yksikköhinta/€ | Yhteensä |
|-------------------------------------|--------|----------------|----------------|-----------|
| Seinämuotit | 1028 | m ² | 16,9 | 17 351,4 |
| Muottitarvikkeet | | | | 20 543,5 |
| Betoniteräksset | 20 505 | kg | 0,8 | 29 478,3 |
| Tartunta teräksset | 1107 | kg | 0,8 | 1 400,8 |
| Betonointi | 122,8 | m ³ | 73,5 | 10 034,5 |
| Kiinnityslevyt | 2 | kpl | | 669,0 |
| Työkoneet, kuljetus ja nostimet | | | | 38 515,0 |
| Uloke ja telineet | | | | 27 096,6 |
| Vuokratyökoneet | | | | 525,2 |
| Paikallavalun kustannukset | | | | 145 614,4 |
| Yleiskustannukset 10% | | | | 14 561,4 |
| Paikallavalun kustannukset yhteensä | | | | 160 175,8 |

Suurimmat yksittäiset kustannukset kertyivät työkoneista, betoniteräksistä ja telinetöistä. Työkone- ja telinekustannukset nousivat suurimmiksi kohteen vaativuuden sekä päällekkäisten työvaiheiden takia. Kaikki paikallavalun kustannukset löytyvät liitteen 1 taulukosta.

Yleiskustannuksia ei ole laskettu lopulliseen hintaan, koska samat kustannukset ovat myös elementeistä rakennettaessa. Yleiskustannuksia laskettiin 10 %:n mukaan. Työmaalla on samanaikaisesti muitakin rakennustöitä menossa. Yleiskustannuksista syntyvää eroa on käsitelty tarkemmin luvussa 10. Näiden laskelmien perusteella paikalla valettu betoniseinä tulee kalliimmaksi kuin elementtiseinä.

5.2 Elementti

YBT:n tekemän elementtitarjouksen ja yleisten havaintojen perusteella näyttää siltä, että elementtiratkaisu on tässä kohteessa edullisempi rakentamismuoto. Sitä, kuinka paljon se on edullisempi, ei pystytä tarkkaan arvioimaan, koska muilta valmistajilta ei pyydetty tarjousta. Todellisessa tilanteessa elementtitarjous kilpailutetaan ja saadaan tällöin tarkka kustannustieto elementtien kokonaiskustannuksesta.

Elementtitarjous on jaettu viiteen osaan: suunnittelu, valmistus, kuljetus, asennus sekä elementtien saumavalu. Suurin kustannuksiltaan näistä on elementtien valmistaminen ja pienin kustannuksiltaan elementtien kuljetus. Kustannukset ovat taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Elementtitarjous YBT Oy

| Nimike | KPL | YHTEENSÄ |
|-------------------------------------|------------|-----------------|
| YBT Oy elementtitarjous | | |
| Seinäelementit S1-S7, d=240 mm | 36 | 65 462,3 € |
| Elementtisuunnittelu 10 % | | 6 546,3 € |
| Elementtien kuljetus tn-hinta | | 4 713,0 € |
| Elementtien asennus | | 18 852,0 € |
| Saumavalut alareuna ja pystysaummat | | 12 300,0 € |
| Elementtitoimitus yhteensä | | 107 873,5 € |

6 TYÖMAA-AIKATAULU

Aikataulu on merkittävä tekijä, kun vertaillaan eri rakentamistapoja. Paikallavalmista ja elementtirakentamisesta tehtiin aikataulu Ratu-kortiston työmenekki tietojen pohjalta. Luvuissa 6.1–6.3 on käsitelty ajallista suunnittelua ja aikataulun tekoa. Aikataulut löytyvät taulukoista 3 ja 4.

6.1 Ajallinen suunnittelu

Rakentamisessa onnistuminen edellyttää hyvää valvontaa, tuotannosuunnittelua ja tuotannonohjausta asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Ajallinen suunnittelu ja ohjaus ovat keskeisessä osassa tuotannon suunnittelussa. Ne luovat myös pohjan suunnittelun onnistumiselle, paljastavat epäkohdat ja suunnitelmista poikkeamiset. (Mäki – Koskenvesa 2007, 18.)

Hankkeen toteutuksen mallina käytetään aikataulua. Aikataulussa etsitään työn realistinen toteutusmalli, jota käytetään käytössä olevien tietojen perusteella. Tavoitteet tulee asettaa hankkeelle sekä yksittäiselle tehtävälle. Tavoitteet koskevat työtehtävien aloittamista ja päättymistä aikataulun mukaisesti sekä työvoiman käyttöä. Tavoitteiden pitää olla realistisesti suunniteltuja ja mitattavissa olevia, aikaan ja työn tuottoon sidottuja. (Mäki ym. 2007, 18.)

Rakennuttaja vastaa rakennushankkeen kokonaisaikataulusta. Rakennuttajan aikataulu on realistinen, tavoitteellinen ja yhteydessä hankkeen muihin suunnitelmiin. Se luo myös perustan kaikelle ajalliselle suunnittelulle. Aikataulun, jonka rakennuttaja tekee, on hyvä jakautua ainakin hanke- ja rakennussuunnitteluvaiheisiin sekä rakennus- ja käyttöönottovaiheisiin. (Mäki ym. 2007, 18.)

6.2 Yleisaikataulu

Yleisaikataulu kuvaa koko hankkeen työnkulkua. Se toimii koko työmaan informaatiovälineenä ja työnaikaisen valvonnan apuna sekä perustana. Yleisaikataululla arvioidaan ja suunnitellaan työaikaista suunnitelma-aikataulua. Hankkeen laadukas toteuttaminen edellyttää, että suunnitelma-aikataulu, hankinta-aikataulu ja työmaan yleisaikataulu lomittuvat hyvin yhteen. (Mäki ym. 2007, 27.)

Rakennuttajan tekemä yleisaikataulu toimii ohjauksen ja toteutuksen mallina. Lähtötietoina ovat yleisaikataulun resurssisuunnitelma työvoima-, hankinta- ja kalustosuunnitelmille. Tarkemman tason suunnitelmat, kuten rakentamisvaihe- ja viikkoaikataulu sekä tehtäväsuunnittelu mitoitetaan myös rakennuttajan yleisaikataulussa. (Mäki ym. 2007, 27.)

Laadinta tehdään yleensä heti, kun urakkasopimus on kirjoitettu ja ennen kuin työt aloitetaan. Laadintaan ovat osallisina kaikki työtä tekevät, kuten työpäällikkö, työnsuunnittelija tai työmaainsinööri ja vastaava työnjohtaja. (Mäki ym. 2007, 27.)

Ensimmäiseksi tehdään rakennusteknisten töiden aikataululuonnos. Tähän luonnokseen sovitetaan talotekniikkatyöt. Luonnoksen valmistuttua voidaan laatia koko yleissuunnitelma valmiiksi. (Mäki ym. 2007, 27.)

Aikatauluun kannattaa ottaa keskimäärin 20–30 aikataulun kannalta tärkeää kohtaa. Alustavia aikatauluja tehtäessä käytetään kokonaisaikoja eli työvaihe- ja aikajaksot, T4. Työmaalla suunniteltavassa yleisaikataulussa käytetään tehollisia työaikoja, T3. (Mäki ym. 2007, 27.)

6.3 Rakentamisvaiheaikataulu

Rakentamisvaiheaikataulu tehdään yleensä yhdelle tietylle rakentamisvaiheelle. Tarkoituksena on, että pysytään yleisaikataulussa. Tällä menetelmällä mitataan tärkeämpien työvaiheiden resurssit tehollisten työmenekkien (T3-ajat), tehtävien limititys ja vaihtoehtolaskelmien avulla. (Mäki ym. 2007, 29–30.)

Rakentamisvaiheaikataulussa käytetään yleisaikataulun lähtötietoja ja ne antavat vastaavat tiedot viikkoaikataulun laadintaan. Yleensä aikataulu laaditaan noin 2–6 kuukauden pituiselle ajalle tai rakennusvaiheelle, esimerkiksi maanrakennus- ja perustus-, runko-, sisävalmistus- sekä luovutusvaiheisiin. Laadinta on aina työmaan vastuulla. Rakennusvaiheaikataulu on hyvin tarkka ja yleisesti käytössä työmailla ja näin ollen keskeinen väline työnohjauksessa. (Mäki ym. 2007, 29–30.)

Laadintaan voidaan ottaa 10–40 nimikettä yleisaikataulusta. Rakentamisvaiheaikatauluun on merkittävä mitoitettuna, tahdistettuna sekä riippuvuuksiltaan rakennusteknisten töiden kanssa yhteen sovitettuna tärkeimmät sivu- ja aliurakoitsijoiden tehtävät. Tehtävien ajoitus määritellään työmenekki- tai työsaavutustietojen, suoritelmätietojen ja tarvittaessa yksityiskohtaisten tuotantosuunnitelmien perusteella. Aikataulu on yleisemmin jana-aikataulu tai paikka-aikakaavio. Työtehtävän keston tarkkuus on 1 työvuoro ja tehtävän ajankohta 0,5 viikkoa. (Mäki ym. 2007, 29–30.)

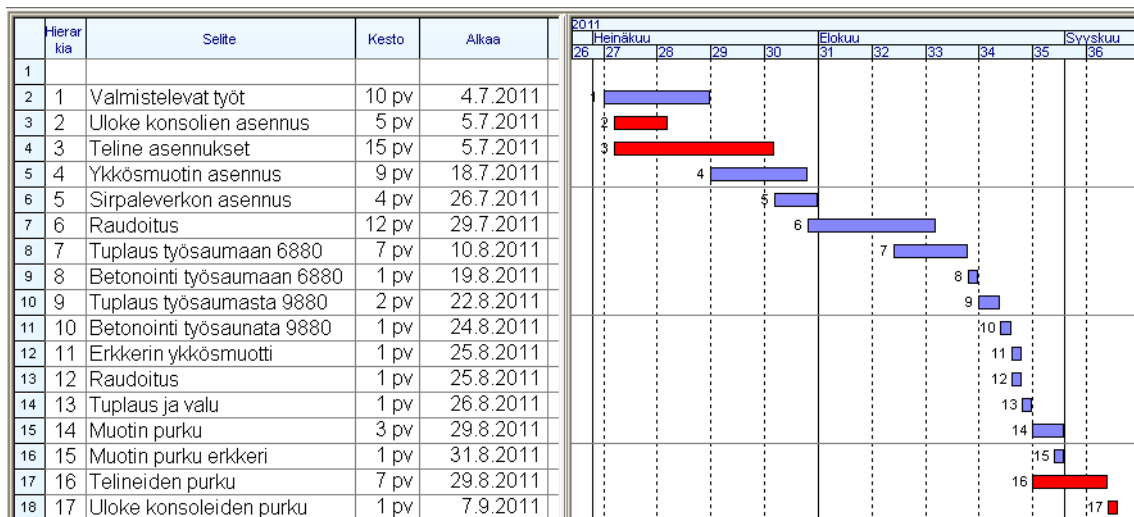
6.4 Paikallavalu

Muuntajahuone 1103 -kohteessa paikallavalun kokonaiskesto on noin 9,5 viikkoa. Ajallisessa laskennassa on käytetty pääasiassa Ratu-kortiston menekkitietoja sekä työmaatietoja, kuten Teline-Ramin työnjohtajilta saatuja telineiden

asennusaikoja. Työmenekit on laskettu seuraavilla työryhmillä: muottityö 3 rakennusammattimiestä, raudoitus 2 rakennusammattimiestä, betonointi 3 rakennusammattimiestä ja telinetyöt 5 telineasentajaa sekä konsolien asennus 3 rakennusammattimiestä (poraaja, hitsaaja ja kirvesmies).

Kokonaistyöajasta vähennetään suunnittelu ja telinetyöt. Seinien muotti-, raudoitus- ja betonointityöt kestävät on noin 6,5 viikkoa. Taulukossa 3 sinisellä rasterilla merkityt janat koskevat varsinaisia seinien rakennustyötä ja punaisella rasterilla merkityt janat sisältyvät kokonaistyöaikaan.

TAULUKKO 3. Paikalla rakentamisen aikataulu



6.5 Elementti

Elementtirakentamisessa työvaiheet kestävät yhteensä noin 8,5 viikkoa. Ajallisen suunnittelun on tehnyt elementtien tarjouksen tekijä. Suunnittelija antoi ar-

vion elementtien suunnittelusta, valmistuksesta ja asennuksesta. Työryhmään kuuluu 3 asentajaa ja työ kesti 2 viikkoa.

Elementeistä rakennettaessa pelkkä asennus kestäisi työmaalla 2 viikkoa, mutta tämä on vain arvio työmenekistä. Kohde on vaativa, joten luultavasti elementtitoimittaja joutuisi paneutumaan työmaalla tarkemmin työn ajalliseen suunnitteluun, mikä tarkentuisi asennussuunnitelmaa tehtäessä. Taulukossa 4 näkyvät sinisellä rasterilla janat, jotka ovat elementtien asennusaikaa, ja punaisella rasterilla merkityt janat sisältyvät kokonaistyöaikaan.

TAULUKKO 4. Elementtirakentamisen aikataulu



7 TOTEUTUSMENETELMIEN VERTAILU TYÖMAALLA

Paikallavalu- ja elementtirakentaminen poikkeavat rakennusteknisesti toisistaan. Tässä luvussa käsitellään molempien rakentamistapojen höytyjä ja haittoja muuntajahuone 1103:ssa. Tietojen perusteella vertaillaan menetelmiä myös työtekniisesti.

7.1 Paikallavalurakentamisen höydyt

Paikalla valettaessa rakenteesta muodostuu yhtenäinen ja luja kokonaisuus. Siinä ei ole ylimääräisiä saumakohtia, jotka voisivat heikentää rakennetta. Paikallavalurakenne on myös tiivis joka kohdasta, sillä siinä ei ole vuotavia saumakohtia.

Paikalla valettaessa rakenne on koko rakennusprosessin ajan stabiilisti jäykkä eikä sitä tarvitse tukea samalla tavalla kuin elementtiseinää. Pitää kuitenkin muistaa, että paikalla valettaessakin pitää olla suunnitelmat, jotta rakenne on jäykkä ja turvallinen koko työmaan kannalta.

Yleisellä tasolla paikallavaluseinä on hinnaltaan edullisempi kuin elementtiseinä. Kustannusvertailuun vaikuttavat monet asiat, kuten vuodenaika, elementtien määrä, suhdanteet ja elementtien haasteellisuus.

7.2 Haitat

Paikalla rakennettaessa rakenteet ovat alttiita vuodenajan vaihteluille, kuten talven kylmyydelle ja kesän tuulille sekä sateelle. Vuodenajat tuovat lisäkustannuksia rakentamiseen esimerkiksi lämmityksen ja rakenteiden suojauksen vuoksi.

Paikalla rakentamisessa on runsaasti eri työvaiheita, jotka on suunniteltava tarkkaan, jotta kaikki tulee oikein tehdyksi ja pysytään kustannusarviossa. Seiniä paikalla valettaessa joudutaan rakentamaan hyvät telineet raudoitusta ja betonointia varten. Telineiden teko on hidasta ja lisää kustannuksia, mutta se lisää kuitenkin työturvallisuutta.

Muottityö on keskeinen asia paikalla valettaessa. Muottityön vaiheita ovat suunnittelu, muottien hankinta ja kuljetukset, pystytys, tuenta ja purku. Muottityö on monesti hidasta ja vaatii apuvälineitä elementtirakentamista enemmän. Useat työvaiheet lisäävät tapaturmia, joten hyvällä suunnittelulla on vaikutusta turvallisuuteen.

Haittana voidaan pitää muottien huollon tarvetta. Järjestelmämuotti vaatii paljon huoltoa. Yleensä muotteja käytetään noin neljä valukertaa, jonka jälkeen on vaihdettava levyt ja käytävä muotit läpi puhdistuen betonijäänteet pois sekä tarkastettava muottien kunto. Käytännössä muotit pitää huoltaa aina ison työmaan jälkeen, kun muoteilla on valettu useampaan kertaan. Kustannuksiin on lisätty muotihuollosta tulevat kulut.

7.3 Elementtirakentamisen höydyt

Elementtirakentamisen hyötyjä ovat nopea toimitus, tasalaatuisuus ja työmaavaiheiden vähyyden. Lisäksi etuna on, että kuormittamaan päästään heti, kun elementit on asennettu, saumat juotettu ja ne ovat saavuttaneet riittävän lujuuden.

Nopea toimitus takaa lyhyemmän rakennusajan ja vaikuttaa kustannusten säästymiseen. Elementtejä voi alkaa valmistaa tehtaalla, kun rakentaminen kohteessa alkaa, vaikkei elementeille olisi heti tarvetta. Näin elementit ovat nopeasti saatavilla eikä niitä tarvitse odottaa.

Elementit ovat tasalaatuisia, koska ne valmistetaan tehdasolosuhteissa. Pinnat kestävät sään vaihteluita, koska muotit tekevät pinnasta sileän ja kovan. Suojabetonipeite on riittävän paksu, ja näin rakenteesta tulee pitkäikäinen ja pakkanen tai muut sääolosuhteet eivät pääse vaurioittamaan betonia sen lujuuden kehityksen alkupuolella.

Elementtirakentamisessa työmaakustannukset jäävät pieniksi työvaiheiden vähäisyyden vuoksi ja turvallisuus paranee huomattavasti. Elementtien pystytyksessä on kuitenkin vaiheita, joissa turvallisuus on huomioitava tarkoin, esimerkiksi väliaikainen tuenta ja elementtien nostotyö.

Elementeistä rakennettaessa rakennetta voidaan yleensä kuormittaa heti asentamisen jälkeen, koska elementti on saavuttanut asennuslujuuden jo tehtaalla ja kuormituslujuuden kehitys jatkuu kuljetuksen sekä asennuksen ajan. Tehtaan olosuhteet ovat myös suotuisat kehitykselle.

On tärkeää huomioida myös tuotteen elinkaari. Elementeistä rakennettaessa oletettavasti ympäristöpäästöt, materiaalihukka ja logistiikan kulut ovat pienempiä ja vuodenaika ei lisää olennaisesti kustannuksia.

7.4 Haitat

Haittapuolia elementtirakentamisessa on vähän. Haittoja ovat saumojen määrä, huokoinen rakenne, yleensä kallis hinta ja suuri hintojen heilahtelu sekä epä-stabiili rakenne asennuksen aikana.

Monissa kohteissa saumojen määrä on tullut elementtirakentamisen esteeksi. Tiiviys ei riitä täyttämään vaatimuksia, sillä suuri saumojen määrä lisää mahdollisia vuotokohtia. Stabiiliteetin kannalta elementtirakenne on jäykkä vasta, kun elementit on liitetty toisiinsa juottamalla tai muuten liittämällä.

Mittaukset ja muut valmistelevat työt elementtien asennusta varten on tehtävä huolella. Pienikin mittausvirhe voi johtaa suuriin lisäkustannuksiin, kun elementti ei olekaan kohteeseen sopiva. Tarkkuus ja vaativat mittaustyöt lisäävät kustannuksia.

Suhdanteet ja kilpailutilanne vaikuttavat suuresti elementtien hintaan. Myös elementtien rakenne ja tyyppi vaikuttavat omalta osaltaan hintaan. Suuret hintavaihtelut ovat elementtirakentamisen haittapuolia.

Tässä kohteessa elementit ovat suuria ja painavia, mikä nostaa hintaa ja lisää asennuskustannuksia. Myös kilpailutus olisi vaikuttanut elementtien tarjoushintaan. Kustannuksia pohditaan tarkemmin luvussa 10.

8 TYÖMENETELMÄN VÄLILLISET VAIKUTUKSET TYÖMAAHAN

Muuntajahuoneen 1103 seiniä tehtäessä välillisiä vaikutuksia työmaahan on vaikea arvioida, koska työtä ovat hidastaneet urakoitsijasta riippumattomat syyt. Muita hidastavia tekijöitä ovat toiset urakoitsijat ja heidän työtehtävänsä. Kustannusvertailu on kuitenkin tehty sen mukaan, miten edetään normaalissa aikataulussa. Näin tulokset ovat vertailukelpoisia toisiinsa nähden. Elementtirakentaminen olisi nopeuttanut seinien tekoa huomattavasti, lisännyt työturvallisuutta ja poistanut monia eri työvaiheita.

Seiniä paikalla rakennettaessa välilliset vaikutukset ovat suuret. Muuntajahuone sijaitsee rakennuksen ulkonurkassa ja 17 metrin korkeudessa maanpinnasta. Ympäröivät telineet jouduttiin rakentamaan ulokkeelle, mikä tuo aina omat riskinsä (kuva 7). Teräspilarit ja -palkit katkaisivat muotit, mikä hankaloittaa muottityötä sekä muottisuunnittelijan työtä löytää sopivia muotteja.



KUVA 7. Teräskonsoleiden päälle rakennetut telineet

Vuodenajan merkitys korostuu lähestyessä syksyä ja talvea ja ne vaikuttaisivat olennaisesti paikalla betonoitaessa. Lisätyötä tuovat betonin lämmittäminen ja suojaaminen. Hupun sisällä rakentaminen ei onnistu, koska koko ajan täytyy saada muottia ja rautaa sisälle. Nämä asiat tuovat paljon lisäkuluja, joita ei kuitenkaan tässä muuntajahuone kohteessa ehtinyt tulla. Nämä asiat kannattaa kuitenkin huomioida työnsuunnittelussa.

Seinät jouduttiin raudoittamaan ulkopuolelta, koska ykkösmuottia ei saatu ulkokehällä tuettua mihinkään. Raudoitus oli hidasta, kun rauta jouduttiin nostamaan muotin ja pilareiden sekä palkkien välistä paikoilleen.

Muottityössä koneiden ja laitteiden määrä on seinien paikallavalutyössä suurempi kuin elementtejä asennettaessa. Muottityötä varten jouduttiin ottamaan pyöräkuormaaja työmaalle muotteja kokoamaan. Nosto- ja siirtokaluston määrä

on elementeistä tehtäessä huomattavasti pienempi, mutta elementtejä taas asennettaessa kaluston tulisi olla suurempi.

Muotteja meni tämän kokoiseen muuntajahuoneeseen paljon. Siksi vaadittiin ison varastointi- ja kokoamisalue. Seinien korkeus oli 10 metriä ja seinää tuli noin 50 metriä. Myös muottien kuljetus vaatii paljon resursseja ja se lisäisi välillisiä kustannuksia näiden kahden menetelmän välillä. Muuntajahuonetta tehtäessä muottivuokraa ei tarvinnut maksaa, koska muotit olivat urakoitsijan omia. Kuitenkin muottien huoltokulut vaikuttivat jonkin verran kustannuksiin ja myös uusia muotteja jouduttiin jonkin verran hankkimaan kohteen vaativuuden takia, mikä nosti kustannuksia.

Samalla resurssimäärällä, jolla nyt kuljetettiin muotit vain yhteen suuntaan, olisi kuljetettu elementit rakennustyömaalle. Elementeistä rakennettaessa myös työturvallisesti vaativia työvaiheita on vähemmän, mikä lisää työturvallisuutta sekä pienentää riskejä.

9 TYÖTURVALLISUUS

Työturvallisuus on tärkeä osa turvallista rakentamista. Muuntajahuoneen työmaalla kiinnitettiin erityistä huomiota turvallisuuteen, jota tässä luvussa käsitellään. Lisäksi vertaillaan turvallisuutta paikallavalu- ja elementtirakentamisen välillä.

9.1 Yleinen työturvallisuus rakennustyömailla

Turvallisuus rakennustyömaalla on kaikkien yhteinen asia. Jokaisen tulee huolehtia siitä, että ei aiheuta toiselle eikä itselleen vaaraa. Myös riskien tunnistaminen ja niiden ennalta ehkäisemien kuuluvat jokaisen velvollisuuksiin.

Rakennustyömaalle töihin saapuvalla henkilölle on aina pidettävä perehdyttäminen. Perehdyttämisessä pitää käydä läpi ainakin seuraavat asiat: kohteen yleisesittely, aikataulu, toteutusorganisaatio, tilaajan turvallisuusvaatimukset, ensiapu ja paloturvallisuus, työmaatilat, varastot ja P-paikat, työmaa- ja turvallisuussuunnitelmiin perehtyminen, kierros työmaalla, työmaan turvallisuussääntöjen ja muiden turvallisuusohjeiden jakaminen, henkilösuojaimien käytön opastaminen ja henkilökohtaisten työvälineiden käyttöönottotarkastus. (Työmaan turvallisuusjohtaminen. 2006.)

Ammattitaitoinen rakentaja tunnistaa vaarat ja pystyy välttämään vaaranpaikkoja sekä korjaamaan niitä. Läheltä piti –tilanteen sattuessa täytyy raportoida lähimmälle esimiehelle välittömästi, jolloin asiaan voidaan puuttua.

Toimihenkilöiden tulee huolehtia, että työmaalla on tehty töiden vaatiessa seuraavat turvallisuussuunnitelmat: putoamissuunnitelma, telinesuunnitelma, nosto- ja siirtosuunnitelma, sähkö- ja valaistussuunnitelma, palontorjunta- ja ensiapusuunnitelma. (Palolahti ym. 2009, 11–14.)

Työturvallisuuskortti kertoo, että henkilö on käynyt koulutuksen ja osaa toimia rakennustyömaalla oikein, mutta tästä huolimatta henkilö täytyy perehdyttää työmaahan. Työturvallisuuskortti on rakennustyömaalla välttämätön. Tulitöitä tekevällä täytyy olla tulityökortti. Myös kulkulupa eli kuvallinen henkilökortti edistää turvallisuutta työmaalla. Kortista näkee, kuka henkilö on ja kenen palveluksessa kyseinen henkilö on. Kaikilla rakennustyömaalla liikkuvilla tulee aina olla kuvallinen henkilökortti mukana. (Palolahti ym. 2009, 11–14.)

Työmaatarkastukset kuuluvat työturvallisuuden edistämiseen. Työmaatarkastuksia ovat koneiden ja laitteiden tarkastukset, TR-kierrokset, nostolaitteiden, nostoapuvälineiden ja telineiden käyttöönotto sekä viikkotarkastukset. Yhteiset turvakoulutukset lisäävät turvallisuutta ja luovat yhteishenkeä työturvallisuuden puolesta. (Palolahti ym. 2009, 11–14.)

Aluesuunnitelma on tärkeä osa turvallisuutta. Siihen kannattaa merkitä ainakin seuraavat asiat: sosiaalitulat, ensiapupisteet, kulkutiet, palopostit, jätteiden keräyspisteet, sähköpääkeskukset, parkkipaikat, kokoontumispaikka, varastot ja varastointialueet. (Palolahti – Koskenvesa – Lindberg – Sahlstedt 2009, 11–14.)

9.2 Paikallavalurakentamisen työturvallisuus

Paikallavalurakentamisessa on enemmän työturvallisuuteen huomioitavia asioita kuin elementtirakentamisessa. Useat työvaiheet lisäävät työtä työturvallisuuden ylläpitämiseksi. Tässä kohteessa muuntajahuoneen hankala sijainti vaikuttaa turvallisuuteen. Telineiden rakentaminen ulokkeelle on työturvallisuuden kannalta haastavaa. Alapuolella kulkeminen ja työskentely pitää käytännössä

estää, ja ulokepalkkien ja telineiden asennuksessa tulee huomioida oikeat työturvalliset asennustavat.

Nostureille ja henkilönostimille pitää tehdä käyttöönottotarkastus joka kerta, kun ne pystytetään tai siirtyvät työmaalta toiselle. Lisäksi on tehtävä muut päivittäiset tarkastukset. Henkilönostimen kuljettaja pitää kouluttaa jokaiselle nostimelle erikseen. Nostoapuvälineet tulee tarkistaa päivittäin ja kirjata tarkastus tulokset ylös. Turvallisuutta lisää se, että tehdasalueella toimii vain yksi nostourakoitsija ja yksi telineitä ja nostimia toimittava toimija. Nostoista pitää tehdä nostosuunnitelma, jossa käydään läpi, mitä nostetaan, millä nostetaan ja kuka nostaa. Lisäksi pitää huomioida nostoapuvälineen kiinnitys, alueen eristys, ajankohta ja työtä valvova henkilö sekä suunnitelman tekijän nimi.

Tehdasalueella on jo melko hyvä työturvallisuus, koska portilta ei pääse työmaalle kuin kulkukortilla ja tunnisteella. Kulku- ja työturvallisuuskortit ovat pakolliset heti ensimmäisestä päivästä lähtien. Työturvallisuuteen on panostettu hyvin myös tilaajan puolelta ja sitä varten on palkattu omat henkilöt. Jokainen töihin tuleva henkilö käy tilaajan ohjeistaman turvallisuuskoulutuksen. Näin varmistetaan, että kaikki tietävät työmaan riskit ja osaavat toimia oikein. Henkilökohtaiset suojaimet kuten kypärä, suojalasit, huomioväri ja turvajalkineet ovat pakolliset ja niiden käyttöä valvotaan tarkasti.

Tulitöistä on omat tarkat määräyksensä. Tulityölupa on pakollinen jokaisella tulityötä tekevällä. Luvan voi kirjoittaa siihen perehdytetty henkilö. Tulityötä tekevällä on oltava tulityönvartija, joka valvoo työtä. Alkusammutuskalusto pitää olla aina lähellä, kun tehdään tulitöitä. Siitä huolehtii jokainen urakoitsija.

Jätehuollosta vastaa tilaaja, mutta jokainen urakoitsija siivoaa omalta osaltaan jätteet ja lajittelee ne oikein. Työmaalla lajitellaan metalli, puu ja sekajäte; betonijäte lajitellaan erikseen.

Pääsähköistyksestä huolehtii tilaaja. Tilaaja toimittaa pääkeskukset rakennuksen nurkalle ja kaikkiin kerroksiin, joista urakoitsijat voivat ottaa sähköä. Urakoitsijoiden pitää huolehtia, että johdot, koneet ja laitteet ovat turvalliset ja että

ne täyttävät tarvittavat määräykset. Projektissa on omat henkilöt, jotka vastaavat työmaasähköistä. Näin pystytään toimimaan turvallisesti sähkölaitteiden kanssa.

9.3 Elementtirakentamisen työturvallisuus

Elementtirakentamisen työturvallisuudessa pitää kiinnittää huomioita samoihin asioihin kuin paikalla valettaessa. Poikkeuksia ovat isot nostot, elementtien väliaikaiset tuennat ja elementtien säilytys työmaalla.

Asennussuunnitelma on tärkeä osa asennusta, eikä sitä pidä aloittaa ennen kuin suunnitelmat ovat valmiina. Asennussuunnitelman allekirjoittavat päärakennesuunnittelija, asennustyönjohtaja, päätoteuttajan vastaava mestari ja tarvittaessa elementtitoimittajan vastuhenkilö. Asennussuunnitelmaan sisällytetään muun muassa elementtien varastointi työmaalla, asennusjärjestys, nostosuunnitelmat, hitsaustavat, juotosvalut, elementtien asennusaikainen tuenta, vähimmäistukipinnat, liitosten materiaalit, käytettävät nosturit ja nostimet sekä aikataulut. Tiedot asennussuunnitelmaan antaa rakennesuunnittelija. (Elementtien asennus. 2011.)

Työmaalla on pidettävä asennustyön aloituskokous vähintään viikkoa ennen töiden aloittamista. Kokouksessa käydään läpi asennussuunnitelma, työmaolosuhteet, vastuunjako, työturvallisuus sekä työmaan aikataulu. (Elementtien asennus. 2011.)

Nämä kaikki asiat vaikuttavat olennaisesti työturvallisuuteen. Jokaisen henkilökohtainen velvollisuus on huolehtia, että oma perehdytys on kunnossa. Henkilön pitää noudattaa asennus- ja putoamissuunnitelmaa, huolehtia että nostovälineet on tarkastettu ja kunnossa, huolehtia että yhteys nosturin kuljettajaan on kunnossa, käyttää henkilökohtaisia suojaimia, huolehtia työkohteen siisteydestä ja valaistuksesta, noudattaa koneiden ja laitteiden turvallisuusohjeita, huolehtia että tuet poistetaan suunnitelman mukaan sekä huomioida sään vaikutukset.

Lisäksi valtioneuvoston asetus rakennustöiden turvallisuudesta Vna 205/2009 antaa tarkempia ohjeita elementtien suunnittelusta ja työturvallisesta asentamisesta. (Työturvallisuus. 2011.)

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä tehdyn kustannusvertailun perusteella voidaan todeta, että tulokset elementtirakentamisen puolesta ovat hyvin selkeät. Tässä luvussa on vielä koottu yhteen kustannusten muodostumiseen, aikatauluihin ja työturvallisuuden liittyviä asioita.

10.1 Kustannukset

Paikallavalukustannukset nousevat korkeiksi muuntajahuoneen korkean sijainnin ja paikan takia. Kustannuksia lisäävät kantavat teräspilarit ja -palkit, jotka kiertävät muuntajahuoneen ympärillä. Telinekustannukset paikallavaluseinässä nostavat huomattavasti neliöhintaa. Myös konekustannukset vaikuttavat hintaan. Seinien korkean sijainnin takia joudutaan pitämään nosto- ja siirtokalustoa työmaalla miltei koko rakentamisen ajan, mikä nostaa kustannuksia. Kuvassa 8 olevalla nosturilla toteutettiin nostotyöt muuntajahuone 1103:n työmaalla.

Kustannusvertailussa on hyvä vertailla myös sitä, miten yleiskustannukset nostavat paikalla rakennettavan muuntajahuoneen seinien hintaa, kun työ kestää pitempään kuin elementeistä rakennettaessa. Yleiskustannuksille on arvioitu 10 % rakentamiskustannuksista. Yleiskustannukset ovat viikkoa kohden noin 2 300 euroa. Kun paikalla valettavan muuntajahuoneen työn kesto on 4,5 viikkoa pidempi, tulee yleiskustannuksista 10 350 euron lisäkustannuserä.



KUVA 8. Muottityöhön käytettävä nosturi

YBT:n elementtitarjouksen perusteella elementtirakentaminen olisi järkevä vaihtoehto tällaisessa kohteessa. Lyhyt asennusaika ja vähäiset työvaiheet puoltavat elementtirakentamista. Elementtirakentamisen kustannuksiin voi yritys myös itse vaikuttaa kilpailuttamalla ja käyttämällä esimerkiksi omaa työvoimaa asennuksessa sekä saumavaluissa. Vuodenaika vaikuttaa myös omalta osaltaan kustannusten muodostumiseen.

Suhdanteet vaikuttavat voimakkaasti elementtien hintaan. On hyvä huomioida elementtien hinnan nousu ja se, miten tilanne muuttuu, jos elementtien hinnat nousevat 50 %. Tällöin myös paikallavalun kustannuksetkin nousevat jonkin verran. Näillä laskelmilla ja tässä taloustilanteessa kustannusero on huomattava 45 %.

10.2 Aikataulu

Paikalla valamisen aikataulu on suuntaa antava, mutta todellisuudessa työn kesto riippuu työsuunnittelusta. Tarkemman aikataulun voisi tehdä paikka-aika-kaaviolla, jolloin töiden aloitus- ja lopetuskohdat voidaan määrittää niin, että työvaiheet limittyvät parhaalla mahdollisella tavalla.

Paikalla valettaessa työ kestää noin 6,5 viikkoa, mikä on varsin lyhyt aika näin vaativassa kohteessa. Aikaa voisi lyhentää vielä muutaman päivän hyvällä työsuunnittelulla ja ammattitaitoisella työnjohdolla ja työmiehillä. Hyvällä ajallisella suunnittelulla voidaan pienentää kustannuksia, sillä työn pitkä kesto nostaa nopeasti kustannuksia.

Ajallinen kesto elementtirakentamisessa on huomattavasti pienempi kuin paikalla valettaessa. Elementtien asennus työmaalla vie aikaa noin 2 viikkoa, kun taas paikalla valettuna seinien teko kestää noin 6,5 viikkoa. Elementtien asennus vie aikaa vain kolmasosan paikalla valamisen sijaan, mikä merkitsee yhteensä yli 1,5 kuukautta ajan säästöä tällaisella työmaalla, jossa muuntajahuoneita on yhteensä 3.

10.3 Työturvallisuus

Työturvallisuudesta ei pidä tinkiä, vaikka se lisäisikin kustannuksia. Tässä kohteessa työturvallisuuteen positiivisesti vaikuttavat hyvät työtelineet muuntajahuoneen ympärillä. Monet työvaiheet pakottavat huomioimaan työturvallisuuden työsuunnittelussa. Alapuolella työskentelevät ja kulkevat on otettu huomioon paikalla valettaessa rakentamalla telineisiin putoamissuojat, joita ei ole elementeistä rakennettaessa.

Työturvallisuusasiat tulevat esille asennussuunnitelmassa, jolloin ne ovat asentajien tiedossa. Nostosuunnitelmat tulee laatia tarkasti suuria elementtejä nostettaessa. Suurin ero työturvallisuudessa näiden kahden rakennustavan välillä on nostoissa ja väliaikaisessa tuennassa. Elementtien asentamisessa näihin asioihin tulee kiinnittää enemmän huomioita kuin paikalla valettaessa. Paikalla valettaessa yleensä työntekijöiden määrä on pienempi, jolloin päällekkäisiä työvaiheita ei juuri ole. Tämä lisää työturvallisuutta. Elementtejä asennettaessa joudutaan nosto- ja vaara-alueelta muut työvaiheet keskeyttämään, mikä voi aiheuttaa viivästymistä muihin töihin.

11 POHDINTA

Elementti- ja paikallavalurakentamisen kustannusvertailu on laaja aihe. Tässä työssä tarkasteltiin aihetta teollisuusrakentamisen näkökulmasta. Aluksi tehtiin määrä- ja jälkilaskentaa sekä aikatauluja. Lopuksi laskettiin kustannukset yhteen taulukoitiin tarkasteltavaan muotoon. Asetettuihin tavoitteeseen päästiin ja nyt voidaan käyttää opinnäyteyössä saatuja tuloksia tulevilla vertailuilla apuna.

Saatuja tuloksia voi käyttää vastaavissa kohteissa, jossa paikallavalutyö on hankalaa korkean sijainnin takia ja joissa on paljon telinetyötä ja monia päällekkäisiä työvaiheita. Juuri vastaavia kohteita ei välttämättä löydy, mutta työ antaa perustiedot siitä, mitä kannattaa huomioida, kun tekee valintaa kahden rakennustavan välillä.

Tässä työssä käy ilmi, miten työmaalla muutama asia voi vaikuttaa selvästi lopputulokseen. Paikallavalettaessa pelkästään telinetyöstä aiheutuvat kustannukset nousivat niin suuriksi, että elementtirakentaminen olisi voittanut kilpailtaessa rakennustapojen välillä. Pitää kuitenkin muistaa, että aina ei ole mahdollista tehdä kohdetta kaikilla rakentamistavoilla.

Tulokset ovat osittain tulkinnanvaraisia johtuen tietojen puutteellisuudesta ja kohteen vaativuudesta. Ne tiedot, joita tässä työssä on käytetty, ovat Raturkortistosta ja suurilta alalla toimivilta yrityksiltä kuten Havatorilta ja Teline-Ramilta. Yleiskustannusten suuruutta on vaikea arvioida, koska tilaaja tarjoaa osan tälle litteralle tulevista kuluista. Taulukoita 1 ja 2 verratessa näkee seinien suuren kustannuseron. Kustannukset vaihtelevat rajusti suhdanteiden mukana. Työssä esitetty tilanne oli syys-kesällä 2011. Kokonaisuudessa tuloksia voi pitää luotettavina.

LÄHTEET

Betonitekniikan oppikirja 2004 by 201. 2005. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Elementtien asennus. 2011. Betoniteollisuus Ry. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus>. Hakupäivä: 18.11.2011.

Koski, Hannu – Koskenvesa, Anssi – Mäki, Tarja – Kivimäki, Christian 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka. Helsinki: Rakennustieto.

Kokemuksella vuodesta 1983. 2010. LTR-yrityksen internet-sivuilta. Saatavissa: www.ltr.fi. Hakupäivä 6.10.2011.

Lindholm, Mika 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

Mäki, Tarja – Koskenvesa, Anssi 2007. Aikataulukirja 2008. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Palolahti, Tuomas – Koskenvesa, Anssi – Lindberg, Rita – Sahlstedt, Satu 2009. Muottityön turvallisuus. Forssa: Forssan kirjapaino OY.

Enkovaara, Esko – Haveri, Heikki – Jeskanen, Pekka 2000. Rakennushankkeen kustannushallinta. Saarijärvi: Gummerus kirjapaino Oy.

RU8 työpiirustus sulatto, muuntajahuone 1103, välillä SG- SI/S7- S10, raudoitus. 2011. A-insinöörit. Toimitettu 31.8.2011.

Suunnittelusta asennukseen. 2011. YBT-yrityksen internet-sivuilta. Saatavissa: www.ybt.fi. Hakupäivä 6.10.2011.

Tuotannonhallinta. 2011. Lapin Teollisuusrakennus Oy. Sisäinen dokumentti.

Työmaan turvallisuusjohtaminen. 2006. Työsuojeluhallinto. Saatavissa:
www.tyosuojelu.fi/fi/tulosta/1236. Hakupäivä 11.11.2011 word-lomake.

Työturvallisuus. 2011. Betoniteollisuus Ry. Saatavissa:
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/tyoturvallisuus>. Hakupäivä: 18.11.2011.

MÄÄRÄLASKENTALUETTELO PAIKALLAVALUSEINÄ

LIITE 1

Määrä laskenta/jälkilaskenta muuntajahuone 1103 paikallavaluseinä 9.12.2011

| Nimike | m | m ² | m ³ | Paino/ määrä/ kpl | Kappale | Korkeus s/mm | Leveys s/mm | Työmenek k(Ratu) | SMK | Työryhmä | Kokoyömenekki | Työryhmä kth | Työryhmä loh | Työn hinta/€ | Yksikkö hinta työ/€ | Yksikkö hinta materiaali/€ | Materiaalin hinta/€ | Kaluston yksikkö hinta/€ | Kaluston hinta/€ | Hinta/€ | | |
|--|---|----------------|----------------|-------------------------|---------|-----------------|----------------|---------------------|-----|----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------|---------|----------|----------|
| Seinämuotti | | 53,6 | 529,6 | | | 9880,0 | 240,0 | 0,5 | 1,1 | 3,0 | 0,5 | 272,5 | | 8719,3 | 32,0 | | | | | 8719,3 | | |
| Seinän yksimuoti | | 52,3 | 498,4 | | | 9880,0 | 240,0 | 0,5 | 1,1 | 3,0 | 0,5 | 256,4 | | 8205,7 | 32,0 | | | | | 8205,7 | | |
| Erkkein yksimuoti | | 4,4 | 12,8 | | | 2900,0 | 240,0 | 0,5 | 1,1 | 3,0 | 0,5 | 6,6 | | 210,7 | 32,0 | | | | | 210,7 | | |
| Erkkein tuplaus | | 4,5 | 13,1 | | | 2900,0 | 240,0 | 0,5 | 1,1 | 3,0 | 0,5 | 6,7 | 180,7 | 215,7 | 32,0 | | | | | 215,7 | 17351,4 | |
| Muuttamokkeet | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Välilevykkeet | | 400,0 | | | | | | | | | | | | | | 1,3 | 520,0 | | | 520,0 | | |
| Tuulat20/25 | | | | 100,0 | | | | | | | | | | | | 0,2 | 22,0 | | | 22,0 | | |
| Dyvlåg sietaraget | | | | 80,0 | | | | | | | | | | | | 1,5 | 724,8 | 289,5 | | 1014,3 | | |
| Kartiot | | | | 1800,0 | | | | | | | | | | | | 0,1 | 144,0 | | | 144,0 | | |
| Muuttokäly | | | | 20,0 | | | | | | | | | | | | 55,0 | 550,0 | | | 550,0 | | |
| Uudet muotit | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 903,2 | | |
| Betonimuotti ja muut kinnikkeet | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 500,0 | | |
| Puutavara (nro1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1000,0 | | |
| Tee stubi A410 230-410 cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 47,0 | | |
| Muuttamahuolto (erivio) | | 1028,0 | | | | | | | | | | | | | | 60,0 | 15420,0 | 0,1 | 470,0 | 15420,0 | 20543,3 | |
| Betonite rakset | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Betonite rakset | | | | 19,5 | | | | 10,8 | 1,0 | 2,0 | 10,8 | 210,7 | | 6740,9 | 32,0 | | | | | 21344,9 | | |
| Sipaleverko | | | | 695,0 | | | | | | | | | | 6255,0 | 9,0 | | | | | 7133,4 | 29478,3 | |
| Tarunta teräsket | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Teräsket 12mm | | 481,0 | | 0,4 | | | | 10,8 | 1,1 | 2,0 | 11,9 | 5,1 | | 162,3 | 32,0 | | | | | 341,6 | 503,9 | |
| Teräsket 16mm | | 481,0 | | 0,8 | | | | 10,8 | 1,1 | 2,0 | 11,9 | 9,0 | | 288,9 | 32,0 | | | | | 608,0 | 896,9 | |
| Betonointi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Seinien betoni X3 (7,5m ² vuolla) | | | 120,3 | | | | | 0,3 | 1,1 | 3,0 | 0,4 | 43,7 | 14,6 | 1397,4 | 32,0 | | | | | 8842,1 | | |
| Erkkein betoni X3 | | | 2,5 | | | | | 0,3 | 1,1 | 3,0 | 0,4 | 0,9 | 0,3 | 29,0 | 32,0 | | | | | 183,8 | | |
| Pumppaus | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 60,0 | 873,4 | |
| Kinnitysoyry | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kinnitysoyry | | | | 2,0 | | | | | | | | | | 544,0 | 34,0 | | | | | 125,0 | 669,0 | |
| Työkoneet, kuljetyö ja nostimet | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nosturi 1..100t | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 130,0 | 26000,0 | |
| Nostimet 1. (esikkokäyttöinen) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 90,0 | 3150,0 | |
| Nostin 2. (60) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1500,0 | 600,0 | |
| Pöytäkone Komatsu J21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 50,0 | 5600,0 | |
| Muuttamien kuljetus/työstäjä | | | | | | | | | | | | | | 3165,0 | | | | | | 3165,0 | 38515,0 | |
| Uudet jätteen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IFE ja HEA paikat | | | | 4634,0 | | | | | | | | | | 72,0 | | | | | | 3994,0 | 3994,0 | |
| Kinnikkeet ankkurointiin | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1836,0 | 1836,0 | |
| lujittamipi massa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 616,6 | 616,6 | |
| Porausyo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2332,0 | 2332,0 | |
| Asemustyö | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 320,0 | 1768,0 | |
| Vaihtus | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 720,0 | 3200,0 | |
| Telineet/rautinerami | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13350,0 | 13350,0 | |
| Työkalut ja välineet | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Betonointi välineet | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Raudan käsittelyvälineet (vuokraus) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11,3 | 339,0 | |
| Roste-aitat (vuokraus) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5,3 | 186,2 | |
| Vieläuttamukset 10% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Yht. | | | | | | | | | | | | | | 56256,0 | | | | | | 52813,4 | 160175,8 | 145614,4 |