

Miika Piipponen

# Rungon tuotannon tehostaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

28.8.2014

Tekijä(t) Otsikko	Miika Piipponen Rungon tuotannon tehostaminen
Sivumäärä Aika	32 sivua + 2 liitettä 28.8.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotanto
Ohjaaja(t)	Tuotantopäällikkö, Jarno Kallinen, NCC Rakennus Oy Rakennustekniikan lehtori, Timo Riikonen, Metropolia AMK
<p>Insinööritöä tehtiin NCC Rakennus Oy:n toimeksiantona. Työn tavoitteena oli selvittää menetelmät, joita hyödyntämällä elementtirakenteisen kerrostalon runko saataisiin pystytettyä entistä nopeammin. Elementtiasennuksen nopeuttamisen lisäksi oli kiinnitettävä huomiota runkorakenteiden tehokkaaseen lämmittämiseen ja kuivattamiseen, jolloin sisävalmistusvaiheen työt saataisiin käynnistettyä mahdollisimman aikaisin rungon pystyttämisen jälkeen.</p> <p>Tutkimuksessa käsitellyt aiheet olivat elementtiasennus, parvekeovi- ja ikkuna-asennus, kylpyhuonerakentaminen, sekä tietomallintaminen. Elementtiasennuksen nopeuttamisen vaihtoehdot olivat elementtiasennuksen suorittaminen kahdessa rakennuksessa samanaikaisesti, työskentely kahdessa vuorossa, tai tekemällä pidempiä työpäiviä/-viikkoja. Käytettävä menetelmä on aina arvioitava kohdekohtaisesti. Parvekeovi- ja ikkuna-asennuksen nopeuttamisella pyrittiin vaikuttamaan runkorakenteiden lämmittämiseen ja kuivattamiseen. Kylpyhuonerakentamisen osalta vertailtiin kylpyhuone-elementin ja paikalla rakennettun kylpyhuoneen eroja. Tietomallintamista hyödyntämällä suunnittelun tasoa saataisiin nostettua, sekä siitä olisi myös paljon hyötyä työmaan tehtäväsuunnittelussa.</p> <p>Rungon tuotannon tehostamisella pyrittiin vaikuttamaan projektin yleisaikatauluun siten, että sisävalmistustyöt päästäisiin aloittamaan entistä nopeammin. Luovutuksen aikaistamisella pystyttäisiin vähentämään kustannuksia 8- ja 9-litteraryhmien osalta. Nämä edustavat työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksia.</p> <p>Uusia ja hyväksi havaittuja toimintatapoja pitäisi vakioida, jotta tuotantoa saataisiin tehostettua, jonka seurauksena aukeaisi mahdollisuudet paremman tuloksen saavuttamiseksi.</p>	
Avainsanat	Elementtiasennus, Runkorakentaminen, Tuotannon tehostaminen

Author(s) Title	Miika Piipponen Efficient Production of framework construction
Number of Pages Date	32 pages + 2 appendices 28 August 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	Building Construction
Instructor(s)	Jarno Kallinen, Production Manager Timo Riikonen, Senior Lecturer
<p>The thesis was commissioned by NCC Construction Ltd. The purpose of the thesis was to examine methods which could be used to erect the framework of a prefabricated apartment building more quickly. In addition to speeding up the element installation work, attention had to be paid to efficient heating and drying of the frame so the interior works could be launched as early as possible after the erection of the framework.</p> <p>The examined subjects were element installation work, balcony door and window installation, bathroom construction, and building information modeling. The options for speeding up the element installation work were to perform the installation in two separate buildings at the same time, working in two shifts, or by working longer hours. The used method must always be assessed separately for each project. By speeding up the balcony door and window installation, the aim was to enhance the heating and drying up of the structures of the framework. Bathrooms were compared in terms of the prefabricated bathroom element and a bathroom built on-site. By making use of BIM the standard of planning could be improved, and it would also be very useful in task planning at the construction site.</p> <p>Speeding up the framework construction aimed to influence the project's overall schedule in such a way that the internal construction work would get started even faster. Finishing the project earlier would reduce the costs of 8 and 9 denomination groups. These represent the operation and common costs of the project.</p> <p>New and proven practices should be standardized in order to achieve enhanced production, which would open new possibilities for a better overall result.</p>	
Keywords	Element installation work, framework construction, efficient production

## Sisällys

### Määritelmät

1. Johdanto	1
2. Tutkimuksen tavoite	2
2.1. Rajaukset	3
2.2. Tutkimuskysymykset	4
3. Tutkimusmenetelmät	5
3.1. Kirjallisuus	5
3.2. Esimerkkikohtat	6
4. Runkovaihe	9
4.1. Aikataulu	9
4.2. Logistiikka	10
4.3. Sokkelin asennus	11
4.4. Alapohjan ontelolaatasto	13
4.5. Seinäelementtien asennus	17
4.6. Välipohjan ontelolaatasto	18
4.7. Parvekeovi- ja ikkuna-asennus	20
4.8. Pesuhuoneet	21
5. Tietomallinnuksen hyödyntäminen runkovaiheessa	24
6. Elementtiasennuksen nopeuttaminen	26
7. Tutkimustulokset	28
8. Johtopäätökset	31
8.1. Kehitysehdotukset	32

Lähteet	33
---------	----

### Liitteet

Liite 1. Viikkosuunnitelma

Liite 2. Yleisaikataulu

## Määritelmät

Alapohja	Rakennuksen alin vaakaosa, eli lattia.
Elementti	Valmisosa, jotka yhdessä toisiinsa liitettynä muodostavat rakenteista yhtenäisen rakennuksen.
Lappukuva	Elementin valmistuspiirustus, josta näkee kyseisen elementin mitat, materiaalit, reikien ja kolojen sijainnit, raudoitteet, sekä kohdat, joista elementin saa nostaa
Ontelolaatasto	Ontelolaatoista kasattu rakennuksen ala-, väli-, tai yläpohja, jotka yhteen valettuna muodostavat yhtenäisen vaakarakenteen.
Plaano	Pumpattava ja helposti leviävä lattiatasoite.
Sewatek	Valuun upotettava muovinen putki, jonka sisällä on solukumia. Käytetään rakenteen läpäisevissä putkilinjoissa esim. patteriputket.
Tahdistava työvaihe	Työvaihe, joka määrittää aikataulun seuraavien työvaiheiden alkamiselle.
Välipohja	Rakennuksen kerrokset erottava vaakaosa, eli alakerran katto- ja yläkerran lattiarakenne.

## 1 JOHDANTO

Tämä insinöörityö tehdään NCC Rakennus Oy:n toimeksiantona. NCC Rakennus Oy:n toimialoja ovat asunto- ja talonrakentaminen. Yhtiön tavoitteena on paras mahdollinen lopputulos, joka tarkoittaa kokonaisedullisuutta, johon liittyvät tuotteen ja palvelun laatu, elinkaariajattelu, sekä lisäarvon tuottaminen asiakkaalle. [1.]

NCC haluaa kehittää runkorakentamisesta entistä kustannustehokkaampaa kerrostalotuotannossa. Tutkimuksessa kiinnitetään huomiota runkoon liittyviin työvaiheisiin, joita kehittämällä saadaan nopeutettua runkorakentamisen tuotantoa. Tämän seurauksena myös avautuu mahdollisuudet saavuttaa mittavia säästöjä kustannuksissa. Säästöt eivät kuitenkaan saa missään tapauksessa johtaa työturvallisuuden, tai työhyvinvoinnin laiminlyöntiin, vaan päinvastoin pyritään jatkossakin kehittämään työnteosta entistä turvallisempaa. Jokaisen työmaan tavoitteena tulisi olla nolla työtaturmaa.

Tutkimuksessa käsiteltävät työvaiheet ovat elementtiasennus, sekä parvekeovi- ja ikkuna-asennus. Vertailussa on myös kylpyhuoneiden toteuttaminen paikalla rakentamalla, tai valmiilla kylpyhuone-elementillä. Parvekeovi- ja ikkuna-asennus vaikuttaa osaltaan rungon tuotannon tehostamiseen siltä osin, että rakennuksen sisätilat saadaan mahdollisimman nopeasti lämmitettyä ja kuivattua, jotta sisävalmistusvaiheen työt päästään aloittamaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Tutkimuksessa selvitetään, miten tietomallintamista voidaan hyödyntää runkoon liittyvissä työvaiheissa.

Suurimmat taloudelliset säästöt on tarkoitus saada aikataulun kiristämisen kautta, joka pyritään saavuttamaan pidentämällä työaikaa, tai lisäämällä resursseja. Tämä tarkoittaa sitä, että runkovaihe toteutetaan tekemällä pidennettyä työpäivää/-viikkoa, tai vaihtoehtoisesti kahdella nosturilla ja kahdella asennusryhmällä, jolloin elementtiasennus on käynnissä kahdessa rakennuksessa yhtäaikaisesti.

Tutkimuksen tarkoituksena on kehittää uudenlaisia toimintamalleja, joita noudattamalla rakennuksen runko tahdistavana työvaiheena saadaan toteutettua entistä nopeammin ja kustannustehokkaammin.

## 2 TUTKIMUKSEN TAVOITE

Tutkimuksen ensisijaisena tavoitteena on selvittää toimenpiteet, joilla runkorakentamiseen liittyviä työvaiheita saadaan tehostettua, jotta rakennuksen runko saadaan nykyistä nopeammin lämpimäksi ja kuivaksi. Tämän seurauksena sisävalmistustyöt päästään aloittamaan entistä nopeammin, sekä pystytään säästämään kustannuksissa aikataulun kiristämisen kautta.

Lisäksi pyritään vakioimaan runkorakentamiseen liittyviä työtapoja ja ottaa hyväksi havaitut menetelmät käyttöön tulevaisuudessa jokaisella alkavalla työmaalla.



Kuva 1. Elementtiasennus käynnissä kahdella nosturilla ja kahdella elementtiasennusryhmällä NCC:n työmaalla Keravan Ahjossa. Kuva: Miika Piipponen.

## 2.1 Rajaukset

Tässä insinöörityössä tutkittavat rakennukset ovat elementtirakenteisia kerrostaloja, joissa on käytetty välipohjarakenteena ontelolaatastoa. Toisaalta saatuja tuloksia voidaan käyttää myös koskemaan toisenkin tyyppisiä rakennuksia esimerkiksi käyttö- ja yhteiskustannuksien osalta.

Runkoon liittyvät työvaiheet on rajattu elementtiasennukseen, parvekeovi- ja ikkuna-asennukseen, sekä kylpyhuonerakentamiseen. Lisäksi tutkitaan, miten tietomallintamista voidaan hyödyntää edellämainituissa työvaiheissa. Mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tehtävällä parvekeovi- ja ikkuna-asennuksella pyritään saattamaan rakennuksen runko lämpimäksi ja kuivaksi niin pian kuin mahdollista. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan käsitellä muita rungon lämmitykseen ja kuivatukseen liittyviä toimenpiteitä erikseen.

Tutkimuksessa ei käsitellä erikseen työturvallisuuteen liittyviä seikkoja, vaan oletuksena on, että jokaisessa työvaiheessa noudatetaan NCC:n työturvallisuusohjeita. Runkorakentamisen tuotannon tehostaminen ei siis saa näkyä työturvallisuudessa heikentävänä tekijänä.

Tutkimuksen tulokset lasketaan vertailemalla erilaisilla menetelmillä toteutettujen jo valmistuneiden rakennusprojektien toteumien perusteella.



## 2.2 Tutkimuskysymykset

Tässä tutkimuksessa etsitään vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Mitä asioita pitää tehdä toisin, jotta rungon tuotannosta saadaan entistä tehokkaampaa?
- Miten työmaan aikataulun kiristäminen vaikuttaa työmaan lopputulokseen ja kokonaiskustannuksiin?
- Miten työmaan aikataulun kiristäminen vaikuttaa tuotannon suunnitteluun ja ohjaukseen?
- Miten tietomallintamista voidaan hyödyntää runkovaiheessa?
- Minkä takia tällä hetkellä rakennuksen runkoja ei toteuteta aina kahdella elementtiasennusryhmällä ja kahdella nosturilla?
- Minkä takia elementtiasennusta ei tehdä kahdessa vuorossa?
  - Miten vuorotyössä toteutettava elementtiasennus vaikuttaa työmaahan esimerkiksi työnjohdon, tai muiden työvaiheiden kannalta?
- Miksi parvekeovia ja ikkunoita ei yleisesti asenneta samaan aikaan rungon yhteydessä?
- Miten kylpyhuoneiden toteuttaminen valmiilla kylpyhuone-elementillä paikalla rakennetun sijaan vaikuttaa aikataulussa ja kustannuksissa?

### 3 TUTKIMUSMENETELMÄT

#### 3.1 Kirjallisuus

Tutkimusta varten on kerätty tietoa aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta. Käsiteltäviä kirjoja ovat

- Rakennustieto
  - Ratu 25-0396, perustuselementtityö, 2012
  - Ratu 25-0389, Ontelo- ja TT-laattaelementtityö, 2012
  - Ratu 25-0392, Väli- ja ulkoseinäelementtityö, 2012
  - RT 38436, Parma-kylpyhuoneet – Parmarine Oy, 2013
- Kerrostalorungon valmistuksen aikatauluvertailu – Yksi-/kaksivuorotyöskentely, Jussi Jokinen, 2013
- Kylpyhuone-elementin ja paikallatehdyn kylpyhuoneen kustannusvertailu, Tiina Myyrä, 2012
- Tietomallinnuksen hyödyntäminen ja käyttöönotto työmaalla, Marko Hovi, 2010

### 3.2 Esimerkkikohdat

Tutkimuksessa on kerätty tietoa NCC:n asuntorakentamisen yksikön työmaalta Kera-  
van Ahjosta. Lisäksi kuvamateriaalia on kerätty Ahjon työmaan, sekä Tikkurilantie 99:n  
työmaan kuva-arkistoista.

Ahjon kohteessa NCC toteutti TA:lle kokonaisvastuu-urakkana asumisoikeus- sekä  
vuokra-asuntoja yhteensä 104 kpl. Rakennuksia tontille rakennettiin yhteensä 7 kappa-  
letta:

- 3 kpl 4-kerroksisia kerrostaloja
- 1 kpl 3-kerroksinen kerrostalo
- 3 kpl 2-kerroksisia luhtitaloja



Kuva 2. Ahjon yhtiöt; Kirjosieppo, Kehräjälintu ja Kivitasku

Rakennusjärjestys Ahjon kohteessa oli Kirjosieppo B:stä lähtien myötäpäivään kiertäen:

1. Kirjosieppo B
2. Kirjosieppo A
3. Kehrääjälintu A
4. Kivitasku A
5. Kivitasku B
6. Kivitasku C
7. Kehrääjälintu B



Kuva 3. Viimeisen talon runko pystyssä 4 viikkoa etujassa alkuperäiseen aikatauluun verrattuna. Kuva: Miika Piipponen

Alkuperäisen aikataulun mukaan runkovaiheeseen oli varattu aikaa 23 viikkoa, ja kaikki rungot oli tarkoitus toteuttaa yhdellä elementtiasennusryhmällä. Nosturiksi valittiin Ahjossa tela-alustainen ristikkopuominosturi. Ensimmäiset kolme rakennusta toteutettiin yhdellä asennusryhmällä. Runkovaiheen nopeuttamiseksi päätettiin ottaa lisäksi toinen asennusryhmä, sekä autonosturi tekemään edeltä kaikkien loppujen rakennusten sokkelit ja alapohjan ontelot. Tämä osoittautui toimivaksi ratkaisuksi, koska alapohjissa on niin paljon enemmän työtä verrattuna muihin kerroksiin. Tällä menetelmällä ehdittiin hyvin tehdä kaikki alapohjan täytöt, sekä lämmöneristykset ilman, että rungon eteneminen olisi hidastunut.

Kun kaikkien rakennusten alapohjat oli saatu valmiiksi, toinen asennusryhmä ehti vielä asentamaan kahden viimeisen luhtitalon rungot autonosturilla, johon se soveltui hyvin kokonsa puolesta. Tämän ansiosta rungot saatiin valmiiksi 4 viikkoa suunniteltua aikaisemmin, sekä asumisoikeuspuoliskon (Kirjosieppo A ja B, sekä Kehrääjälintu A) luovutusta saatiin aikaistettua kuukaudella.

## 4 RUNKOVAIHE

Rakentamisvaihe voidaan jakaa edelleen neljään eri vaiheeseen, jotka ovat perustusvaihe, runkovaihe, sisävalmistusvaihe, sekä viimeistelyvaihe, jonka jälkeen rakennus otetaan käyttöön. Tässä tutkimuksessa käsitellään ainoastaan runkovaiheeseen liittyviä vaihteita. Runkovaihe voidaan katsoa alkavaksi anturan yläpinnasta ja päättyvän siihen, kun viimeisen kerroksen holvi on valettu.

### 4.1 Aikataulu

Runkovaihe on tahdistava työvaihe, joka tarkoittaa sitä, että muut työvaiheet päästään aloittamaan rungon etenemisen mukaan. Kun siis pyrkimyksenä on rungon tuotannon tehostaminen, niin silloin on huomioitava, että myös muissakin työvaiheissa vaaditaan enemmän resursseja. Jotta rungon nopeuttamisesta saadaan kaikki hyöty irti, on siis varmistettava, että muutkin työvaiheet etenevät yhtä nopeasti rungon mukana. Tämän takia urakoitsijavalintoja tehdessä on varmistettava, että urakoitsijalla on vaadittavat resurssit työvaiheen toteuttamiseen suunnitellussa aikataulussa.

Runkovaiheen aikataulua suunniteltaessa on huomioitava elementtiasennusryhmien määrä ja koko, sekä tavoitteellinen tuotantonopeus. On myös varmistettava elementtien saatavuus työmaalle, jonka määrittää elementtitoimittajien tehtaiden tuotantokapasiteetti. NCC:n Ahjon työmaalla esimerkiksi elementit tilattiin kolmelta eri tehtaalta.

Yhdellä elementtiasennusryhmällä ja nosturilla voidaan yleisesti käyttää tuotantonopeutena keskimäärin 20 elementtiä työvuorossa. Kahdella asennusryhmällä ja kahdella nosturilla tuotantonopeus kaksinkertaistuu, jos elementtiasennusta tehdään kahdessa eri rakennuksessa samanaikaisesti. Jos taas asennusta tehdään kaksivuorotyöskentelynä, ei ole realistista kaksinkertaistaa tuotantonopeutta, vaan työsaavutuksen keskiarvona voidaan käyttää 35 elementtiä päivää kohden.

## 4.2 Logistiikka

Sokkeli- ja seinäelementit välivarastoidaan työmaalla elementtifakeissa. Yhteen fakkiin mahtuu 16-30 elementtiä paksuudesta riippuen. Toimituksia suunniteltaessa on varmistettava, että työmaalla on riittävästi säilytystilaa elementeille, ja että maaperä on tarpeeksi kantava kestämään elementeistä aiheutuvan kuormituksen. Kuorman purkamisen sujuvuuden kannalta on suotavaa, että työmaalla olisi läpiajoreitti rekkoja varten. Kuormien toimitukset kannattaa ajoittaa työajan ulkopuolelle, koska kuorman purussa ei tarvita nosturin kuljettajan lisäksi kuin yksi työntekijä.



Kuva 4. Elementtifakki Ahjon työmaalla. Kuva: Miika Piipponen

Kun kaikki seinäelementit on asennettu paikalleen, niin useimmiten siinä vaiheessa nostetaan kerrokseen kaikki sinne tulevat ikkunat ja parvekeovet, sekä väliseinämateriaalit. Nämä edellä mainitut materiaalit toimitetaan työmaalle samalla kerralla ns. täsmäkuormalla esimerkiksi Itellan kautta. Tämä tarkoittaa sitä, että tavaran toimittaja lähettää materiaalit Itellalle, joka toimittaa sovitut määrät työmaalle sovittuna ajankohtana, jolloin ne nostetaan suoraan rekan kyydistä kerrokseen.

Täsmätoimitus ei välttämättä olekaan hinnaltaan edullisin vaihtoehto verrattuna siihen, jos materiaalit tilattaisiin suoraan tehtaalta työmaalle ja siirrettäisiin kerroksiin kantamalla kurottajaa, tai nosturia apuna käyttäen.

#### 4.3 Sokkelin asennus

Runkovaihe lähtee sokkelista, joka voidaan tehdä elementeistä, paikallavaluna, tai muuraten. Useimmiten isommissa rakennuksissa sokkeli tehdään elementeistä. On tärkeää, että elementit asennetaan aina suunniteltuun korkoon. Tämän takia kiinteä korkopiste merkataan johonkin, mistä se on helppo katsoa esimerkiksi tasolaseria apuna käyttäen. Lisäksi rakennuksen nurkkapisteet, sekä rakennuksen sisäpuolelle tulevien sokkelielementtien sijainnit merkataan anturan pintaan teodoliitilla tai takymetrillä. [2, s.8-10.]



Kuva 5. Rakennuksen sokkelielementit paikalleen asennettuna, sekä anturan korotus valettuna.

Kuva: Miika Piipponen



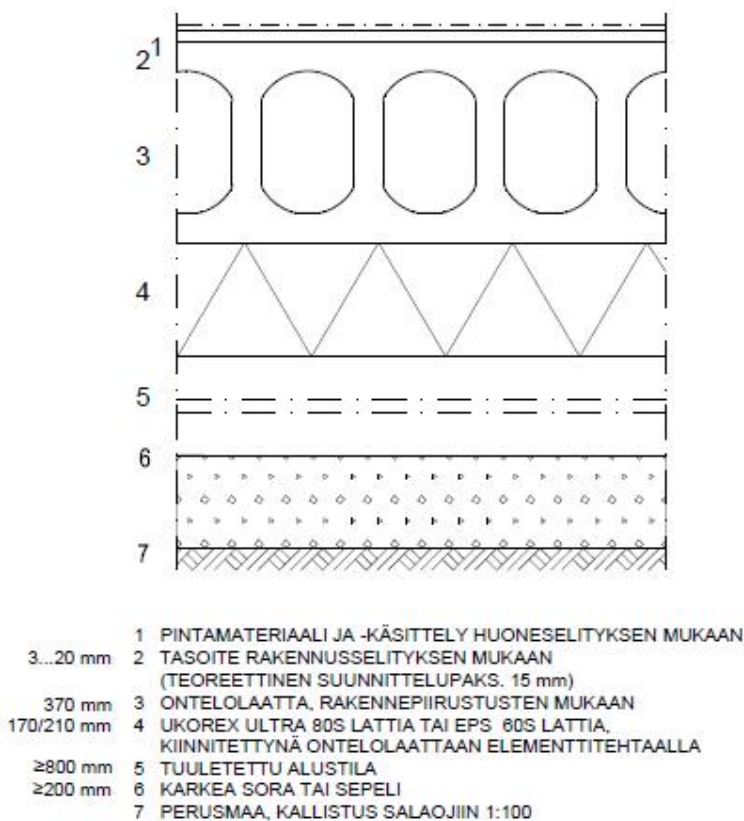
Oikea asennuskorkeus saadaan mittaamalla kiinteästä korkopisteestä ja asettamalla elementtien alle tarvittava määrä teräslappuja ennen elementtien nostamista paikalleen. Anturan ja sokkelielementin välinen asennusvara on 50 mm. Elementtien asennuskorot on merkitty jokaisen elementin omaan lappukuvaan, jonka elementtisuunnittelija on toimittanut työmaalle. Lappukuvista nähdään elementin mitat, tartuntaterästen kohdat, sekä aukkojen ja varausten sijainnit. Täten voidaan varmistaa, että jokainen elementti on myös tehty suunnitelmien mukaan ja aukot, sekä mitat täsmäävät. Jokaisessa elementtisaumassa on pystyssä tartuntateräs, joka on upotettu anturaan oikeaan kohtaan valun yhteydessä. Tartuntateräksillä varmistetaan, että elementit muodostavat yhtenäisen rakenteen. Myös sokkelielementit on tuettava pystyyn elementtituilla, jotta ne eivät pääse kaatumaan. Lisäksi anturan päälle asennetaan mahdolliset pilari- ja pielitelementit. [2, s.8-10.]



Kuva 6. Pilari- ja pielitelementit pystyyn tuettuna. Kuva: Miika Piipponen

Kun kaikki anturan päälle tulevat elementit on asennettu paikalleen, asennetaan sokkelin sisäpintaan siihen suunniteltu lämmöneristys, esim. 50 mm paksu EPS-eriste. Lisäksi asennetaan elementtien pystysaumoihin vaadittu raudoitus, sekä tarvittavat valumuotit. Tämän jälkeen pystysaumot valetaan täyteen, sekä anturan päälle valetaan n. 10 cm paksu betonikerros, jolla estetään elementtien liikkuminen sivuttaissuunnassa.

#### 4.4 Alapohjan ontelolaatasto



Kuva 7. Tuulettuva alapohjarakenne.

Ennen alapohjan ontelolaataston asentamista on huomioitava, että kaikki ylimääräinen tavara on siivottava tässä vaiheessa pois alapohjasta, kun se vielä onnistuu helposti. Lisäksi alapohjaan tulevat LVIS-tarvikkeet tulisi nostaa sinne ennen ontelolaattojen asennusta. Kaikki ontelolaatat on asennettava alapinnastaan samaan korkoon, joka on ilmoitettu rakennesuunnitelmissa. Tämä korko saadaan laskettua esimerkiksi sokkelielementin alareunasta. Asetetaan ontelolaataston alapinnan korko tasolaseriin, jonka

jälkeen sokkelin yläpinnan ja ontelolaataston alapinnan väliin asetetaan vaadittu määrä asennuspaloja koko laataston alueelle. Näin varmistetaan, että laatasto saadaan asennettua samaan korkoon, jolloin saadaan plaanomenekki minimoitua.

Ontelolaattojen asennus aloitetaan rakennuksen reunasta loogisessa järjestyksessä. Laatan vakioleveys on 1200 mm. Ontelolaataston leveys harvoin kuitenkaan käy 1200 mm:n jakoon, jonka seurauksena joudutaan käyttämään reunassa kavennettua laattaa. Ontelolaattakuormat on suunniteltava siten, että laatat ovat kuormassa asennusjärjestyksen mukaisesti, jolloin vältetään ylimääräiset nostot. Ontelolaattoja ei siis välivarastoida työmaalla, vaan ne nostetaan suoraan rekan kyydistä paikoilleen.



Kuva 8. Ontelolaatan nosto. Varmuusketjut ovat asianmukaisesti paikallaan. Kuva: Miika Piipponen

Ontelolaatan nostossa on käytettävä siihen soveltuvaa nostopuomia. Työturvallisuuden kannalta on tärkeää, että nostosaksien varmuusketjut ovat aina käytössä, jolloin minimoidaan laatan putoamisen riski, jos saksen ote pettää. [3, s.7-10.]

Onteloiden päät on tulpattu, jotta saumavalussa betoni ei pääse kulkeutumaan niihin. Jokaiseen onteloon on syytä porata reiät, jotta vedet saadaan johdettua onteloista pois, ja rakenne saadaan kuivaksi mahdollisimman nopeasti. Tarvittaessa kuivatusreikien kautta onteloihin voidaan puhaltaa ilmaa kuivaamisen tehostamiseksi. Kuivaamiseen on olemassa siihen soveltuvia laitteita, joita voi vuokrata konevuokraamoista.



Kuva 9. Ontelolaatasto ennen saumavalua. Taustalla väestönsuojan muotti. Kuva: Miika Piipponen

Jos pesuhuoneet toteutetaan paikallarakentamalla, silloin ontelolaatoissa on syvennykset viemäreitä ja lattialämmityksiä varten. Silloin seinälinjoihin asennetaan metalliset kiskot, joilla helpotetaan lattiavalussa oikeiden korkojen, sekä vaadittujen kaatojen saavuttamista.



Kuva 10. Pesuhuoneen lattia valmiina kaatovalua varten. Kuva: Miika Piipponen

Ennen saumavalua ontelon saumoihin asennetaan suunnitellut raudoitukset, sekä ontelosaumoissa kulkevat sähköputkitukset asennetaan paikalleen. Myös parvekelaatat, sekä hissikuilun pohjaelementti asennetaan ennen valua, jolloin kaikki tarvittavat valut saadaan suoritettua yhdellä kerralla.

Saumavalussa käytettävän betonin on oltava notkeusluokaltaan S4, jolloin työstäminen on helppoa, sekä varmistetaan, että kaikki saumat tulevat varmasti täyteen betonia. Betonin tiivistäminen suoritetaan tarkoitukseen soveltuvalla sauvatäryttimellä. Valu saadaan tasattua ontelolaataston pintaan helpoiten petkeleellä, ja ylimääräiset betonit lapioidaan pois laataston pinnalta ennen kovettumista. Laatastoa ei saa kuormittaa ennen, kuin saumabetoni on saavuttanut vaaditun lujuuden. [3, s.7-10.]

#### 4.5 Seinäelementtien asennus

Seinäelementit asennetaan elementtiasennussuunnitelman mukaisesti. Ensin asennetaan kaikki ulkoseinäelementit, jonka jälkeen väliseinä-, pilari-, parvekepieli- ja hissikui- luelementit asennetaan paikalleen. Oikea asennuskorko mitataan, ja asetetaan elementin alle tarvittava määrä teräslappuja, jotta kaikki elementit saadaan samoihin korkoihin. Väliseinäelementtien alla käytetään n. 10 mm paksuista vanerilappua, jonka painuessa varmistetaan elementin alareunan tiiveys. Elementti kiinnitetään alustaan juotosbetonilla ja tuetaan pystyyn kahdella elementtituella. Juotosbetonin vähimmäispaksuus on oltava 10 mm riittävän tartunnan saavuttamiseksi. Sandwich-elementin eristeosan kohdalle asennetaan eristeikaista elementtien sauman tiivistämiseksi. [4, s.7-10.]



Kuva 11. Seinäelementti pystyyn tuettuna ja väliseinämateriaalit nostettuna telineiden päälle.

Kuva: Miika Piipponen

Kerroksiin tulevat ikkunat ja parvekeovet, sekä väliseinämateriaalit on helpoin nostaa kerrokseen ennen välipohjan ontelolaattojen asentamista. On tärkeää huomioida, että materiaalit on nostettu riittävän korkealle lattiapinnasta, jolloin lattia saadaan tasoitettua kunnolla kaikkialta plaanolla.

#### 4.6 Välipohjan ontelolaatasto

Välipohjan ontelolaataston asennuksessa menetelmät ovat samoja kuin alapohjan ontelolaatastossa. Laattojen alapinnat asennetaan samaan korkoon. Vierekkäisten laattojen kaarevuuserot tasataan säädettävillä pysty- ja vaakatuilla. Porraskäytävässä käytetään välipohjarakenteena teräsbetonista massiivilaattaa. Kun kaikki välipohjan ontelo-, massiivi- ja parvekelaatat on asennettu paikalleen, asennetaan vielä porraselementit, sekä talotekniikkahormit. Ennen saumavalua patteriputkien nousulinjoihin asennetaan sewatekit, joista putket pujotetaan läpi myöhemmin. Ahjon työmaalla 2-kerroksisissa luhtitaloissa hormit tehtiin levyttämällä, mutta 3- ja 4-kerroksisissa rakennuksissa käytettiin valmista Elpotekin toimittamaa hormia viemäri- ja ilmanvaihtonousuissa.



Kuva 12. Elpo-talotekniikkahormin asennus. Kuva: Miika Piipponen

Seinäelementtien pystysaumamat, sekä seinän yläreunan ja välipohjalaataston välit pumpataan täyteen pystysaumabetonilla, joka on tavanomaista betonia sitkeämpää, ja siten se pysyy myös pystysaumoissa valumatta. Ennen pystysaumapumppausta elementtien pystysaumoihin asennetaan harjateräkset elementeissä olevien vaijerilenkkien läpi. Tällä varmistetaan, että rakenteesta tulee yhtenäinen.



Kuva 13. Pystysaumapumppaus. Kuva: Miika Piipponen

Pystysaumapumppauksesta noin 4 tunnin kuluttua säästä riippuen voidaan aloittaa ontelolaataston saumavalu sillä edellytyksellä, että tarvittavat sähköputkitukset, saumojen raudoitukset ja valumuotit ovat asennettuna.



#### 4.7 Parvekeovi- ja ikkuna-asennus

Perinteisesti parvekeovi- ja ikkuna-asennusta tehdään rungon edetessä siten, että niitä asennetaan noin 1-2 viikon viiveellä runkoon nähden. Ei kuitenkaan pitäisi olla ongelmia aloittaa asennustöitä jo siinä vaiheessa, kun seinäelementtejä aletaan pystyttämään. Tällä menetelmällä rakennuksen runko saadaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa lämpimäksi ja kuivaksi, jotta sisävalmistusvaiheen työt päästään aloittamaan entistä aikaisemmin.

Tulevaisuudessa kaikilla alkavilla työmailla voidaan myös harkita mahdollisuuksien mukaan parvekeovi- ja ikkuna-asennuksen sisällyttämistä elementtiasennusurakkaan. Näin myös elementtiasennusryhmä saa tehostettua omaa työskentelyään. Vaihtoehtoisesti asennustyö voidaan teettää omilla työntekijöillä. Urakan myyminen erilliselle urakoitsijalle ei ole suotuisaa tällä menetelmällä, koska silloin töitä parvekeovi- ja ikkuna-asennukseen on vain 2-3 päivää viikossa.

On huomioitava, että parvekeovet ja ikkunat ovat huomattavasti enemmän säälle alttiina, kun ne asennetaan ennen välipohjan ontelolaattoja. Sen takia ne on syytä suojata muovilla karmeineen ja teipata hyvin, jotta vältytään ylimääräisiltä jälkitöiltä. Ovea ei voida pussittaa karmeineen, koska parvekkeelle täytyy olla kulku asunnosta. Pussitetun ikkunan sisään ei saa jäädä kosteutta, koska silloin ikkuna ei pääse mitenkään kuivumaan. Ikkuna- ja ovipaketin kunnollisessa suojauksessa on myös se hyöty, että betonielementistä valuva sementtipitoinen vesi ei pääse syövyttämään ikkunalaseja. Näissä tapauksissa ei ole muuta korjausvaihtoehtoa, kuin vaihtaa syöpyneen lasin tilalle uusi.

#### 4.8 Pesuhuoneet

Pesuhuoneita on toteutettu valmiilla kylpyhuone-elementeillä jo useita kymmeniä vuosia. Parmarine on aloittanut valmiskylpyhuoneiden tuotannon jo vuonna 1968. Kustannuksiltaan se on samaa luokkaa, kuin paikalla rakennettu kylpyhuone, joten siitä näkökulmasta katsottuna ei ole merkitystä kummalla tavalla pesuhuoneet toteutetaan. Jos kuitenkin kylpyhuone-elementeillä pystytään lyhentämään työmaan yleisaikataulua, niin siinä vaiheessa suurempia säästöjä alkaa kertymään. Tutkimuksen mukaan rakentamisaika valmiskylpyhuoneilla on jopa 70 % pienempi, kuin paikalla rakennetuissa. [5, s.43.]



Kuva 14. Parmarine valmiskylpyhuone-elementti

[\[http://www.parmarine.fi/UserFiles/Parmarine/Image/parmarine.jpg\]](http://www.parmarine.fi/UserFiles/Parmarine/Image/parmarine.jpg)

Valmiskylpyhuoneet ovat myös hankintojen, sekä tuotannonohjauksen kannalta helppompi ratkaisu, koska silloin yhteen hankintaan sisältyy kaikki, mikä liittyy pesuhuoneisiin. Tällöin ei tarvita erillisiä urakoitsijoita pintabetoni-, sauna-, sekä vedeneristys- ja laatoitustöihin.

Kylpyhuone-elementit valmistetaan mittatilaustyönä ottaen huomioon tilaajan toivomukset, sekä kohdekohtaiset suunnitelmat. Silloin toimittaja ottaa aina täyden vastuun tuotteen laadusta ja viranomais määräysten noudattamisesta. Tilojen soveltuvuus liikuntarajoitteisille toteutetaan määräysten ja yksilöllisten tarpeiden mukaan. [6, s.2-3.]

Elementit valmistetaan sisätiloissa hyvissä olosuhteissa, jolloin voidaan olettaa, että tuotteen laatu on parempi. Paikalla rakennetut kylpyhuoneet taas ovat enemmän alttiina työmaalla vallitseville olosuhteille. Vaadittavia korjauksia voidaan välttää jossain määrin huolellisella suojauksella, mutta siitä huolimatta valmiit pinnat kolhiintuvat usein, koska kylpyhuoneissa työskentelee lukuisia eri urakoitsijoita. Vahingon aiheuttaja jää usein selvittämättä, jolloin vastuu korjauksista aiheutuvista kustannuksista jää pääurakoitsijan harteille.



Kuva 15. Kylpyhuone-elementin asennus elementtirunkoisessa rakennuksessa. Kuva: Miika Piipponen

Elementit toimitetaan työmaalle sovittuna ajankohtana täysin käyttövalmiina märkätiloina. Elementtirunkoisissa rakennuksissa ne asennetaan päältä runkotyön yhteydessä ja paikallavalurunkoisissa rakennuksissa elementit viedään sisään rakennuksen sivusta ennen julkisivujen asennusta. Kummassakin ratkaisussa vaadittava asennuskalusto toimitetaan työmaan käyttöön. [6, s.2-3.]

Kylpyhuone erotetaan lattiarakenteesta joustavien asennuspalojen avulla, jotta sen käytöstä aiheutuvat äänet eivät kulkeudu rakennuksen rungon välityksellä muihin tiloihin. Asennuksessa on huomioitava asunnon lattiapinnan lopullinen korko, sillä määräysten mukaan kynnyksien erien välillä saa olla enintään 20 mm. Kylpyhuoneen oviaukko on suljettu sinetillä, jotta valmiit pinnat eivät pääse vahingoittumaan rakennustöiden aikana. Sinetit avataan vasta elementtien luovutushetkellä, joka suoritetaan työmaan loppuvaiheessa tilaajan, sekä elementtien toimittajan kesken. [6, s.2-3.]

## 5 TIETOMALLINNUKSEN HYÖDYNTÄMINEN RUNKOVAIHEESSA

Tietomallinnus on rakennusalan yksi tämän hetken lupaavimmista kehitysaskeleista, jota hyödyntämällä suunnittelu- ja rakennusprosessia saadaan kehitettyä. Sen kautta avautuu uusia mahdollisuuksia toteuttaa rakennusprojekteja kaikilta osa-alueiltaan entistä laadukkaammin ja tehokkaammin. Tietomallilla tarkoitetaan yhtä tiedostoa, joka käsittää rakennusprosessin koko elinkaaren aikaiset tiedot digitaalisessa muodossa. Sen tarkoituksena on koota yhteen kaikki tarvittavat tiedot, jotta näiden tietojen hyödyntäminen rakennusprosessin eri vaiheissa olisi helpompaa. Näin ollen suunnittelun eri osa-alueiden yhteensovittaminen onnistuu paremmin, sekä mahdolliset ristiriidat suunnitelmien välillä pystytään havaitsemaan ja korjaamaan jo suunnitteluvaiheessa. Tämä varmistaa suunnittelun laadukkaamman lopputuloksen. [7.]

Tietomallilla rakennuksen lopullista ulkomuotoa pystytään havainnollistamaan kolmiulotteisessa muodossa jo ennen kuin varsinaisia rakennustöitä on edes aloitettu. Mallin sisältämällä tiedoilla saadaan myös helposti muodostettua erilaisia aikatauluja, kustannuslaskelmia, energialaskelmia ja muita simulaatioita, jotka perinteisillä menetelmillä vaatisivat paljon esivalmisteluja, tiedon keruuta ja tiedon yhdistämistä. [7.]



Kuva 16. Rakennuksen 3D-tietomalli

Tuotannon aikana tietomallista saadaan poimittua hyödyllistä informaatiota runkoon liittyen. Mallista voidaan siirtää kaikki elementit yhteen taulukkoon esim. elementin painon mukaan järjestettynä. Painavimman elementin mukaan pystytään määrittämään työmaalle sopivan kokoinen nosturi, joka jaksaa nostaa kaikki elementit paikalleen. Aikataulun laatimisessa elementtien kerroskohtaiset lukumäärät ovat helposti saatavilla, joten elementtiasennuksen etenemisestä saadaan laadittua visuaalinen asennussuunnitelma. Näin runkovaiheesta vastuussa oleva työnjohtaja saa helpommin hahmotettua aikataulun, milloin elementtien, sekä muiden kerroksiin runkovaiheen aikana nostettavien materiaalien on oltava työmaalla. Lisäksi elementtien asennuskorot, sijainnit, sekä muut mitat saadaan tulostettua mallista asennusryhmän käyttöön.

Tietomallien avulla pystytään tekemään törmäystarkasteluja, joista voidaan selvittää eri suunnitelmien päällekkäisyyksiä. Yleensä näitä tehdään tietomallille, johon on yhdistetty kaikkien suunnittelijoiden mallit päällekkäin. Suunnitteluvirheitä voidaan etsiä joko visuaalisesti liikkumalla tietomallin sisällä, tai käyttämällä siihen tarkoitukseen suunniteltuja ohjelmia, jotka suorittavat törmäystarkastelut automaattisesti. Runkoon liittyviä yleisiä ongelmakohtia ovat putkivaraukset ja elementtien liitoskohdat. Törmäystarkasteluja tulisi tehdä jo suunnitteluvaiheessa, jolloin mahdollisiin virheisiin ja puutteisiin voidaan reagoida riittävän ajoissa. Tällöin ilmenneet virheet pystytään korjaamaan ennen elementtien valmistusta. Näin ollen elementtien työstäminen jälkikäteen työmaalla vähenee, joten siltä osin elementtiasennus pääsee etenemään suunnitelman mukaisesti ilman häiriöitä. [8 s.7-10.]

## 6 ELEMENTTIASENNUKSEN NOPEUTTAMINEN

Tavallisesti elementtiasennuksessa käytetään yhtä nosturia, sekä yhtä elementtiasennusryhmää, jolloin työaika on 8 tuntia päivässä. Runkovaiheen aikataulua suunniteltaessa tuotantonopeutena käytetään yhtä kerrosta viikkoa kohden. Rakennusalalla ollaan yleisesti haluttomia työskentelemään kahdessa vuorossa, tai tekemään pidennettyä työpäivää. Ulkomailta tulevat työntekijät ovat kuitenkin oman kokemuksen perusteella joustavampia työaikojen suhteen. Rakennusalalla vallitsevan kovan kilpailun vuoksi on jokaisen pyrittävä tulemaan pois omalta mukavuusalueeltaan, jotta pysytään mukana kehityksessä, sekä varmistetaan uusien töiden saaminen jatkossakin.

Runkovaiheen nopeuttamisessa voidaan käyttää erilaisia työskentelymuotoja, kuten:

- Kaksi elementtiasennusryhmää ja kaksi nosturia, jolloin asennus tapahtuu kahdessa rakennuksessa samanaikaisesti.
- Työskennellään kahdessa vuorossa esimerkiksi 6:00 – 14:30 ja 13:30 – 22:00 kaupungin järjestyssäännöt huomioiden. Työvuorot olisivat tunnin verran päällekkäin, jonka aikana ensimmäisen vuoron asennusryhmä kertaan toisen vuoron asennusryhmän kanssa päivän tapahtumat, sekä ilmoittaa mahdollisista poikkeamista.
- Tehdään pidennettyä työvuoroa 6-7 päivää viikossa, jonka aikana tehdään kahden viikon työtunnit. Tällä menetelmällä vuoroviikoin voidaan tarvittaessa vaihtaa asennusryhmää, jolloin asennusryhmä saa aina viikon mittaisen vapaan joka toinen viikko.

Oikea menetelmä runkovaiheen nopeuttamiseen riippuu rakennettavasta kohteesta. Jos kohteessa on vain yksi rakennus, niin vaihtoehdot rungon toteutukseen ovat työskentely kahdessa vuorossa, tai tekemällä pidennettyä työvuoroa ja viikonlopputöitä. Jos taas rakennuksia on useampi, niin kaikki edellä mainitut vaihtoehdot ovat toteutuskelpoisia. Pidennettyä työvuoroa tehtäessä on huomioitava, että työnjohdon on myös tehtävä pidempää työvuoroa, tai vähintään oltava aina asennusryhmän tavoitettavissa.

Runkovaihe tahdistavana työvaiheena määrittää myös aikataulun sisävalmistusvaiheen töiden aloittamiselle ja etenemiselle. Työvaiheiden etenemisen kannalta on erittäin tärkeää

keää, että rakennuksen vaippa saadaan umpeen mahdollisimman nopeasti rungon edetessä, jotta rakenteet saadaan lämmitettyä ja kuivatettua sisävalmistustöitä varten.

Kun projektin yleisaikataulusta saadaan karsittua ylimääräisiä viikkoja pois, niin on mahdollista myös luovuttaa kohde aikaisemmin. Aikataulullisen hyödyn kautta työmaan 8- ja 9-ryhmien litteroiden kulut pienenevät. Nämä litterat sisältävät työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset, joiden osuus projektin kokonaiskustannuksista on n. 15 % luokkaa.

Kun runkovaihe etenee nopeammin, työnjohdolta vaaditaan entistä täsmällisempää tuotannonsuunnittelua ja ohjausta. On varmistettava jo hyvissä ajoin, että elementtien toimittajilla on riittävät resurssit valmistaa elementtejä työmaan aikataulun mukaisesti, ja että kaikki suunnitelmat saadaan lähetettyä tehtaille riittävän aikaisin. Pieni unohdus elementtien tilauksessa voi seisauttaa elementtiasennuksen pitkäksikin aikaa.

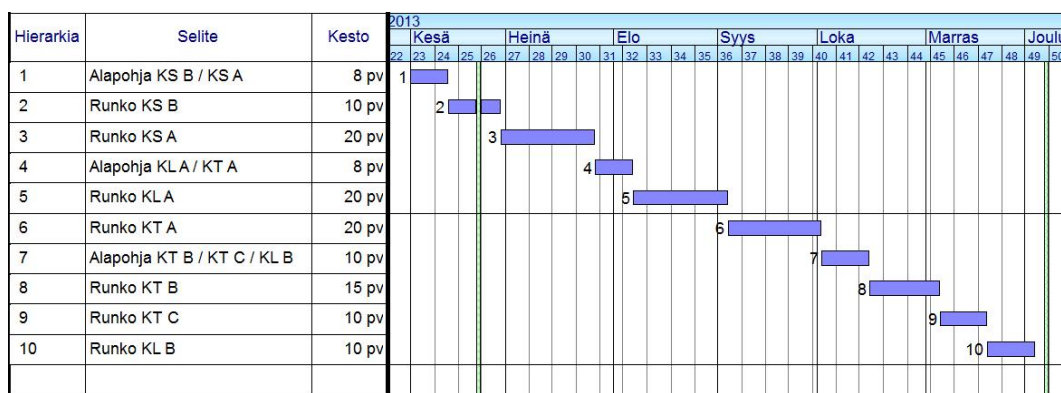


## 7 TUTKIMUSTULOKSET

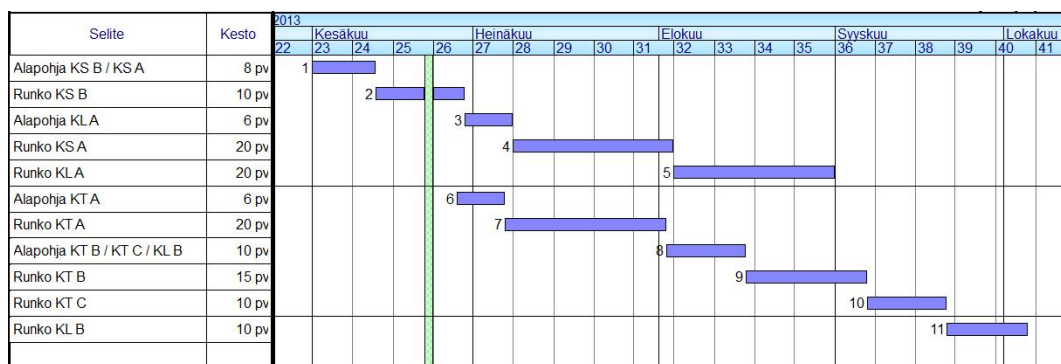
Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää toimenpiteet, joilla runkorakentamista saadaan tehostettua, jotta rakennuksen runko saadaan nykyistä nopeammin lämpimäksi ja kuivaksi. Rungon tuotannon tehostamisella pyritään vaikuttamaan projektin yleisaikatauluun siten, että sisävalmistustyöt päästään aloittamaan entistä nopeammin, sekä pystytään säästämään kustannuksissa aikataulun kiristämisen kautta. Työmaan luovutuksen aikaistamisella pystytään vaikuttamaan 8- ja 9-litteraryhmien kustannuksiin, jotka edustavat työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksia.

Runkovaiheen etenemistä pystytään nopeuttamaan lisäämällä resursseja tai pidentämällä työaikaa. Käytettävä menetelmä on arvioitava aina kohdekohtaisesti. Jos kohteessa on useita erillisiä rakennuksia, niin rungon toteuttaminen kahdella elementtiasennusryhmällä ja kahdella nosturilla on erittäin toimiva ratkaisu. Esimerkkikohteessa NCC:n Ahjon työmaalla rakennuksia oli yhteensä 7 kappaletta, jotka olivat 2-4 kerroksisia. Siellä toinen asennusryhmä asensi edeltä kaikkien rakennusten alapohjien elementit paikalleen pienempää autonosturia käyttäen. Näin ollen aikaa jäi riittävästi lämmöneristys- sekä maanrakennustöiden toteuttamiseen alapohjissa, jotka normaalisti hidastaisivat runkovaiheen etenemistä.

Jos rakennettavassa kohteessa on vain yksi rakennus, tai tontti on muuten niin ahdas, ettei siellä ole tilaa tehdä elementtiasennusta kahdella asennusryhmällä ja kahdella nosturilla, niin silloin parempi vaihtoehto on joko tehdä pidennettyä työpäivää 6-7 päivää viikossa, tai työskennellä kahdessa vuorossa.



Kuva 17. Runkoaikataulu yhdellä elementtiasennusryhmällä



Kuva 18. Runkoaikataulu kahdella elementtiasennusryhmällä

Edellä olevien aikataulujen perusteella voidaan todeta, että runkovaihetta olisi voitu lyhentää 9 viikkoa, jos rungot olisi jo alussa päätetty toteuttaa kahdella elementtiasennusryhmällä ja kahdella nosturilla. Maanrakennustöiden ja anturoiden takia elementtiasennusta ei välttämättä kannata alkaa tekemään heti alusta asti kahdella asennusryhmällä. Jälkimmäisen aikataulun mukaan toteutettuna anturoiden tekoon olisi pitänyt lisätä toinen työryhmä.

Aikataulussa on käytetty etenemistähtinä yhtä kerrosta viikkoa kohden, joka on yleinen käytäntö runkovaiheen aikataulusuunnittelussa. Alapohjan rakentamiseen tarvittava aika riippuu täysin rakennetyypistä. Esimerkkikohteen alapohjarakenteena oli tuulettuva ontelolaattarakenteinen alapohja, joka on nopea toteuttaa rungon osalta.

Jotta runkoaikataulun kiristämisestä on mitään hyötyä, on myös varmistettava, että rakenteiden lämmitys ja kuivatus saadaan käynnistettyä mahdollisimman aikaisin. Rakennuksen vaippa on siis saatava umpeen nopeasti, joten parvekeovi-, sekä ikkuna-asennus on saatava etenemään yhtä nopeasti kuin rakennuksen runko nousee. Silloin ovien ja ikkunoiden suojaukseen on kiinnitettävä entistä enemmän huomiota, jotta vältetään kalliilta korjaustöiltä. Toisaalta, kun runkovaihe etenee nopeammin ja rakennus saadaan nopeasti vesitiiviiksi, ei rakenteisiin myöskään ehdi kertymään niin paljoa kosteutta sateiden vaikutuksesta.

Runkovaiheen edetessä nopeammin on myös varmistettava, että sisävalmistustöitä tekevillä urakoitsijoilla on riittävät resurssit aikataulussa pysymiseen. Tästä johtuen työmaalla tapahtuu enemmän, jolloin myös työnjohtoa on lisättävä työmaalla. Toisaalta siitä aiheutuvat kustannukset saadaan takaisin työmaan loppuvaiheessa, kun projektin loppua saadaan aikaistettua.

Aikataulun kiristäminen ei saa vaikuttaa miltään osin heikentävänä tekijänä työturvallisuudessa tai lopputuotteen laadussa. Näin ollen työnjohtajan henkilökohtaisen viikkosuunnitelman (Liite 1) on oltava perusteellinen, riittävän pitkälle tähtäävä suunnitelma, joka kattaa vähintään seuraavien 3-4 viikon ajanjaksolla tehtävät työt. Viikoittaisessa mestaripalaverissa käydään läpi jokaisen työnjohtajan viikkosuunnitelmat. Samalla varmistetaan, ettei suunnitelmissa ole päällekkäisyyksiä. Viikkosuunnitelman on pohjaututtava yleisaikatauluun, ja jos siitä jäädään jälkeen, niin korjaavat toimenpiteet aloitetaan välittömästi. Mieluummin pyritään pysymään edellä yleisaikataulua, jolloin aikatauluun jää myös pieni häiriövara.

Kylpyhuoneiden toteuttamisessa paikallarakentamalla, tai valmiilla kylpyhuoneelementillä ei ole merkittävää hintaeroa. Ajallisesti kylpyhuone-elementti on kuitenkin huomattavasti nopeampi ratkaisu. Elementin paikalleen nostamisen jälkeen ainoat jälki-työt ovat LVIS-kytkennät, sekä elementin reunojen valut. Näin ollen kaatovalut, vedeneristys- ja laatoitustyöt, sekä saunat jäävät pois yleisaikataulusta. Esimerkkikoh-teessa nämä työvaiheet pois ottamalla yleisaikataulu (Liite 2) olisi lyhentynyt 5 viikkoa.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkimuksessa selvitettiin, millä toimenpiteillä elementtiasennusta saadaan nopeutettua, jotta sisävalmistusvaiheen työt päästään aloittamaan entistä aikaisemmin. Elementtiasennusta saadaan nopeutettua lisäämällä resursseja, tai pidentämällä työaikaa. Järkevin menetelmä riippuu aina rakennettavasta kohteesta. Jos rakennuksia on useampi, niin silloin kahden asennusryhmän ja kahden nosturin käyttäminen on toimiva ratkaisu. Jo elementtiasennusurakoitsijan valintaa tehdessä olisi syytä selvittää urakoitsijan valmiudet vuorotyöskentelyyn, tai pidennetyn työajan tekemiseen. Lisäksi urakkasopimuksen tulisi olla sellainen, että kaikki elementtiasennukseen liittyvät työt myöskin kuuluvat urakkaan. Muussa tapauksessa pääurakoitsijan työntekijöiden on myös työskenneltävä kahdessa vuorossa, jotta asennus ei seisaudu. Elementtiasennuksesta vastuussa olevan työnjohtajan on tärkeää olla vähintään tavoitettavissa aina, kun elementtiasennusta tehdään.

Rakentaminen on kuitenkin lukuisien asioiden summa ja kaikki asiat vaikuttavat projektin lopputulokseen. Lisäksi työmailla kohdataan päivittäin asioita, joista osaan on myös vaikeaa, tai lähes mahdotonta kenenkään vaikuttaa. Näitä ovat esimerkiksi onnettomuudet, työtapaturmat, sairastumiset, suunnitteluvirheet, tai uusista aliurakoitsijoista johtuvat ongelmat, joiden kanssa NCC ei ole ollut yhteistyössä aikaisemmin. Tästä johtuen aliurakoitsijoiden valinnat olisi hyvä painottaa niihin yrityksiin, joista on jo hyviä kokemuksia ja sulkea pois vaihtoehdot, joiden kanssa on ilmennyt ongelmia. Työturvallisuutta kehittämällä, sekä nykyisiä työturvallisuusohjeita noudattaen pystytään minimoimaan tapaturmien ja erilaisten onnettomuuksien riskitekijät. On siis tärkeää pysyä yleisaikataulua edellä, jotta aikatauluun jää myös häiriövaraa.

Tietomallintamista oikein hyödyntämällä pystytään reagoimaan suunnitteluvirheisiin jo ennen kuin elementtien tuotantoa on edes ehditty aloittamaan. Tietomallintaminen onkin yleistynyt huomattavasti rakennussuunnittelussa viime vuosien aikana. Mallien yhdistäminen ja törmäystarkastelut ovat mitä ilmeisimmin vielä jääneet vähäisiksi, koska elementtejä joudutaan työstämään jälkikäteen huomattavan paljon työmaalla. Tämä johtunee suurelta osin siitä, että suunnittelua ei ole aloitettu riittävän ajoissa. Usein suunnitelmia odotetaan vielä siinä vaiheessa, kun elementtejä pitäisi alkaa tilaamaan työmaalle.

Työmaalla tietomallia voitaisiin käyttää tehokkaasti hyväksi runkovaiheen tehtäväsuunnittelussa. Elementtitoimituksia suunnitellessa määrät ja tunnuksat saisi kätevästi lueteloiksi tietomallista, joka myös helpottaisi tilauksien tekemistä. Asennusaikataulun suunnittelussa tietomallista saisi helposti laskettua kerrokseen asennettävien elementtien lukumäärät.

Tutkimuksen aikana heräsi myös ajatuksia jatkotutkimuksia varten, joissa voitaisiin selvittää asioita, joihin pystytään vaikuttamaan runkovaiheen aikana:

- Plaanomenekin minimointi runkovaiheessa esimerkiksi asuntojen ja kylpyhuone-elementtien kynnyksien korkoja muuttamalla
- Kustannustarkastelu täsmätoimituksien kannattavuuden osalta
- Runkorakenteiden kuivatus- ja lämmitysmenetelmät.

#### 8.1 Kehitysehdotukset

- Jatkossa voitaisiin miettiä jo laskentavaiheessa, kuinka paljon saadaan säästettyä kustannuksissa, jos elementtiasennukseen käytettyä aikaa saadaan lyhennettyä rungon tuotantoa tehostamalla
- Selvitetään, onko kylpyhuoneet mahdollista toteuttaa elementtikylpyhuoneilla ja kuinka paljon säästetään kustannuksissa siitä saatavan ajallisen säästön kautta
- Tietomallintamisen entistä tehokkaampi hyödyntäminen etenkin suunnitteluvaiheessa, jotta vältetään kalliilta korjaustöiltä
- Tietomallit myös työmaan toimihenkilöiden käyttöön, sekä niiden käyttökoulutukset.

## Lähteet

- [1] Tietoa NCC:stä. 2014. Verkkodokumentti. NCC. <[www.ncc.fi/fi/Tietoa-NCCsta](http://www.ncc.fi/fi/Tietoa-NCCsta)>  
Luettu 17.2.2014
- [2] Perustuselementtityö. 2012. Verkkodokumentti. Rakennustieto. Luettu 25.4.2014
- [3] Ontelo- ja TT-laattaelementtityö. 2012. Verkkodokumentti. Rakennustieto. Luettu 25.4.2014
- [4] Väli- ja ulkoseinäelementtityö. 2012. Verkkodokumentti. Rakennustieto. Luettu 25.4.2014
- [5] Myyrä, Tiina. 2012. Kylpyhuone-elementin ja paikallatehdyn kylpyhuoneen kustannusvertailu. Opinnäytetyö. Luettu 7.5.2014
- [6] Parma-kylpyhuoneet – Parmarine Oy. 2013. Verkkodokumentti. Rakennustieto. Luettu 7.5.2014
- [7] Tietomallintaminen. 2014. Verkkodokumentti. Optiplan. <[http://www.optiplan.fi/tekemisen\\_tapa/tietomallintaminen/fi\\_FI/tietomallintaminen](http://www.optiplan.fi/tekemisen_tapa/tietomallintaminen/fi_FI/tietomallintaminen)>  
Luettu 7.5.2014
- [8] Hovi, Marko. 2010. Tietomallinnuksen hyödyntäminen ja käyttöönotto työmaalla. Opinnäytetyö. Luettu 7.5.2014]

Suorittaja	Tehtävä	kerros	VIKKO: 31							VIKKO: 32							VIKKO: 33															
			Ma	Ti	Ke	To	Pe	Ma	Ti	Ke	To	Pe	Ma	Ti	Ke	To	Pe	Ma	Ti	Ke	To	Pe										
mitoniek	alapohjan parvekkeet, pilarit, ulkoseinät	C1																														
mitoniek	väliseinät, massiivit	C1																														
mitoniek	ontelot	C1				7:00																										
mitoniek	raudoitus, sähköit	C1																														
mitoniek	valu ontelot	C1																														
mitoniek	valu ontelot	C1																														
mitoniek	valu kuorillaatat	C1																														
mitoniek	portaat	C1																														
mitoniek	ulkoseinät	C2																														
mitoniek	väliseinät, massiivit	C2																														
mitoniek	kylläpörit	C2																														
mitoniek	ontelot	C2																														
mitoniek	eiopot, raudoitus, sähköit	C2																														
mitoniek	valu ontelot	C2																														
mitoniek	valu ontelot	C2																														
mitoniek	valu kuorillaatat	C2																														
mitoniek	portaat	C2																														
mitoniek	ulkoseinät	C3																														
mitoniek	väliseinät, massiivit	C3																														
mitoniek	kylläpörit	C3																														
mitoniek	ontelot, eiopot	C3																														
mitoniek	mitoniek	C3																														
mitoniek	mitoniek	C3																														
mitoniek	mitoniek	C3																														
mitoniek	mitoniek	C3																														
mitoniek	mitoniek	C3																														
mitoniek	mitoniek	C3																														
mitoniek	mitoniek	C3																														
sähkö	putkitus	C1																														
		C2																														
		C3																														
		C1																														
		C2																														
		C3																														
		C1																														
		C2																														
		C3																														
railester	prystysuunapumppaus	C1																														
	prystysuunapumppaus	C2																														
	prystysuunapumppaus	C3																														
saku																																
Kuormar	ulkoseinät 3 kuormaa	C2																														
	ulkoseinät	C2																														
	massiivit	C2																														
	väliseinät 3 kuormaa	C2																														
	hissikuilu	C2																														
	parvekkeet	C3-4krs																														
	eiopot	C3-4krs																														





