

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Rakennustuotanto  
Mikko Suopanki

Opinnäytetyö

## **Rakennusliike J. Malm Oy:n palvelukeskuksen toiminnan kehittäminen**

Työn ohjaaja  
Työn teettäjä  
Tampere 2009

DI Harri Miettinen  
Rakennusliike J. Malm Oy, toimitusjohtaja RI Jorma Malm

Tekijä	Suopanki, Mikko
Työn nimi	Rakennusliike J. Malm Oy:n palvelukeskuksen toiminnan kehittäminen
Sivumäärä	38 sivua + 28 liitesivua
Valmistumisaika	4/2009
Työn ohjaaja	DI Harri Miettinen
Työn tilaaja	Rakennusliike J. Malm Oy, Toimitusjohtaja RI Jorma Malm

---

## Tiivistelmä

Työn teettäneessä yrityksessä on vuodesta 2003 alkaen työmaiden tuotannossa ollut vahvasti mukana esivalmisteiden käyttö. Nämä esivalmisteet valmistetaan yrityksen omissa tuotantotiloissa, joista käytetään yhteistä nimitystä palvelukeskus. Esivalmisteita käytetään sekä uudis- että saneerauskohteissa. Työn tarkoituksena oli selvittää palvelukeskuksen käytöllä saavutettavia etuja sekä suorittaa kustannusvertailua esivalmisteiden ja paikalla rakentamisen välillä ja luoda tämän pohjalta toimintaperusteet esivalmisteiden käytölle. Lisäksi selvityksessä pyrittiin havaitsemaan toimintaan liittyviä kehitystarpeita sekä etsimään niihin kehitysideoita.

Esivalmisteiden käytöllä voidaan saavuttaa merkittäviä etuja perinteiseen paikalla rakentamiseen nähden. Työssä pääpaino vertailun teolle oli kustannuksissa, joista löytyi merkittäviä tekijöitä, jotka puoltavat yrityksen laajamittaista esivalmisteiden käyttöä. Kustannuseroissa esivalmisteiden ja paikalla rakentamisen suurimmaksi tekijäksi muodostuivat aikasidonnaiset kustannukset. Myös työturvallisuus-, laatu- ja aikataulutuskulmien avulla esivalmisteiden käyttö ilmeni perustelluksi. Lisäksi työturvallisuudesta kyettiin vetämään myös suoria yhteyksiä kustannusten muodostumiseen. Laskelmat ovat liitteinä ja ne sisältävät luottamuksellista tietoa.

Tulosten perusteella kyettiin toteamaan, että jatkossa yrityksen on lisättävä hankkeidensa jälkilaskentaa etenkin esivalmisteiden osalta sekä luoda työaikamenekkitiedostot palvelukeskuksella valmistettavien esivalmisteiden osalta.

---

Writer	Suopanki, Mikko
Thesis	Construction Company J. Malm LTD:s service centres functions improvement
Pages	38 pages + 28 attachment pages
Graduation time	4/2009
Thesis Supervisor	Harri Miettinen, MSc
Co-operating Company	Construction Company J. Malm Oy, Jorma Malm

---

## **Abstract**

The Company which commissioned this thesis has used prefabricated products increasingly after 2003. These prefabricated products are made on its own production unit which is called service centre. These prefabricated products are used in new construction building sites and also in renovation building sites. Meaning of this thesis was to solve the benefits which are achieved by using the service centre and also compare this standard of activity to the traditional building on site. On ground of these solves were meaning to create principles to the use of prefabricate products. Also problems which are related to this activity were meaning to seek and find solutions to these problems.

By using prefabricated products there can be achieved obvious savings comparing to the building on site.

The largest costs differences between using prefabricated products and building on site were consist from the time limited costs. Aspects as work safety, quality and benefits in schedule also supports of using prefabricated products. Calculations are on attachment and they are confidential.

---

Keywords

Prefabricate, prefabricated product, prefabricated unit

## **Alkusanat**

Opinnäytetyö tehtiin Rakennusliike J. Malm Oy:n tarpeisiin. Kyseisen työn tekeminen oli esillä jo kolme vuotta aiemmin suorittaessani ensimmäistä insinööriopintoihin kuuluvaa työharjoittelua yrityksessä, jolloin aihe kuulosti välittömästi mielekkäältä ja haastavalta. Tästä johtuen työn suoritusprosessia voi kuvailla laajaksi, sillä näkökulmia aiheen tiimoilta on ehtinyt kertyä runsaasti.

Yrityksessä työskentely ennen opintojen aloittamista mahdollisti yrityksen ja sen toimintatapojen tuntemisen. Tästä oli suurta apua työn tekemisen kannalta, mutta toisaalta tämä loi myös haasteen työn suorittamiselle, jotta omat ennakkokäsitteet eivät vaikuttaisi saataviin tuloksiin. Konkreettinen työskentely rakennusmiehenä esivalmisteiden kanssa johti usein pohtimaan niiden hyödyllisyyttä ja niillä mahdollisesti saavutettavia etuja. Tästä syystä oma kiinnostukseni ja motivaationi juuri tätä aihetta kohtaan oli suuri koko opinnäytetyön teon ajan.

Rakennusliike J. Malm Oy:n puolelta haluan kiittää toimitusjohtaja Jorma Malmia rakentavista keskusteluista työn suorituksen aikana, ja koulun puolelta haluan kiittää työn ohjaajaa DI Harri Miettistä innovatiivisesta ohjauksesta.

Tampereella 22.4.2009

Mikko Suopanki

## Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Alkusanat

Sisällysluettelo .....	5
1 Johdanto .....	6
1.1 Työtausta .....	6
1.2 Työn tavoite .....	6
1.3 Työn rajaus ja tutkimusmenetelmät .....	7
2 Palvelukeskuksen nykytila .....	8
2.1 Palvelukeskuksen perustoiminta .....	8
2.2 Toiminnan ongelmat ja haasteet .....	10
3 Palvelukeskuksen esivalmisteiden toiminnallinen tarkastelu .....	11
3.1 Logistiset näkökulmat .....	11
3.2 Aikataulut .....	15
3.2.1 Saavutettavat edut .....	15
3.2.2 Suoritusten kesto ja vertailu .....	16
3.3 Laatu .....	17
3.3.1 Laatuun vaikuttavat tekijät .....	17
3.3.2 Laatuvertailu .....	17
3.4 Työturvallisuus .....	19
4 Palvelukeskuksen ja työmaavalmistuksen kustannusvertailu .....	22
4.1 Kustannusvertailu .....	22
4.1.1 Puuelementit .....	23
4.1.2 Raudoitteet .....	25
4.1.3 Valumuotit .....	28
4.1.4 Muut mahdolliset .....	30
4.2 Kokonaiskustannukset ja lopputulokset .....	30
5 Tulosten koonti ja johtopäätökset .....	33
5.1 Kehitystarpeet .....	33
5.2 Kehitysideat .....	33
6 Yhteenvedo .....	36
Lähteet .....	38
Liitteet .....	39
Liite 1 Yrityksen avainhenkilöiden haastattelut (Luottamuksellinen) .....	39
Liite 2 Työturvallisuuslaskelma (Luottamuksellinen) .....	49
Liite 3 Puuelementtien esimerkkilaskelma (Luottamuksellinen) .....	59
Liite 4 Raudoitteiden esimerkkilaskelma (Luottamuksellinen) .....	61
Liite 5 Valumuottien esimerkkilaskelma (Luottamuksellinen) .....	63
Liite 6 Käyttö- ja yhteiskustannusten määrittäminen (Luottamuksellinen) .....	65
Liite 7 Puuelementtien kokonaiskustannukset (Luottamuksellinen) .....	66

# 1 Johdanto

## 1.1 Työtausta

Rakennusliike J. Malm Oy on vuonna 1978 perustettu perheyritys, joka on vuosien saatossa kasvanut merkittäväksi paikalliseksi toimijaksi. Vakaan kehityksen taustalla on paljon kovaa työtä, mutta myös perinteisten toimintamallien kyseenalaistaminen sekä uusien toimintatapojen suunnittelu ja kehitys on luonut perustaa menestykselle rakennusalan yritystoiminnassa. Yrityksen johdolla on ollut selkeä näkemys, millä menetelmillä perinteisiä rakennusmenetelmiä on mahdollista kehittää ja muuttaa. Pääajatuksena on ollut esivalmistaminen, jossa tuote valmistetaan tuotantolaitoksessa, kuljetetaan työmaalle ja asennetaan paikanpäälle. Tämän ajatuksen toteuttaminen suuremmassa mittakaavassa alkoi vuonna 2003, jolloin yrityksen nykyiset toimitilat valmistuivat. Näissä toimitiloissa sijaitsee palvelukeskuksen lisäksi yrityksen toimisto.

Palvelukeskus käsittää esivalmistamiselle jaetut tuotantotilat metalli-, raudoite-, puu- sekä peltituotteille. Lisäksi palvelukeskus sisältää yrityksen varastotilat.

## 1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on selvittää Rakennusliike J. Malm Oy:n palvelukeskuksen toimintaa verrattuna perinteiseen työmaalla tapahtuvaan paikalla rakentamiseen. Päänäkökulmana vertailussa on kustannustehokkuus. Lisäksi selvitetään palvelukeskuksen käytöllä saavutettavia toiminnallisia etuja, kuten mahdollinen työturvallisuuden kehitys sekä aikataulutuksen edut. Näiden selvitysten perusteella on tarkoitus luoda toimintaperusteet, joista selviää minkälaisia tuotteita palvelukeskuksella on järkevää valmistaa. Lisäksi on tarkoitus selvittää kyseisille tuotteille minimivalmistusmääriä, jotta tuotteen valmistus palvelukeskuksella olisi kannattavaa. Myös palvelukeskuksen toimintaan mahdollisesti liittyviä ongelmia on tarkoitus nostaa esiin ja etsiä niihin kehitysmahdollisuuksia.

### 1.3 Työn rajaus ja tutkimusmenetelmät

Työ käsittelee palvelukeskuksen toimintaa esivalmistamisen osalta, ja työssä käsiteltävät logistiset näkökulmat rajautuvat esivalmisteiden logistiikkaan. Palvelukeskuksen varastotilojen ja työmaan välistä materiaalivirran logistiikkaa ei käsitellä tässä työssä. Myöskään palvelukeskuksella syntyvien kustannuksien kohdistamista ei käsitellä tässä työssä. Työn tiedonhankintamenetelmänä suoritettiin työmaamestareiden ja yrityksen avainhenkilöiden haastattelut, joilla hankittiin tietoa nykytilasta (Liite 1). Haastattelut suoritettiin yhteistyössä Jukka Hyppösen kanssa, joka samanaikaisesti teki opinnäytetyötä Rakennusliike J. Malm Oy:lle koskien projektin hallintaa ja tiedonkulkua. Haastattelu sisälsi viisi eri aihealuetta, jotka olivat: projektin hallinta ja urakan aloitus, työmaan ja palvelukeskuksen välinen toimintamalli, työmaan ja palvelukeskuksen toimintaperusteet tällä hetkellä, sekä kehitysideat ja ongelmat. Näistä neljä viimeistä aihealuetta toimi tämän työn tiedonlähteenä.

Työssä suoritettiin myös kustannusseurantaa palvelukeskuksella tapahtuvien esivalmisteiden teon osalta sekä näiden esivalmisteiden työmaa-asennusten osalta. Lisäksi kerättiin kustannustoteumatietoja yrityksen tuotannonhallintajärjestelmästä.

Tutkimuksessa suoritettut laskelmat sekä erilaiset kustannustiedot on esitetty vain liitteissä, jotka ovat luottamuksellisia. Työssä käsitellään pääsääntöisesti laskelmissa saavutettuja prosentuaalisia lukuja, ei euromääriä.

## 2 Palvelukeskuksen nykytila

### 2.1 Palvelukeskuksen perustoiminta

#### Tuotanto

Palvelukeskuksella valmistetaan rakennusliikkeen työmaiden tarpeisiin erilaisia esivalmisteita joiden valmiusaste vaihtelee tapauskohtaisesti. Valmistettavat tuotteet voivat olla puu-, pelti-, teräs- tai harjateräsvalmisteita. Oheisessa kuvassa palvelukeskuksen metallipuolella on työn alla nostoapulaite seinäelementtien asennukseen (Kuvio 1).



Kuvio 1: Seinäelementtien nostoapulaite työstettävänä (Kuva: Mikko Suopanki)



## **Esivalmisteiden jaottelu**

Palvelukeskuksella valmistettavat esivalmisteet voidaan valmiusasteen perusteella jakaa karkeasti kahteen ryhmään:

- elementit
- pre-cut -tuotteet

Elementit -ryhmä käsittää muun muassa puusta valmistetut seinäelementit, kattoelementit ja valumuotit sekä erilaiset raudoite-elementit. Lisäksi metallipuolella valmistetaan kantavia teräsrakenneseosia kuten teräsristikoita ja teräspilareita sekä erilaisia teräsrakenteisia esivalmiste-elementtejä kuten parveke-elementtejä. Valmistettavien elementtien valmiusaste vaihtelee tapauskohtaisesti. Pre-cut -tuotteet käsittävät muun muassa valmiiksi katkaistut ja pintakäsitellyt verhoilupaneelit, määrämittaan työstetyn puutavaran, erilaiset peltituotteet kuten listat, levyt ja kannet sekä erilaiset määrämittaan työstetyt kappaleet, jotka voivat olla teräs-, puu-, pelti- tai raudoitevalmisteita.

## **Perustoimintamalli**

Pääsääntöisesti tuotteen teettämisestä palvelukeskuksella päättää työmaan vastaava mestari tai muu työmaan johto. Laajemmissa osakokonaisuuksissa, kuten esimerkiksi seinärungon teettämisen palvelukeskuksella puuelementeistä, päätös tapahtuu yleensä toimitusjohtajan tekemänä. Tuotantomääriltään pienten tai muutoin valmistukseltaan nopeiden esivalmisteiden toimitusajaksi on määritelty kaksi päivää. Tämä mahdollistaa esimerkiksi saneeraustyömaille joustavan osatoimituksen lyhyelläkin varoitusaajalla. Laajempien kokonaisuuksien valmistaminen aikataulutetaan työmaan aikataulun mukaan tai niistä sovitaan erikseen työmaan kanssa.

## **2.2 Toiminnan ongelmat ja haasteet**

### **Työmaanäkökulma**

Suoritettujen haastattelujen perusteella (Liite 1) palvelukeskuksen toimintavarmuus on keskimäärin hyvä. Toimitusajoista pystytään pääsääntöisesti pitämään kiinni ja tuotteet saapuvat työmaalle sovitusti. Suurimpana ongelmana haastattelujen perusteella on että työmaalle toimitetut tuotteet eivät ole vastanneet valmiusasteeltaan tilattua tai niissä käytetty materiaali ei ole ollut sovitun mukainen. Työmaiden mielestä asia johtuu pitkälti puutteellisesta yhteydenpidosta palvelukeskukselta työmaalle mutta myös palvelukeskuksella tehtävästä soveltamisesta, joka ei palvele lopputulosta.

Jonkin verran päänvaivaa työmaalle on aiheuttanut myös palvelukeskuksella suoritettut päätökset tuotteen teettämisestä palvelukeskuksella, vaikkakin työmaan mielestä työsuorite olisi kannattanut tehdä työmaalla paiknanpäällä. Osaltaan työmaita epäilyttää palvelukeskuksen tuotantopäästä puuttuva tekninen ymmärrys.

### **Palvelukeskuksen näkökulma**

Palvelukeskuksella työskentelevien henkilöiden näkökulmasta ongelmia aiheuttaa tilauksien tulo työmaalta liian myöhään, mikä osaltaan johtuu työmaiden vähäisestä ennakoimisesta. Myös tilausten sisällön epäselvyys aiheuttaa toisinaan päänvaivaa palvelukeskuksella. Epäselvyyksiä on ilmennyt varsinkin tilattavan tuotteen valmistusmäärän suhteen, mittayksiköt ovat olleet epäselviä, tai toimitusajankohtaa ei ole määritetty tai sen määrittely on epäselvä. Lisäksi tilausten tekijät eivät aina varmista tarvittavien materiaalien saatavuutta palvelukeskuksesta, mikä osaltaan aiheuttaa ongelmia. Palvelukeskuksella ongelmia on aiheutunut myös tilausten hukkuminen, mikä saattaa johtaa tuotteen valmistumisen viivästymiseen.

### 3 Palvelukeskuksen esivalmisteiden toiminnallinen tarkastelu

#### 3.1 Logistiset näkökulmat

##### Esivalmisteiden koko

Esivalmisteiden ja erilaisten elementtien valmistamisessa merkittävä seikka on logistiikka. Tuotteen käsiteltävyys, koneelliset tai käsin tehdyt nostot sekä kuljettaminen, asettaa rajoitteita valmisteen koolle sekä painolle. Lisäksi työmaalla vallitsevat olosuhteet ovat merkittävässä asemassa. Kappaleen suuri koko saattaa myös vaikeuttaa kappaleen asentamista. Palvelukeskuksen ja työmaan välisessä kuljetuksessa (kuvio 2) kappaleen kokoa rajoittavana tekijänä on lähinnä voimassa oleva tielainsäädäntö.



Kuvio 2: Elementtikuorma lähdössä palvelukeskukselta työmaalle (Kuva: Mikko Suopanki)

Kuljetuksen ja voimassaolevan tielainsäädännön asettamat rajoitteet koskevat esivalmisteita lähinnä ainoastaan kattoelementtien kokoa, joiden leveydessä tielainsäädäntö toimii rajoittavana tekijänä. Ilman erityistoimenpiteitä leveys ei saa ylittää 2,6 metriä (Finlex, 1981). Isompien elementtien kuljetuksessa joudutaan turvautumaan ulkopuolisiin kuljetusliikkeisiin, pääsääntöisesti kuitenkin kaikki tuotteet toimitetaan yrityksen omalla kalustolla. Oman kaluston käyttö mahdollistaa joustavuutta logistiikan järjestelyihin.

### **Työmaan rajoitukset**

Logistiset rajoitukset johtuvat kaikki pääsääntöisesti työmaaoloista. Työmaalla yleisimpinä rajoitteina ovat käytössä oleva konekalusto sekä työmaan erityispiirteet. Mikäli työmaan konekantaan ei kuulu nostokalustoa, on pyrittävä toteuttamaan esivalmisteet siten, että niiden purkaminen työmaalla onnistuu joko kuorma-auton nostimella tai käsin. Esivalmisteiden kokoa saneeraustyömailla ja teollisuusrakentamisessa rajoittaa usein työkohteen aukkojen ja kulkuväylien koko. Nämä seikat on syytä huomioida kappaletta suunniteltaessa, jotta työmaalla ei aiheudu kohtuuttomia kuluja esivalmisteen asentamisesta. Myös tuotteen valmistaminen kokonsa puolesta liian tarkasti työmaan rajoitteiden mukaan saattaa johtaa työmaalla kappaleen työstämiseen, mikä puolestaan vähentää esivalmisteella saavutettavaa hyötyä. Toimittaessa työmaalla, jonka kulkuväylät ovat rajoittavia, on syytä harkita tuotteen tekoa useasta osasta siten, että niiden toimitus varsinaiselle työpisteelle sujuu helposti. Suoritettujen haastattelujen perusteella esivalmisteiden toimitukset työmaille sujuu pääsääntöisesti hyvin, tosin satunnaisesti toisien työmaiden omat ajojärjestelyt ovat häirinneet sovittuja esivalmisteiden toimituksia.

### **Palvelukeskusvarastointi**

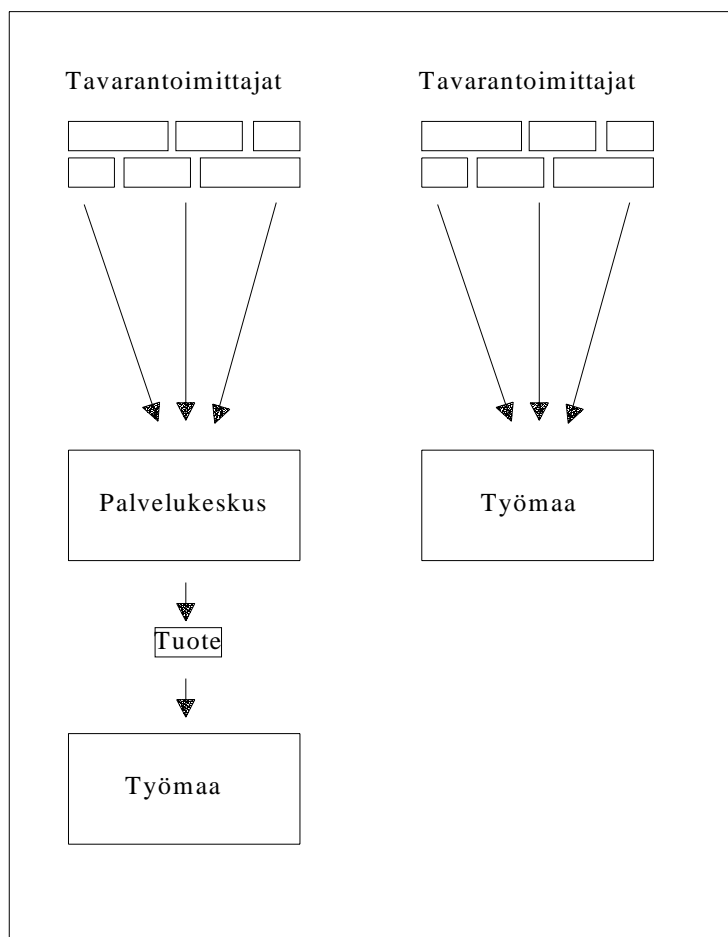
Esivalmisteita käytettäessä on pyrittävää tarkkaan aikatauluttamiseen tuotteen valmistamisen sekä kuljetuksen suhteen. Optimaalisessa tilanteessa tuotteen tai tuoteryhmän valmistuttua se lastataan autoon, kuljetetaan työmaalle ja asennetaan paikalle. Tällaisella toiminnalla saavutetaan etuja sekä työmaalla että palvelukeskuksella. Palvelukeskuksella voidaan täten välttää ylimääräistä välivarastointia, josta aiheutuisi muutoin kuluja muun muassa tuotteen ylimääräisen käsittelyn vuoksi. Lisäksi tuotteen seisottaminen turhaan vähentää palvelukeskuksen varastointikapasiteettia. Oheisessa kuvassa (Kuvio 3) palvelukeskuksella varastoituja puuelementtejä.



Kuvio 3: Palvelukeskuksella varastoituja puuelementtejä (Kuva: Mikko Suopanki)

## Työmaavarastointi

Työmaalla esivalmisteiden oikea-aikaisella logistiikalla saavutettavat edut ovat vielä suuremmat. Varsinkin saneeraustyömailla toimittaessa työmaan tilat ovat usein erittäin rajalliset ja varastointikapasiteetti on hyvin vähäinen. Tällöin esivalmisteiden käytöllä ja niiden oikea-aikaisella logistiikalla voidaan selkeästi vähentää työmaa-alueen varastointi tarvetta. Esivalmisteiden laajamittaisella käytöllä voidaan myös vaikuttaa jätehuollon vaatiman kapasiteetin määrään, mikä osaltaan voi vaikuttaa työmaan vaatiman tilan kokoon. Esivalmisteiden käyttö on huomioitava jo työmaan aluesuunnitelmaa laadittaessa, jotta pienikokoisten työmaa-alueiden kapasiteetti kyetään käyttämään optimaalisesti. Kuviossa 4 on kaaviokuva materiaalien ja tuotteiden logistiikasta työmaalle.



Kuvio 4: Materiaalin kulku työmaalle (Kuva: Mikko Suopanki)

Työmaan vähentyvä materiaalivarastointi edesauttaa myös saavuttamaan siistin ja ulkoasultaan selkeän työmaan. Tämä on merkittävä etu varsinkin toimittaessa kaupunkialueella saneeraustyömailla, joissa työmaa-alue on usein myös samanaikaisesti asukkaiden käytössä. Lisäksi ilkeivallasta ja varkauksista aiheutuvia haittoja voidaan vähentää vähentyvän varastointi tarpeen ansiosta.

Työmaan laajamittainen esivalmisteiden käyttö voi siis johtaa työmaa-alueen vaatiman tilan supistumiseen materiaalivarastoinnin vähentymisestä sekä mahdollisen jätehuollon vaatiman tilan pienentymisestä. Osaltaan myös rakennusmateriaalien työmaalta vaatimien katkaisu- ja työstöpisteiden poistumisella voidaan vapauttaa työmaatilaa muuhun käyttöön.

## **3.2 Aikataulut**

### **3.2.1 Saavutettavat edut**

Mikäli isompien osakokonaisuuksien teettäminen palvelukeskuksella kyetään päättämään urakkakohtaisesti jo aikataulutuvaiheessa, voidaan tämän avulla saavuttaa säästöjä työmaan aikasidonnaisten kustannusten vähenemisellä. Aikasidonnaisia kustannuksia ovat muun muassa työmaatekniikasta aiheutuvat kustannukset. Näiden kustannussäästöjen saavuttaminen edellyttää kuitenkin että koko rakennushankkeen aikataulu muuttuu. Vaikka rakennuksen osan tai rakenteen rakentamisaika lyhenisi, niin koko hankkeen rakentamisaika ei muutu ellei tarkasteltavan osan toteutus ole kriittisellä polulla (Kiviniemi, Markku 1996). Aikasidonnaisten kustannusten vaikutusta kokonaiskustannuksiin käsitellään tarkemmin kohdassa 4.2 Kokonaiskustannukset ja lopputulokset.

Työmaan pysymistä aikataulussa voidaan edesauttaa teettämällä esivalmisteita palvelukeskuksella myös sellaisten tuotteiden osalta, jotka tavallisesti olisivat kustannussäästöjen saavuttamiseksi kannattamattomia toteuttaa palvelukeskuksella. Työmaan resurssien vapautuessa lisääntyvää kapasiteettia voidaan sijoittaa työmaan kriittisiin kohteisiin. Tämän avulla työmaa voi vaikuttaa aikataulussa pysymiseen ilman,





### **3.3 Laatu**

#### **3.3.1 Laatuun vaikuttavat tekijät**

Merkittävä laatuun vaikuttava tekijä esivalmisteita käytettäessä on verrattuna perinteiseen paikalla rakentamiseen varastoinnin väheneminen. Paikalla rakennettaessa materiaalien varastoiminen työmaalle altistaa ne usein pitkäksikin aikaa erilaisille haitta tekijöille kuten kosteudelle ja lämpötilan vaihteluille. Lisäksi materiaalit saattavat kolhiintua työmaan ahtaissa ja puutteellisissa varastointioiloissa. Esivalmisteita käytettäessä materiaali pystytään kuljettaman suojatusti tavaran toimittajalta palvelukeskukseen ja sieltä edelleen työmaalle siten, että ulkovarastointi voidaan välttää kokonaan. Tämä edellyttää kuitenkin prosessin huolellista suunnittelua ja aikataulutusta.

Hyvät suunnitelmat ovat myös merkittävä laatuun vaikuttava tekijä. Töiden suunnittelun ja erilaisten työpiirustusten on oltava vaaditun mukaiset ja yksiselitteiset, jotta tulkinnanvaraisuuksille ei jää tilaa.

#### **3.3.2 Laatuvertailu**

##### **Esivalmisteiden konkreettiset edut**

Toteutettaessa esivalmiste palvelukeskuksella on keskittyminen tuotteen pieniin yksityiskohtiin helpompaa, ja täten sen lopputuloksesta voidaan tehdä myös laadukkaampi kuin paikalla rakennettaessa. Esimerkiksi raudoite-elementin toteutus palvelukeskuksella voidaan toteuttaa äärimmäisen tarkasti verrattuna vastaavan tuotteen sitomiseen paikanpäällä. Tällöin voidaan varmistaa, että suunnitelmissa esitettäviin betonin suojaetäisyyksiin varmasti päästään. Lisäksi raudoite-elementin lujemmat hitsauskiinnitykset kestävät perinteistä sitomista paremmin betonivalun, tämän ansiosta suojaetäisyys on halutun suuruinen myös valmiissa rakenteessa.

Vallitsevien sääolosuhteiden vaikutus lopputuloksen laatuun käytettäessä esivalmisteita tai vaihtoehtoisesti paikalla rakennettaessa, on kaksijakoinen. Esimerkiksi puuelementit ovat erittäin herkkiä kärsimään laatuongelmia asentamisen aikana juurikin sääolojen vuoksi, tämä aika tosin on melko lyhyt. Toteutettaessa runkotyö perinteisin menetelmin paikanpäällä altistuu rakennusmateriaalit pidemmän aikaa vaihteleville sääolosuhteille verrattaessa elementtirakentamiseen, niin rakennettaessa kuin työmaan varastoinnissakin. Vesikaton valmistaminen puuelementeillä on selkeästi nopeampaa kuin paikalla rakennettuna. Tämän avulla esimerkiksi saneerauskohteissa voidaan riskialtis kattotyö suorittaa nopeasti.

### **Kokonaislaatu**

Konkreettisten työn laatuominaisuuksien lisäksi merkittävä tekijä on rakennusliikkeen asiakkailleen ja yhteistyökumppaneilleen luoma imago omasta toimintatavastaan ja sen laadukkaudesta. Tulevaisuudessa korjausrakentamisen määrä tulee moninkertaistumaan jo nykyiselläänkin runsaaseen korjausrakentamiseen nähden. Tämä puolestaan tarkoittaa suoran asiakaspalvelun lisääntymistä konkreettisen rakentamisen ohessa. Tällöin yrityksen käyttämien toimintatapojen merkitys kasvaa. Työn tuloksen onnistuminen ja hankkeen toteutus vaaditussa aikataulussa ei riitä laadukkaaseen kokonaisuuteen vaan laatu muodostuu juurikin kohteen toteutustavasta. Mietittäessä esimerkiksi asuinkerrostalon saneeraustyömaata, jossa valtaosa asukkaista on koko remontin ajan läsnä. Tällöin tuotteiden jalostaminen palvelukeskuksella siirtää työstä aiheutuvaa haittaa pois asukkailta, jolloin lyhenevä työvaiheen kesto aiheuttaa lyhyempiäaikaisen häiriön. Myös työmaa-alueella saavutettavat edut luovat asukkaille inhimillisemmän asuinympäristön remontin ajaksi kuin toteutettaessa hanke perinteisin menetelmin.

### **Esivalmisteiden laatuongelmat**

Työmaamestareiden haastattelujen pohjalta (liite 1) tuli ilmi, että palvelukeskuksella toteutettavien tuotteiden isoin laatuongelma on tuotteissa käytettyjen materiaalien epäsopivuus. Työmaanäkökuilmasta tähän on syynä palvelukeskuksen suorittamat materiaalien muutokset ilman erillistä sopimista työmaajohdon kanssa. Pääsääntöisesti

väärästä materiaalista johtuvat haitat eivät kuitenkaan heikennä lopullisen tuotteen laatua vaan lisäävät ainoastaan kuluja. Lisäksi ongelmia on satunnaisesti ollut elementtien mitoituksessa, minkä vuoksi työmaalle on toimitettu epäsopivia elementtejä. Riskinä epäsopivien tuotteiden toimittamisessa on, että niihin tehdään työmaalla muutoksia asentamisen onnistumiseksi, mikä saattaa johtaa lopputuloksen laatuongelmiin. Mittavirheitä on aiheutunut myös työmaan työnjohdon suorittamien tilausten tulkinnanvaraisuuksissa, esimerkiksi työmaan tilauksen suorittajan ja palvelukeskuksen työntekijän käsitys käytettävästä mittayksiköstä on saattanut olla eriävä. Näiden ongelmien minimoimiseksi tulisi kiinnittää huomiota seuraaviin toimiin: elementtien suunnittelu, tarkemittaukset sekä työmaan ja palvelukeskuksen yhteydenpito. Työmaan ja palvelukeskuksen yhteydenpidossa suurin huomio tulisi kiinnittää tilauksen yksiselitteisyyteen.

### **3.4 Työturvallisuus**

#### **Palvelukeskuksen tuotteiden työturvallisuus**

Työturvallisuus on merkittävä näkökulma tutkittaessa rakentamisessa mahdollisuuksia käyttää vaihtoehtoisia rakennustapoja. Työntekijöiden terveys on työnantajalle ensiarvoisen tärkeää, näin myös Rakennusliike J. Malmilla. Työturvallisuudesta sekä sen puutteista muodostuu myös merkittäviä kustannusmenoja yritykselle kohoavien vakuutusmaksujen muodossa.

Elementtien ja esivalmisteiden rakentaminen palvelukeskuksella lisää työmaalla suoritettavien nostojen määrää. Erilaiset nostot ja elementtien asennukset luovat aina mahdollisuuden työtaturmien todennäköisyyden kasvamiselle. Nämä riskit ovat kuitenkin täysin hallittavissa oikeanlaisella työn suunnittelulla ja käytettäessä oikeanlaisia työmenetelmiä.

Työtaturmien osalta tässä työssä on seurantajaksona käytetty kahta vuotta (2007-2008) (Liite 2). Tänä aikana ei ole tapahtunut yhtäkään lääkärikäyntiin johtanutta työtaturmaa liittyen palvelukeskuksella valmistettavien tuotteiden nostoon tai asentamiseen. Tämä johtuu sekä hyvin suoritetusta työnsuunnittelusta, mutta ennen

kaikkea palvelukeskuksella valmistettujen tuotteiden nostomahdollisuudet on suunniteltu ja toteutettu hyvin.

Töiden siirtämisessä työmaalta palvelukeskukselle voidaan töitä myös siirtää ympäristöön, jossa riskienhallinta on helpompaa. Palvelukeskuksella töiden suorittaminen on mahdollista toteuttaa lämpimissä, kuivissa sekä ergonomisesti oikein toteutetussa ympäristössä. Lisäksi käytettävien työkalujen kunto ja käyttöturvallisuus on mahdollista säilyttää parempana kuin työmaaolosuhteissa.

### **Työturvallisuuden taloudellinen vaikutus**

Ajanjaksolla 2007–2008 Rakennusliike J. Malm:n töistä noin 15 % suoritettiin palvelukeskuksella ja 85 % töistä suoritettiin työmaalla. Tänä aikana tapahtui 31 sairauslomaan johtanutta työtapaturmaa, joista aiheutui yhteensä 853 sairauslomapäivää. Näistä tapaturmista yksikään ei tapahtunut palvelukeskuksella. Suhteellisesti vakuutusmaksuista laskettuna teettämällä työstä 15 % palvelukeskuksella aikavälillä 2007–2008 saavutettiin yli 13000€ säästö (Liite 2). Lisäksi huomioitavaa on, että palvelukeskuksella teetetävät rakennusosat ovat pääsääntöisesti joko runko- tai perustamisvaiheeseen kuuluvia tuotteita. Kyseiset työvaiheet ovat riskialteimpia työvaiheita verrattaessa muihin työvaiheisiin. Tästä syystä voidaankin olettaa, että mikäli työt olisi tehty pelkästään työmaalla, kasvaisi työtapaturmien määrä enemmän kuin työnjakosuhte 15 %. Työturvallisuusnäkökulmaa voidaan pitää siis myös tärkeänä kustannusnäkökohtana mietittäessä työn teettämistä palvelukeskuksella. Huomioitavaa tapahtuneiden työtapaturmien suhteen on, että 52 % tapaturmista on aiheutunut joko osittain tai kokonaan työympäristöstä. Näitä syitä ovat muun muassa epäergonomiset työskentelypaikat, sääolosuhteista aiheutuneet haitat sekä käsin suoritettujen nostot. Palvelukeskuksella saadut kokemukset tuotantotilojen riskien minimoimisesta ovat olleet erinomaisia.

Työergonomian ja työpaikalla vallitsevien olosuhteiden vaikutus työssä jaksamiseen on merkittävä (Lähderinne, Mika & Ruotsalainen, Ilse 2004). Henkilöstön vanhetessa työympäristöön panostamisella saavutetaan työntekijöiden pidemmän työssäolon avulla kokemuksen ja tietotaidon säilyminen yrityksessä. Ajateltaessa työturvallisuutta työntekijöiden terveyden sekä henkisen hyvinvoinnin kautta on syytä ajatella töiden teettämistä palvelukeskuksella enenevässä määrin myös nimenomaan työturvallisuuden vuoksi eikä pelkästään suoranaisten kustannusten kautta.

## **4 Palvelukeskuksen ja työmaavalmistuksen kustannusvertailu**

### **4.1 Kustannusvertailu**

Kustannukset ovat merkittävin näkökulma harkittaessa tuotteen tekoa palvelukeskuksella, tai vaihtoehtoisesti rakenteen tai tuotteen toteuttamista perinteisin menetelmin työmaalla. Kustannustarkastelussa verrataan palvelukeskuksen päätuotteiden toteutuneita sekä laskennallisia kustannuksia työmaalla toteutettaviin vastaaviin tuotteisiin. Kustannuslaskelmissa ja vertailuissa käsitellään ainoastaan työpanoksista aiheutuvia kustannuksia. Tarvike- ja kalustopanoksien sekä käyttö- ja yhteiskustannusten vaikutusta kustannuksiin arvioidaan kohdassa 4.2 kokonaiskustannukset ja lopputulokset. Kustannusvertailussa vertaillaan yksittäisten tuotteiden tai rakennusosien toteutuksia, eikä siis kokonaisien hankekokonaisuuksien toteuttamista tuoteosatoimituksena (Kiviniemi, Markku 1996).

Vertailussa käytetään osin todellisia toteutuneita työmenekkejä tuotteille jotka ovat palvelukeskuksella valmistettu. Näiden tuotteiden kustannukset rakennettaessa työmaalla määritetään laskemalla. Lisäksi tietyille tuotteille määritetään työmenekkejä yksikkömäärille suoritettaessa työ palvelukeskuksella ja verrataan saatuja menekkejä paikalla rakentamisen työmenekkeihin. Esimerkkilaskelmien avulla pyritään selvittämään mahdollisesti saavutettavia kustannussäästöjä. Laskelmissa käytetään Ratu – aikataulutiedostojen menekkitiedostoja (Ratu-aikataulutiedostot).

### 4.1.1 Puuelementit

#### Vertailun suoritus

Puuelementtien kustannusvertailussa kohdetyömaana on Rakennusliike J. Malm Oy:n Kangasalan Suoramalla toteutettava peruskorjaus. Kustannusvertailu suoritetaan saneerauksen yhteydessä rakennettavan talousrakennuksen (kuvio 5) seinäelementtien toteutuvien kustannusten ja seinärakenteen paikanpäällä rakentamisen laskettavien kustannusten suhteen. Vertailussa seurataan puuelementtien palvelukeskuksella toteutuvia kustannuksia, niiden työmaalle kuljetuksesta aiheutuvia kustannuksia sekä työmaalla elementtien asennuksesta aiheutuvia kuluja. Vertailulaskelmina lasketaan saman rakenteen rakentaminen paikanpäällä suorasta tavarasta. Laskelmissa siis huomioidaan logistiset kulut siltä osin, kun niitä kertyy työmaan ja palvelukeskuksen välillä, vaikkakaan muita käyttö- ja yhteiskustannuksia ei vertailussa huomioida.



Kuvio 5: Talousrakennus (Kuva: Mikko Suopanki)

Selvitysten perusteella voidaan todeta, että materiaalimenekillä ei ole merkittävää eroa valmistettaessa puurunkoinen seinärakenne elementeistä tai vastaavasti rakennettaessa paikanpäällä. Menekkierot ovat osin riippuvaisia rakennuksen koosta ja rakenteiden muodoista. Tässä laskelmassa menekkejä ei huomioida.

### Vertailun tulokset

Taulukossa 2 on eriteltyinä prosentuaaliset erot paikallarakentamisen ja elementtirakentamisen suhteen osa-alueittain. Elementtirakentamisen työkustannusten edullisuus johtuu osaltaan talvirakentamisen aiheuttamista hankaluuksista paikanpäällä rakennettaessa. Logististen kustannusten osuus aiheutuu lähes kokonaan elementtien asentamisessa käytettävän nosturin kustannuksista.

Taulukko 2: Rakennustapojen osa-alueiden prosentuaalinen vertailu

	<b>Paikanpäällä rakennettuna/ prosentuaalinen osuus työvaiheen kustannuksesta</b>	<b>Elementeistä rakennettuna/ prosentuaalinen osuus työvaiheen kustannuksesta</b>
Työpanoskustannus	<b>100 %</b>	<b>77 %</b>
Logistiset kustannukset	<b>0 %</b>	<b>22 %</b>

Laskelmien perusteella (Liite3) seinärungon toteuttaminen palvelukeskuksella puuelementeistä johti työpanoksen suhteen viiden prosentin etuun verrattaessa paikalla rakentamiseen. Paikalla rakentamisen kustannusten vähentäminen laskettavassa kohteessa olisi mahdollista vain rakentamisajankohdan muuttamisella talvesta kesään, tälläkään ei kuitenkaan ole merkittävää vaikutusta.



### **Esivalmisteen kustannuksiin vaikuttaminen**

Elementtirakentamisen kustannuksiin vaikuttaminen on mahdollista lähinnä työkustannusten ja logististen kustannusten osalta. Työkustannusten madaltaminen on osa-alue, jossa on suurin potentiaali kustannusten laskemiseen. Rakennettavan kohteen koko on merkittävässä asemassa. Elementtimäärän lisääntyessä saavutettavat edut kasvavat suhteessa paikallarakentamiseen. Lisäksi elementtien koon kasvattamisella on mahdollista saavuttaa työn nopeutumista sekä palvelukeskuksella tapahtuvan työn suhteen että työmaalla asennettavien elementtien määrän vähenemisen ansiosta. Mikäli elementin kokoa kasvatetaan, vähenee elementtien nostelu ja kääntely tarve elementtipöydällä, mistä saavutetaan suoria kustannussäästöjä. Lisäksi tämä parantaa työturvaa. Ison elementin tekeminen suhteessa pienempään on nopeampaa, koska työvaiheet eivät vaihdu jatkuvasti, työntekijämäärän optimointi elementtirakentamisessa on helpompaa isomman elementin kanssa. Tässä kohteessa elementtien pituus rajattiin väliseinien sijainnin mukaan.

Logististen kustannusten laskeminen nostokaluston osalta on mahdollista, jos nostokalustona voidaan käyttää yrityksen omaa kalustoa. Tämä kuitenkin asettaa rajoitteita elementtien painolle. Käytettäessä ulkopuolista nostopalvelua ei nostokaluston kapasiteetti aseta rajoituksia elementtien painolle. Tämä mahdollistaa kustannusten vähentämisen kasvattamalla elementtien kokoa, minkä avulla elementtien kokonaismäärää vähenee. Elementtien kuljetus työmaalle tulee suunnitella siten, että käytettävä kuljetuskapasiteetti tulisi käytettyä mahdollisimman tehokkaasti.

#### **4.1.2 Raudoitteet**

##### **Vertailun suoritus**

Tyypillisimpiä palvelukeskuksella toteutettavia raudoite-elementtikohhteita ovat pilari-anturat, anturat, laatoissa reunahaka-elementti sekä erilaiset sovellukset.

Raudoitusvalmisteiden vertailu pohjautuu laskelmiin ja havaintoihin raudoitteiden sitomisesta ja työstämisestä työmaalla sekä laskelmiin ja havaintoihin raudoitteiden työstämisestä (kuvio 6) ja kasauksesta palvelukeskuksella.



Kuvio 6: Valmiita raudoitteita palvelukeskuksessa (Kuva: Mikko Suopanki)

Selvitysten perusteella voidaan todeta, että materiaalimenekeissä on pieni etu valmistettaessa tuote työmaalla, tämä johtuu lähinnä raudoite-elementtien tarvitsemasta jatkosraudoista. Kyseessä ei kuitenkaan ole merkittävä kustannustekijä, joten sitä ei huomioida näissä laskelmissa.

Laskelmissa raudoitteen työmenekiksi työmaalla valmistettaessa käytettiin Ratu-aikataulutiedoista otettua T4 aikaa. Tällä laskettuna esimerkkitapauksen yksittäisen raudoite-elementin työaika työmaalla valmistettaessa on 1,7 tuntia. Kokemuksien mukaan vastaavan raudoite-elementin teko palvelukeskuksella onnistuu tunnissa. (Ratu-aikataulutiedostot. Rakennustieto.)

## **Vertailun tulokset**

Laskentaesimerkissä (liite 4) käytettiin kohdetta, jossa raudoitteen metrimäärä on 250 jm. Suorittaessa raudoitteet palvelukeskuksella saavutetaan jopa 30 % kustannussäästö. Laskelmassa on huomioituna logistiset kustannukset sekä työmaalta aiheutuvat kustannukset raudoite-elementtien asennuksesta. Huomioitavaa on että kyseinen laskelma perustuu ainoastaan laskelmassa käytettävälle raudoite-elementille.

Pohdittaessa raudoitteen teettämistä palvelukeskuksella tulee huomioida raudoitteiden määrä ja arvioida tuotteen valmistusaika palvelukeskuksella sekä valmistusaika työmaalla. Kustannussäästöjen saavuttaminen teettämällä raudoitteet palvelukeskuksella perustuu lähes yksinomaan valmistettavista määristä.

## **Toimintamalli raudoitteiden suhteen**

Palvelukeskuksella yleinen toimintamalli on, että siellä valmistetun muotin raudoitteet kasattaisiin myös samalla valmiiksi ja mahdollisuuksien mukaan myös asennettaisiin valmiiksi muottiin. Raudoitteen asentaminen valmiiksi valumuottiin on järkevää ainoastaan pohjallisissa muoteissa, jolloin itse raudoitteen kiinnittäminen ei vaadi liian suurta työpanosta. Raudoitteen asentamisessa muottiin on tärkeää huomioida muotin paino raudoitettuna ja ilman. Mikäli raudoitteen lisääminen muottiin aiheuttaa kappaleen käsittelyn vaikeutumista työmaalla, on syytä harkita raudoitteen asentamista vasta työmaalla.

Selkeämuotoisten, rakenteeltaan yksinkertaisten raudoitteiden teko palvelukeskuksella ei ole taloudellisesti kannattavaa. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi betonilaattojen raudoitteet. Tällaiset rakenteet vaativat työpanostusta sekä palvelukeskuksella että työmaalla, vaikka niiden työstäminen ainoastaan työmaalla onnistuu lähestulkoon samassa ajassa kuin palvelukeskuksella valmistetun tuotteen asennus. Tällainen toiminta aiheuttaa lisäksi ylimääräisiä logistisia kustannuksia.

Monimuotoiset, kokonsa nähden paljon rautaa sisältävät kappaleet ovat palvelukeskuksella toteutettavina järkeviä. Näissäkin on huomioitava kyseisten raudoitteiden lukumäärä. Pienikokoisista raudoitteista vähäisien kappalemäärien valmistaminen palvelukeskuksella ei ole suotavaa.

Suunniteltaessa raudoitevalmistetta tulee ottaa huomioon rakennustyömaan asettamat rajoitukset ja erityispiirteet. Esimerkiksi korjaustyömaalla tai teollisuusrakentamisessa pitää huomioida minne raudoite menee ja asettaako se rajoitteita raudoitteen koolle tai sen painolle. Lisäksi valmistettaessa isoja raudoitevalmisteita pitää huomioida raudoitteeseen kohdistuva rasitus kuljetuksessa ja sen asennuksessa. Tämä osaltaan rajoittaa valmisteiden taloudellisesti järkevää kokoa; liian isossa valmisteessa ylimääräinen vahvistaminen ja koosta aiheutuvat logistiset lisäkustannukset muodostuvat rajoittavaksi tekijäksi. Lisäksi isoissa raudoitevalmisteissa mahdolliset mittavirheet saattavat johtaa merkittäviin ylimääräisiin kustannuksiin.

Raudoitevalmisteiden logistiset järjestelyt on suunniteltava tarkkaan ja niissä pitää huomioida työmaan aikataulu sekä työmaalla käytössä oleva konekanta. Varsinkin isokokoisten raudoitevalmisteiden välivarastointia työmaalla tulisi välttää. Optimaalisessa tilanteessa valmisteet asennettaisiin suoraan autonlavalta kohteeseensa. Mikäli työmaan päivittäiseen konekantaan ei kuulu nostokalustoa, jonka kapasiteetti ei aseta rajoitteita, on raudoitteiden koko suunniteltava tarkkaan. Nostokaluston tilaaminen työmaalle aiheuttaa aina selkeitä kustannusmenoja.

### **4.1.3 Valumuotit**

Tällä hetkellä valtaosa palvelukeskuksella valmistettavista valumuoteista on perustamiseen liittyviä muotteja kuten anturamuotteja. Nämä ovat usein yksinkertaisen rakenteensa vuoksi helppoja ja nopeita valmistaa palvelukeskuksella.

Selvitysten perusteella voidaan todeta, että materiaalimenekeissä ei ole eroa valmistettaessa muotti palvelukeskuksella tai vastaavasti työmaalla. Näin ollen materiaalimenekkejä ei huomioida näissä laskelmissa. Laskelmissa käytettiin valumuottien työmaavalmistuksen työmenekkinä Ratu-aikataulutiedoista otettua T4 aikaa. Tällä laskettuna esimerkkitapauksen (Liite 5) yhden pilarianturamuotin kokonaistuntimääräksi työmaalla muodostui 3,5 tuntia. Vastaavasti palvelukeskuksella vastaavan muotin teko onnistuu noin kahdessa tunnissa. Laskentaesimerkissä (liite 5) käytettiin kohdetta, johon menee 20 kpl:ta kyseisiä pilarianturamuotteja. Laskennassa

palvelukeskuksella toteutettuna muotit saavutettiin hieman yli 30 % säästö verrattuna työmaalla valmistamiseen. Laskennassa on huomioitu palvelukeskuksen ja työmaan välisestä logistiikasta ja muottien asentamisesta aiheutuvat kulut.

### **Esivalmisteisten muottien edut**

Valmistettaessa muotteja palvelukeskuksella suurin etu työmaavalmistukseen ovat työolosuhteet. Palvelukeskuksella työ voidaan suorittaa suorilla ja tasaisilla työalustoilla. Lisäksi elementtipöydällä valmistettaessa kappaleen valmistaminen suorakulmaiseksi on nopeaa. Myös materiaalien katkaisut ja sahaukset ovat nopeita suorittaa palvelukeskuksen konekalustolla. Muottityön suhteellinen nopeus kasvaa muottimäärän kasvaessa. Silti muottien yksinkertaisen rakenteen vuoksi myös yksittäisten ja määriltään vähäisten muottien teettäminen palvelukeskuksella on perusteltua. Näistä ei useinkaan aiheudu suuria kuluja suunnitelmien ja työn organisoinnin osalta, mikä mahdollistaa myös pienien valmistusmäärien taloudellisesti järkevän valmistamisen.

### **Esivalmisteisten muottien haasteet**

Käytettäessä anturamuottivalmistetta asettaa tämä perustusten pohjatöille suuremmat tarkkuusvaatimukset kuin paikanpäällä rakennettaessa. Varsinkin ulkomoitoiltaan isokokoisten muottien asentaminen vaikeutuu, mikäli pohjat eivät ole mittatarkkoja. Tällä ei kuitenkaan ole isoa merkitystä toteutustavan kustannusten suhteen. Logistisista kustannuksista voi muodostua merkittävä osa työvaiheen kustannuksista, mikäli kuljetusta ei kyetä käyttämään tehokkaasti hyväksi. Tämä johtuu muottien usein suuresta koosta. Tästä syystä valmistettaessa suuria valumuotteja on syytä harkita toteutettavan tuotteen valmiusaste tarkkaan. Suurien muottien käsittely vaatii usein myös nostokonetta, jolloin niiden logistiset kustannukset voivat kohota selvästi.

#### **4.1.4 Muut mahdolliset tuotteet**

Palvelukeskuksella valmistetaan jo edellä käsiteltyjen tuotteiden lisäksi paljon erilaisia esivalmisteita. Näitä ovat muun muassa erilaiset pre-cut -tuotteet kuten puupaneelit. Näissä mahdollinen kustannussäästö perustuu lähinnä aikasidonnaisten kustannusten laskemiseen sekä käyttö- ja yhteiskustannusten vähenemiseen.

Käyttökustannuksien osalta merkittävässä osassa on työmaalla tarvittava konekanta. Työmaan käyttäessä esivalmisteita enenevässä määrin voidaan työmaan tarvitsemaa materiaalien työstökoneiden määrää supistaa huomattavasti. Työmaan konekantaan vaikuttaminen esivalmisteiden käytöllä edellyttää kuitenkin työmaan kokonaisvaltaista esivalmisteiden käyttöä.

## **4.2 Kokonaiskustannukset ja lopputulokset**

Tässä käsittelyssä huomioidaan kustannusten osalta ainoastaan välittömiä kustannuksia eikä välillisiä kustannuksia. Välillisten kustannusten, kuten tuotantotavasta aiheutuneiden laatuongelmien aiheuttamien kustannusten huomioiminen vaatisi pitempiaikaisen seurannan toteutusta. (Kiviniemi, Markku 1996.)

Rakentamisen kustannukset muodostuvat työ-, tarvike- ja kalustopanoksista. Lisäksi kokonaiskustannuksissa pitää kohdistaa tarkisteltavaan osaan käyttö- ja yhteiskustannusten vaikutus. Varsinkin, kun vertaillaan vaihtoehtoisia tuotantotapoja, joiden kesto eroaa toisistaan, tällöin juuri käyttö- ja yhteiskustannusten merkitys kasvaa.

Vertailua vaihtoehtoisten tuotantotapojen suhteen voidaan toteuttaa laskemalla kullekin suoritustavalle työpanoksista aiheutuvat kustannukset ja lisäämällä tähän tuotantotavasta riippuvaiset käyttö- ja yhteiskustannukset. Täten pystytään vertaamaan tuotantotavasta johtuvien aikasidonnaisien kustannusten merkitystä kokonaiskustannuksiin.

### **Käyttö- ja yhteiskustannukset**

Työmaiden käyttö- ja yhteiskustannukset laskettiin Rakennusliike J. Malm Oy:n vuonna 2008 valmistuneiden merkittävimpien työmaiden osalta. Näiden työmaiden käyttö- ja yhteiskustannusten todelliset kertymät otettiin yrityksen tuotannonhallintaohjelman kustannus seurannasta, jonka avulla laskettiin keskimääräinen päivähinta käyttö- ja yhteiskustannuksille. Palvelukeskuksen käyttö- ja yhteiskustannukset määritettiin koskemaan puuosastoa (Liite 6).

### **Esimerkkitapauksen kokonaiskustannukset**

Kohdassa 4.1.1 suoritettussa vertailulaskelmassa seinärungon toteutukselle palvelukeskuksella saavutettiin työpanoksissa viiden prosentin etu verrattuna perinteiseen paikalla rakentamiseen. Kyseisessä tapauksessa tarvikkepanoksia ei huomioitu niiden ollessa lähes samat tuotantotavasta riippumatta. Laskelmassa (Liite 7) kohdistettiin vaihtoehtoihin tuotantotapoihin niiden työvaiheenkestosta aiheutuvat aikasidonnaiset käyttö- ja yhteiskustannukset. Tällöin seinärungon toteuttaminen elementtirakenteisena johtaa työvaiheen kokonaiskustannusten osalta jopa 36 % etuun verrattuna paikalla rakennettuun. Tämän kokonaisedun saavuttaminen edellyttäisi kuitenkin että työvaihe olisi kriittisellä polulla, eli työvaiheen lyhentynyt rakennusaika vaikuttaisi myös suoranaisesti koko hankkeen keston. Kyseisen työvaiheen kesto ei ollut suorassa yhteydessä hankkeen keston täysimääräisenä. Tällöin etu ei ole täysimääräinen, mutta on silti merkittävä.

### **Kustannusvertailun lopputulokset**

Esivalmisteiden teettäminen palvelukeskuksella suoranaisten kustannusetujen saavuttamiseksi on aina tapauskohtaista. Työpanoksissa mahdollisesti saavutettavat kustannusedut ovat aina riippuvaisia tuotteen erityispiirteistä sekä tarvittavista määristä. Selkein kustannusetu voidaan saavuttaa, kun esivalmisteiden käytöllä pystytään vaikuttamaan koko hankkeen rakennusaikaan, ja näin muodostuviin aikasidonnaisiin kustannuksiin. Tämä tarkoittaa esivalmisteiden käytön huomioon ottamista jo hankkeen yleisaikataulun laatimisen aikana.

Laskelmissa selvisi että palvelukeskukselta kertyvät käyttö- ja yhteiskustannusten ovat selvästi vähäisemmät kuin työmaalta kertyvät. Laajamittaisesti edun saaminen tämän avulla edellyttää palvelukeskuksen tehokasta käyttöastetta, sillä palvelukeskukselta kertyy käyttö- ja yhteiskustannuksia, vaikka tuotantoa ei siellä tapahtuisikaan.

Oleellista on siis, että käyttöastetta kyetään pitämään jatkuvasti korkealla ja tuotannossa ei olisi suuria katkoja. Tähän pääseminen edellyttää töiden aktiivista ja huolellista suunnittelua, joka pitää aloittaa hyvissä ajoin ennen urakan aloitusta.

Saneeraustyömaille tyypillinen hektisyys aiheuttaa sen, että tilauksia joudutaan tekemään lyhyillä varoitusajoin, ja tähän tarpeeseen pitää kyetä vastaamaan. Tällaisten työmaiden toiminta pitää huomioida palvelukeskuksen tuotannon aikataulu ja resurssisuunnittelussa. Pääsääntönä voidaan siis tästä huolimatta pitää, että palvelukeskuksen tuotanto täytyy olla tarkasti suunniteltu ja aikataulutettu.

Palvelukeskuksen resurssien pitää olla mitoitettu kulloinkin vaikuttavan tilauskannan mukaan. Tilauskanta on riippuvainen työmaiden määrästä sekä työmaiden esivalmisteiden tarvitsemasta määrästä. Kustannustehokkuuden optimoimiseksi, tulisi tilauskannan ollessa alhainen jaksotettava palvelukeskuksen tuotantoa. Tällaisia toimenpiteitä olisi esimerkiksi palvelukeskuksen työntekijöiden siirtäminen tilapäisesti työmaalle ja tuotannon käynnistäminen täysimääräisenä vasta, kun tilauskanta mahdollistaa täysipainoisen tuotannon. Tällaisen toimenpiteen ansiosta voitaisiin välttyä palvelukeskukselta muodostuvien turhien palkkakulujen aiheutumiselta.

Palvelukeskuksen käyttöasteen ruokkiminen töillä, jotka tulisi suorittaa työmaalla, ei ole pitkällä tähtäimellä järkevää eikä kustannustehokasta.



## **5 Tulosten koonti ja johtopäätökset**

### **5.1 Kehitystarpeet**

Työssä ilmenneitä palvelukeskuksen toimintaan liittyviä kehitystarpeita:

- esivalmisteet eivät vastaa tilattua
- työmaan ja palvelukeskuksen yhteydenpito
- palvelukeskuksen tuotantopään tekninen ymmärrys
- työmaalta tehtävien tilausten suoritusajankohta
- esivalmistetoimitusten viivästyminen
- esivalmisteiden käytön huomioonottaminen aikataulutuksessa
- esivalmisteiden tuotannon kustannusseuranta
- esivalmisteiden työaikamenekkitiedostojen puuttuminen
- esivalmisteiden ja vaihtoehtoisten tuotantotapojen vertailu
- palvelukeskuksen käyttöasteen ylläpito korkealla.

Kehitystarpeet eivät ole priorisoidussa järjestyksessä, vaan ne on luetteloitu niiden työn laatimisen esilletuloajankohdan mukaan.

### **5.2 Kehitysideat**

Esille tulleiden kehitystarpeiden ratkaisuksi yksinkertaisin ja kattavin vaihtoehto olisi palkata palvelukeskukselle tuotantopäällikkö, jolla on työhön vaadittava tekninen koulutus sekä kokemusta työskentelystä rakennusalan esivalmiste- ja

elementtirakentamisesta. Henkilön vastuualueelle kuuluisi:

- palvelukeskuksen töiden suunnittelu, organisointi ja aikataulutus
- materiaalitilausten teko
- logististen järjestelyiden hallinta
- palvelukeskuksen tuotannon kustannusseuranta
- elementtien ja esivalmisteiden työaikamenekkiedostojen laadinta sekä ylläpito
- hankekohtaisesti esivalmisteiden käytön suunnittelu ja vertailu vaihtoehtoisiiin tuotantotapoihin
- palvelukeskuksen ja työmaan yhteydenpito.

Tuotantopäällikön hankkiminen ei ole ainoa ratkaisuvaihtoehto ilmenneisiin kehitystarpeisiin, mutta vaihtoehtona sitä voidaan pitää konkreettisimpana sekä kattavimpana. Tilauskannan ollessa suuri, töiden huolellisen suunnittelun sekä työnohjauksen merkitys kasvaa paljon. Tällöin on äärimmäisen tärkeää, että tuotantoa vetää siihen täysipäiväisesti keskittyvä henkilö.

### **Käyttöasteen nostaminen**

Tärkeäksi kehitysosa-alueeksi työssä ilmeni myös palvelukeskuksen käyttöasteen ylläpito korkealla. Tähän on mahdollista vaikuttaa juurikin edellä mainitulla toimenpiteellä, jonka kautta töiden suunnittelu, aikataulutus ja organisointi kehittyvät. Käyttöasteen ylläpito korkealla ei kuitenkaan ole välttämättä aina mahdollista riippuen kulloinkin vaikuttavasta työmaatilanteesta. Niinpä onkin perusteltua miettiä, olisiko palvelukeskuksen tuotteiden myyminen yrityksen ulkopuolelle kannattavaa. Asia ilmeni myös suoritetuissa haastatteluissa. Seuraavassa on listattuna vaihtoehtoisia tuotteita ja ratkaisuja, joita voisi myydä yrityksen ulkopuolelle:

- puusta valmistetut seinä- ja kattoelementit, jotka voivat olla sekä suurelementtejä että pienelementtejä

- teräsrakenne osat; kattoristikot, palkit ja pilarit
- raudoituselementit sekä esivalmistetut raudoiteosat
- erilaiset pre-cut puutuotteet

Kyseisten tuotteiden potentiaalisimmat asiakkaat ovat toiset rakennusliikkeet ja urakoitsijat, mutta myös kuluttaja-asiakkaille olisi mahdollista myydä ja markkinoida esimerkiksi pientaloon tarkoitettavia pre-cut -tuotteita. Tällaisia voisi olla esimerkiksi omakotitalon puurunko-osien toimittaminen määrämittaan työstettynä tai jopa kokonaisten pientalojen runkojen toteuttaminen palvelukeskuksella suurelementeistä. Tällaisen toiminnan aloittaminen laajamittaisessa muodossa saattaisi edellyttää tytäryhtiön perustamista.

## 6 Yhteenveto

Työn tuloksista voidaan päätellä, että esivalmistaminen myös muutoin kuin perinteisen elementtirakentamisen osalta, luo erittäin varteenotettavan ja kilpailukykyisen vaihtoehdon perinteiselle paikalla rakentamiselle. Tuotantotapana esivalmisteiden käyttö ja sen yhdistäminen paikalla rakentamiseen luo joustavan vaihtoehdon saattaa hankkeita onnistuneesti päätökseen. Esivalmisteiden valmistaminen omana tuotantona luo yritykselle mahdollisuuden toimia vähemmän alihankkijoista riippuvaisena, itsenäisesti toimivana kokonaisuutena. Tällöin toiminta voidaan pitää joustavana ja toimintavarmana.

Kustannusvertailun avulla pystyttiin osoittamaan esivalmisteiden vaikutus kustannuksiin. Selkeimpänä huomiona esiin nousi aikasidonnaisien kustannusten vaikutus, joihin esivalmisteilla on mahdollista vaikuttaa suuresti. Lukujen valossa on selvää, että työn konkreettinen siirtäminen työmaalta kiinteään tuotantolaitokseen on kannattavaa yritykselle. Kiinteässä tuotantolaitoksessa käyttö- ja yhteiskustannukset kyetään pitämään huomattavasti pienempinä kuin työmaaoiloissa. Tämä kuitenkin edellyttää tuotantolaitoksen tehokasta käyttöastetta hyödyn saamiseksi.

Suorien kustannusetujen saavuttaminen esivalmisteiden käytöllä ei kuitenkaan ole automaattista eikä sitä voida valita tuotantotavaksi joka kohteeseen ilman perusteluja. Jokaisessa kohteessa ja kohteen sisällä pitää esivalmisteiden käyttöä pohtia vaihtoehtona, ei automaationa. Tuotantotavan valinta pitää olla riippuvainen luvuista, jotka kokemuksen myötä muodostuvat. On ensiarvoisen tärkeää, että jatkossa yrityksessä panostetaan voimakkaasti hankkeiden jälkilaskentaan sekä esivalmisteiden tuotannon työaikamenekkien laskemiseen ja näiden tiedostojen ylläpitoon sekä päivittämiseen. Tämän avulla esivalmisteiden käyttö pystytään optimoimaan ja hankkeista saatavat kokemukset, hyvät ja huonot, edesauttavat yrityksen toimintaa tulevaisuudessa. Lisäksi huolellisen jälkilaskennan avulla palvelukeskuksen toiminnalla saavutettavia etuja kyetään hyödyntämään jo urakan laskentavaiheessa. Tämän ansiosta esivalmisteiden käytöllä saavutettavia kustannussäästöjä sekä toiminnallisia etuja kyetään hyödyntämään urakkatarjouksissa.

Vaihtoehtoisten tuotantotapojen vertailussa ei voida nojata pelkästään taloudelliseen puoleen, vaan pitää huomioida myös muut näkökulmat kuten työturvallisuus, aikataulutus ja laatu. Työn tuloksista tosin voidaan huomata, että esimerkiksi työturvallisuudelle ja sen kehitykselle voidaan määritellä myös rahallista arvoa, jolloin sen vaikutusta myös kustannuksiin voidaan pitää suorana. Joka tapauksessa näiden näkökulmien painoarvoa ei voida vähätellä, esimerkiksi korjausrakentamisessa esivalmisteiden käyttö luo toimivan pohjan viedä hankkeita laadukkaasti loppuun. Tätä kautta asiakkaiden ja yhteistyökumppaneiden arvostus yritystä kohtaan kasvaa laadun ansiosta. Työturvallisuuden eteen on jokaisen yrityksen etsittävä kehitettävää, työssä ilmenneiden näkökohtien johdosta esivalmisteiden käyttö on myös tämän valossa erittäin perusteltua.

Kokonaisuudessaan merkittävimmit kehitysideaksi työssä ilmeni esivalmisteiden kustannusten jälkiseuranta, työaikamenekkitiedostojen laadinta sekä palvelukeskuksen toiminnalla kertyvien kokemusten analysointi ja johtopäätösten teko. Virheellisen tuotantotavan valinta aiheuttaa kustannuksia, mutta kyseisen asian analysointi ja johtopäätösten teko antavat sille arvoa, jota voidaan tulevaisuudessa hyödyntää.

## Lähteet

- Finlex, 1981. Tieliikennelaki 3.4.1981/267  
[Online] [viitattu 25.2.2008]  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1981/19810267>
- Kiviniemi, Markku 1996. Talonrakentamisen tuotteiden ja toimintatapojen vertailu.  
[Online] [Viitattu 24.2.2008]  
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1996/T1795.pdf>
- Lähderinne, Mika & Ruotsalainen, Ilse 2004. Työpaikan ergonomian selvitys.  
[Online] [viitattu 2.3.2009]  
[http://www.tara.savonia-amk.fi/data/Yritys-TaraTyopaikan\\_ergonomian\\_selvitys.pdf](http://www.tara.savonia-amk.fi/data/Yritys-TaraTyopaikan_ergonomian_selvitys.pdf)
- Ratu-aikataulutiedostot. Rakennustieto Oy 2008