

Tiia Sorsa

# Puukerrostalon tuotanto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

23.11.2015

Tekijä(t) Otsikko	Tiia Sorsa Puukerrostalon tuotanto
Sivumäärä Aika	44 sivua + 1 liite 23.11.2015
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Talonrakennustekniikka
Ohjaaja(t)	Toimitusjohtaja Mika Airaksela Lehtori Niilo Kempainen
<p>Tämän opinnäytetyön päätavoitteena oli laskea Rakennusliike Reponen Oy:n tulevia kohteita varten puuelementtiasennuksen työmenekit. Rakennusliike Reponen tilasi työn, koska yrityksellä ei ole ollut aikaisempaa kokemusta tämän suuruusluokan puuelementtiasennuksesta. Työmaan alkaessa yrityksellä ei ollut varmaa tietoa siitä, kuinka kauan yrityksen elementtiasennustyöryhmällä menisi puuelementtiasennuksessa.</p> <p>Opinnäytetyötä varten osallistuttiin Kivistön kohteen puurakennesuunnittelija Harri Moilaisen pitämään puuelementtiasennuskoulutukseen, jotta saataisiin tietoa elementtien asennustavasta sekä asennusjärjestyksestä. Vierailtiin myös puuelementtitehtailla Vierumäellä ja kerättiin tietoja siitä, kuinka tehtailla varmistetaan kuivaketjun toimivuus ja kuinka puuelementit kasataan. Lisää tietoa kohteesta saatiin työnjohtotyöharjoittelun sekä innovaatioprojektin aikana. Opinnäytetyössä haastateltiin puuelementtiasennustyönjohtajaa ja kellotettiin eri työvaiheiden kestoja sekä dokumentoitiin niistä saadut tulokset myöhempää käyttöä varten. Kellotusajoista tehtiin Ratu-korttia muistuttava dokumentti, johon oli koottu erilaisista puuelementtityypeistä T3-ajat. Puukerrostalon runkoon liittyvien elementtien T4-ajat laskettiin yrityksen tuntikirjanpidosta.</p> <p>Opinnäytetyössä onnistuttiin sille asetetuissa tavoitteissaan. Puuelementtiasennuksen työmenekkien tuloksista ilmenee, että puuelementtiasennus on nopeampaa kuin vastaavan kokoluokan rakennuksen betonielementtiasentaminen. On myös huomioitava, että puuelementeissä on korkeampi valmiusaste kun puuelementtiasentamista verrataan betonielementtiasentamiseen. Opinnäytetyön menekkien tulosten otanta on saatu vain Kivistön kohteesta, Kivistön kohteen B- ja C-lohkon työmenekkien laskentaan käytettiin pääosin yrityksen tuntikirjanpitoa ja asennusryhmän asennuspäiväkirjaa. Asennuspäiväkirja ei kuitenkaan ollut kaikilta osin niin tarkka, joten T4-työmenekkien tulosta ei voi pitää aivan tarkkana. On hyvä myös huomioida, että työssä on tarkasteltu yhden työryhmän työnsaavutusta, jolloin tulokset eivät ole yleispäteviä pienen otannan vuoksi.</p>	
Avainsanat	Puukerrostalo, puuelementti, työmenekki

Author(s) Title	Tiia Sorsa Manufacturing of Timber High-Rise Buildings
Number of Pages Date	44 pages + 1 appendices 23 November 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	Construction Engineering
Instructor(s)	Niilo Kemppainen, Senior Lecturer, Metropolia University of Applied Sciences Mika Airaksela, Managing Director, Rakennusliike Reponen Oy
<p>The main objective of this graduate study was to calculate the quantities of large structural timber elements for the future targets of the construction company Reponen Oy. The thesis was commissioned by the construction company Reponen Oy because the company had no previous experience in the erection of large structural wood elements of this magnitude.</p> <p>For this thesis, the writer participated in the training installation of wood elements organized by Harri Moilanen, wood structural engineer, in order to obtain more topic-related information. In addition, a tour was arranged to a wood element factory in Vierumäki to have more information on how elements are built in a dry and well-lit factory. Furthermore, information about the target was obtained during an innovation project. For this thesis, a timber element construction manager was interviewed about the different stages of the element installation and the results were recorded for later use. A document resembling a Ratu card was created where the T3-hours of various wood panel types were compiled. The T4-hour periods of frame elements were calculated from the company's accounts.</p> <p>The thesis succeeded in its stated objectives. It was discovered that the installation of timber elements is faster than the installation of concrete elements in a construction project of a similar size. It should also be noted that the wooden elements have a higher degree of readiness when a timber element building is compared to a concrete element building. The sampling of quantities was taken in Kivistö only, and the company's accounting and installation diaries were used to calculate the quantities of B and C blocks. The installation diaries, however, were not exact in all aspects and therefore, the quantities of T4-hours cannot be considered precise enough. Furthermore, it should be noted that due to a small sampling, the results are not universally applicable.</p>	
Keywords	timber, high-rise building, element, T3- hour, T4-hour

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn taustat	2
1.2	Tilaaaja	2
2	Puukerrostalo	3
2.1	Puukerrostalon määritelmä	3
2.2	Puukerrostalon rakennejärjestelmä	3
2.3	Puukerrostalo rakentamisen historia Suomessa	4
2.4	Energiatehokas puukerrostalo	5
2.5	Puu rakennusmateriaalina	5
2.6	Rakennusten paloluokat	6
2.7	Liimapuun palonkestävyys	6
2.8	Rakennusaikainen palonesto	7
2.9	Lopullinen palonestojärjestelmä	7
2.10	Korkeapainevesisammutusjärjestelmä	8
3	Kosteudenhallinta puuelementtiasennustoissa	9
3.1	Materiaalivirrat ja materiaalien suojaus	9
3.2	Kuivaketju	10
3.3	Kuivaketju tehtailla	11
3.4	Kuivaketju työmaalla	12
4	Puuelementtien tuotanto	15
4.1	Liimapuu	15
4.2	Suurelementtien valmistus	15
5	Logistiikka	20
6	Työmenekit	21
6.1	Työmenekkien laskenta	22
6.2	T4-työmenekkien laskentaesimerkki	22
6.3	Puuelementtien asennus	23
6.4	Puuelementtien asennusjärjestys	23

7	Tutkimusmenetelmät	29
7.1	Mittaukset työmaalla	29
7.2	Mittaukset A-lohko	32
7.3	Mittaukset B- ja C-lohko	33
7.4	Kuitubetonointimittaukset	34
7.5	T4-työmenekkitulokset	34
7.5.1	A-lohkon T4-työmenekkien keskiarvolliset laskentatulokset	35
7.5.2	B-lohkon T4-työmenekkien keskiarvolliset laskentatulokset	37
7.5.3	C-lohkon T4-työmenekkien keskiarvolliset laskentatulokset	38
7.6	T3-työmenekkidokumentti	39
7.7	Tulosten pohdinta	39
8	Yhteenveto	43
	Lähteet	44
	Liitteet	
	Liite 1. T3-työmenekkitaulukko	

## Lyhenteet

D	Materiaalit ja tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksytty
d2	Vähän palavia pisaroita tai osia
JOT-toimitus	<i>Just On Time</i> -toimitus, ajallisesti täsmällinen toimitus työmaalle materiaalien osalta.
E	Rakenteiden ja rakennusmateriaalien tiiviysvaatimus tulipalossa
I	Rakenteiden ja rakennusmateriaalien eristävyysvaatimus tulipalossa
Kuivaketju	Elementteihin käytettyjen materiaalien kuivanapitoprosessi tehtaalta työmaalle.
OSB-levy	Kolmikerrosrakenteellinen pitkälastuinen lastulevy, jossa lastujen syysuunta on vakioitu ( <i>oriented standard board</i> ).
Passiivitalo	Rakennus jossa lämmitysenergiantarve on $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , ilmanvuotolu-ku on $\leq 0,6 \text{ l/h}$ ja kokonaisprimäärienergiantarve on $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
R60	Rakenteiden ja rakennusmateriaalien kantavuusvaatimus 60 minuuttia tulipalossa
s2	Tulipalossa s2-rakennusmateriaalin savuntuotto on vähäistä.
sahatavara	Yleisnimitys puutavaralle, joka on sahattu kaikilta sivuilta.
T3-aika	T3-aika on tavoitteellinen työmenekki, joka ei sisällä yli tunnin kestäviä häiriöitä tai keskeytyksiä.
T4-aika	Kokonaisaika eli työvaihe aika, joka sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit.
TL3-kerroin	Työvaiheen lisäaikakerroin. Työvaiheen keskeytykset ovat vähintään tunnin pituisia työnkeskeytyksiä.
tth/m <sup>2</sup>	Työntekijätuntia neliometriä kohden
tth/kpl	Työntekijätuntia kappaletta kohden
Työmenekki	Aika, jonka työntekijä, työryhmä tai kone tarvitsee yhden suoriteyksikön aikaansaamiseen.
U-arvo	Rakennusosan lämmönläpäisykerroin joka ilmoittaa lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen. Yksikkönä käytetään $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

## 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on puukerrostalon tuotanto. Työ tehdään Rakennusliike Reponen Oy:lle. Puuelementtiasennuksen työmenekkien laskennan kohteena on Van-taan Kivistön asuntomessualueelle valmistunut 6–7-kerroksinen passiivipuukerrostalo. Puukerrostalossa on 186 asuntoa, joista 107 on vuokra-asuntoja ja 79 asumisoikeu-sasuntoja. Kokonaispinta-ala on rakennuksessa 10 120 m<sup>2</sup>. Rakennusliike Reponen Oy toimii Euroopan suurimman puukerrostalon rakennushankkeen pääurakoitsijana. Ra-kentamisvaihe on jaettu 3 lohkoon, A-, B- ja C-lohkoihin.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia Rakennusliike Reposelle T3- ja T4-työmenekit Kivistön puukerrostalokohteen puuelementtiasennuksesta. Työssä tarkas-tellaan myös asennusryhmän kehitystä puuelementtiasennuksen alusta loppuun. Li-säksi vertaillaan A-lohkon lattioiden valutöiden keston muuttumista B- ja C-lohkon kui-tubetonointiin. Yritykselle luovutettavien dokumenttien tulee olla käyttökelpoisia yrityk-sen tulevissa hankkeissa.

Opinnäytetyö sisältää T3- ja T4-työmenekkitaulukon, Ratu-korttia muistuttavan doku-mentin, jonka pohjalta yritys voi luoda tulevissa kohteissa aikatauluja. Opinnäytetyö tehdään RKL Reponen Oy:n aikataulusuunnitelmien ja tuntikirjanpidon mukaan. Sää-suojauksen toimivuutta seurataan suunnitelmien ja työmaavalvonnan avulla. Kuivaket-jun toimivuutta valvotaan työmaalla, puuelementtitehtailta sekä tehtailta saatujen do-kumenttien avulla.

Mahdollisia ongelmia voi aiheuttaa opinnäytetyön laajuus ja hankkeen erikoisuus. Aloi-tusajankohtanaan kohde on nimetty mediassa Euroopan suurimmaksi puukerrostalok-si. Puisista suurelementeistä ei ole vielä työmenekkitietoja, joihin voisi vertailla tästä työstä saatuja tuloksia, joten työssä vertaillaan tuloksia Ratu-kortiston betonielementti-en T4-työmenekkeihin. Mahdollisia ongelmia voi aiheutua myös, jos runkotyönjohtaja litteroi virheellisesti elementtiasentajien tuntikirjanpitoa, jolloin kaikkia työtunteja ei saa-da laskettua mukaan elementtiasennustöihin. Tämä johtaa siihen, että elementtiasen-nustöiden työmenekkilaskelmien tulokset ovat virheellisiä ja virheellisistä tuloksista ei ole hyötyä asiakasyritykselle tulevissa kohteissa.

## 1.1 Työn taustat

Yrityksellä ei ole aikaisempaa kokemusta tämän mittakaavan puurakenteisesta kerrostalohankkeesta. Työmaan alkaessa yrityksellä ei ollut varmaa tietoa siitä, kuinka kauan yrityksen elementtiasennustyöryhmällä menisi puuelementtiasennuksessa.

Ajatus opinnäytetyön tekemiseksi puukerrostalon tuotannosta ja etenkin puuelementtiasennuksen työmenekkien laskemisesta lähti kun opinnäytetyön kirjoittaja aloitti työharjoittelun Rakennusliike Reponen Oy:ssä keväällä 2014. Toisen vuoden työnjohto- ja työharjoittelu suoritettiin Kivistön puukerrostalotyömaalla.

Aluksi tutustuttiin kohteen suunnitelmiin ja aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen. Puuelementtiasennus alkoi elokuussa 2014, jolloin oltiin hieman aikataulusta jäljessä ja tietoa asennuksesta oli vielä hyvin vähän. Tiedonkeruu jatkui syksyllä 2014 Innovaatioprojektin merkeissä. Työmaalla vierailtiin vähintään kerran viikossa. Työmaavierailujen aikana kerättiin puuelementtiasennuksen työvaiheista erilaisia mittaustuloksia. Mitattiin esimerkiksi elementtien kuorman purku-aikaa, elementtien suojausten purku-aikaa elementtien siirtoaikaa välivarastointipaikalta nostopaikalle sekä elementtien varsinaista asennusaikaa. Vuoden 2015 aikana työmaavierailuja tehtiin kaksi kertaa kuukaudessa.

## 1.2 Tilaaja

Rakennusliike Reponen Oy on perustettu Heinolassa vuonna 1952. Yritys rakentaa asuinrakennuksia pääasiassa pääkaupunkiseudulla. Yritys on panostanut paljon tuotekehitykseen. 2000-luvun alusta yritys on kehittänyt puurakentamista ja matalaenergiakerrostaloja. Vuonna 2011 valmistui yrityksen ensimmäinen puukerrostalokohde Vierumäelle.



## 2 Puukerrostalo

### 2.1 Puukerrostalon määritelmä

Puukerrostalon määritelmä on sama kuin muidenkin kerrostalojen, eli vähintään kaksi kerrosta ja kolme erillistä asuntoa [Kuva 1]. Puukerrostalon erottaa muista kerrostaloista se, että sen kantavat rakenteet ovat pääosin puuta. Puukerrostalon julkisivumateriaalina voidaan käyttää mitä tahansa materiaalia. Puukerrostalojen korkeus on vaihdellut viime vuosina Suomessa palomääräysten takia, ja 2011 voimaantulleen palomääräyksen mukaan puukerrostaloja ei saa rakentaa yli 8-kerroksiseksi. Puukerrostalojen asuntosuunnittelua koskevat samat rakentamismääräykset kuin muitakin kerrostaloja. [1, s. 10.]



**Kuva 1. Rakenteilla oleva Euroopan suurin puukerrostalo Vantaan Kivistössä.**

### 2.2 Puukerrostalon rakennejärjestelmä

Puukerrostalon runkojärjestelmäksi voidaan valita erilaisia ratkaisuja. Rungon kantavat rakenteet voivat olla esimerkiksi elementtejä, tilaelementtejä, CLT-massiivipuulevyrakenteisia, pilari-palkkirakenteisia tai suurelementtirakenteisia. Suurelementit ovat tavallisesti seinän pituisia, kuitenkin enintään 14-metrisiä. Elementit painavat noin 2–4 tonnia. Kantavina runkorakenteiden rakennusmateriaalina yleensä käytetään kertopuuta, liimapuuta, sahatavaraa tai CLT-massiivipuulevyrakenteita.

Tämän opinnäytetyön kohdetyömaan rakennejärjestelmä on suurelementtijärjestelmä. Kantavien suurelementtirakenteiden rakennusmateriaalina on käytetty liimapuuta ja sahatavaraa. [2, s. 303–304.]

### 2.3 Puukerrostalo rakentamisen historia Suomessa

Puurakentamista on ollut Suomessa vuosisatoja, kuitenkin aiemmat tulipalot ovat aiheuttaneet sen, että Suomen palolainsäädäntö on rajoittanut puun käyttöä rakenteissa. Puuta on käytetty lähinnä pientaloissa sekä 1–2-kerroksissa kerrostaloissa. Puurakentamista ohjaavia määräyksiä ei uudistettu, eikä 1960-luvun betoniaika ajanut puurakentamisen määräysten uudistamista. Puulainsäädäntöön aloitettiin tehdä uudistuksia vasta 1990-luvulla, kun Suomesta lähti ulkomaille teollisuuden edustajia tutustumaan puurakentamiseen. [2, s. 17.]

Suomessa aloitettiin vuosina 1995–1997 rakentamaan 3–4-kerroksisia puurunkoisia ja puujulkisivuisia kerrostaloja koerakennushankkeena Viikkiin, Ouluun ja Ylöjärvelle. Tavoitteena oli rakentaa asumismukavuudelta, arkkitehtuuriltaan, laadultaan sekä suunnitteluratkaisuiltaan kilpailukykyisiä kerrostaloja puusta.. Hankkeen aikana suunniteltiin uusia tuotteita ja rakennusosia puusta. [1, s. 16–19.] Uudet palomääräykset tulivat voimaan vuonna 1997, määräykset mahdollistivat 3–4-kerroksisia puukerrostaloja [2, s. 19.]

Rakennusliikkeiden vähäinen kokemus puurakentamisesta ja Suomen talouden tilanne ei kannusta ottamaan riskejä. Tutkimustuloksia on vielä vähän siitä, kuinka kustannustehokkaat puukerrostalot ovat verrattuna betonikerrostaloihin. Suomessa on tällä hetkellä valmistuneita puukerrostaloja 40. Tilanne on kuitenkin parantumassa, sillä jatkuvasti saadaan tietoa lisää ja kehitetään uusia rakenneratkaisuja sekä tekotapoja puurakentamisessa. Rakennusalan koulut lisäävät puurakentamisen kursseja opintosuunnitelmiin. Osaavien ja pätevien suunnittelijoiden määrä kasvaa koko ajan. Puukerrostalon rakentamisen kustannustietoja on vähän saatavilla, eivätkä yritykset halua luovuttaa omia tietoja julkisuteen. Tämä vaatii rakennusliikkeiltä omaa panosta tuotekehittelyyn. Kivistön kohdetta voidaan varmasti pitää yhtenä suunnannäyttäjänä puukerrostalorakentamisessa. [3, s. 128 – 131.]

## 2.4 Energiatehokas puukerrostalo

Kivistön puukerrostalokohde on VTT:n määrittelemä passiivitalo jonka ilmanvuotoluku on alle 0,6 l/h, seinien U-arvo on 0,12 ja välipohjien 0,08. Katolle asennettiin aurinkosähköjärjestelmä, jota käytetään käyttöveden lämmitykseen. Kohteen energiatehokkuutta lisää ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenotto laite, jota käytetään poistoilman ulospuhallukseen, josta lämpö otetaan talteen. Rakennukseen puhallettava raitis ilma esilämmitetään poistoilmasta talteen otetun lämmön avulla. Järjestelmän avulla saadaan suodatettua rakennukseen tulevaa tuloilmaa sekä lämmöntalteenotolla saadaan hallittua huoneistojen lämpötilaa kesällä ja talvella, mikä varmistaa huoneistojen ilmaston viihtyvyyttä sekä asumismukavuutta. [1, s. 123 – 125.]

## 2.5 Puu rakennusmateriaalina

Puulla on monia hyviä rakennusteknisiä ominaisuuksia, sitä voidaan käyttää kantavissa rakenteissa, rakennusten ulkoverhouksessa sekä lämmöneristeenä. Puu on puhdas, uusiutuva ja ympäristöystävällinen luonnontuote. ”Puutuotteiden hyödyntäminen rakentamisessa on kestävä kehitysperiaatteiden mukaista myös siksi, että niiden valmistus kuluttaa huomattavasti vähemmän energiaa ja synnyttää paljon vähemmän hiilidioksidipäästöjä kuin esimerkiksi betoni, tiili tai teräs.” [1, s. 131.] Puun käyttö rakennusmateriaalina on turvallinen, koska puusta ei haihdu terveydelle vaarallisia aineita. [1, s. 133.]

Rakennusliike Reponen Oy:n toimitusjohtaja Mika Airaksela kertoo haastattelussaan puukerrostalossa asumisesta asukkaiden näkökulmasta seuraavasti: ”Tyytyväisyyskyselyssä, jonka teimme, asukkaat kokivat, että puutalossa sisäilma on parempilaatuista, mutta emmehän me paloturvallisuusmääräyksistä johtuen voineet edes käyttää puuta pintamateriaalina.” [14.] Puulla on todettu olevan myönteisiä terveysvaikutuksia. Ihmisten stressitasot ovat laskeneet ja puu mielletään lämpimäksi ja mukavaksi materiaaliksi. Ihmisten myönteisiin kokemuksiin puun käytöstä rakennusmateriaalina vaikuttavat myös sen ekologisuus ja pieni hiilijalanjälki sekä ilmanlaadultaan miellyttävät asumisolosuhteet. [15, s. 1.]

## 2.6 Rakennusten paloluokat

Rakennukset luokitellaan kolmeen eri paloluokkaan: P1, P2 tai P3. Palokuokkajakoon vaikuttaa rakennuksen kerrosluku, korkeus, kerrosala, paloturvallisuusluokka ja käyttötarkoitus. [2, s. 168.] Kivistön kohde on P2, mikä tarkoittaa, että kerroslukua ja henkilöääriä on rajoitettu ja huoneistojen pinnoille on asetettu tietyt turvallisuustasot. Puukerrostalokohteissa tulee aina kiinnittää paljon huomiota sekä rakennusaikaiselle että lopulliselle palonestojärjestelmälle. Rakentamismääräyskokoelman E1 vuoden 2011 uudistuksen mukaan P2-paloluokan 3–8-kerroksiset puukerrostalot suunnitellaan seuraavasti:

- Kantavat rakenteet suunnitellaan ja toteutetaan R60.
- Osastoivat rakenteet suunnitellaan ja toteutetaan EI60.
- Huoneistojen sisäpinnat suunnitellaan ja toteutetaan D-s2,d2.
- Automaattinen vesisammutusjärjestelmä SFS-EN-12845+A2 standardin mukaisesti. [1, s. 136–140.]

## 2.7 Liimapuun palonkestävyys

Kivistön kohteen elementeissä materiaalina käytettiin suurimmaksi osaksi liimapuuta. Palaessaan liimapuukurakenteet säilyttävät kantavuutensa hyvinkin pitkään. Positiivisena puolena paloviranomaiset mainitsevat myös sen, että puun hiiltymisen etenemisestä voi päätellä melko tarkasti, kuinka paljon rakenteen kantokyvystä on jäljellä. Tämä lisää paloviranomaisten työskentelyturvallisuutta, koska sortumat pystytään ennakoimaan. [4, s. 182.]

Liimapuun palaessa sen pinnat syttyvät ja palo etenee tasaisesti puun sisään. Liimapuun pinnan hiiltymisnopeus on noin 0,7 mm minuuttia kohden. Hiiltynyt puu toimii lämmöneristeenä, mikä puolestaan hidastaa palon etenemistä ja parantaa liimapuun palo-ominaisuuksia. Palaminen on nopeampaa halkeamien ja metallisten osien kohdalla. Liimasaumojen palonkesto on parempaa kuin itse puumateriaalin. Liimapuun palamattomissa kohdissa liima säilyy vahingoittumattomana. Puurakenteiden hyvän lämmöneristävyyden ansiosta puurakenteiden palamattomien osien lämpötila pysyy pieninä (alle 100 °C), ja tästä syystä palon aikaiset lämpöliikkeet jäävät alhaisiksi. Verrattuna teräsrakenteisiin puurakenteisiin ei tule palon aikana yhtä suuria muodonmuutoksia.

Siksi liimapuurunkoisen rakennuksen kokonaisvahingot tulipalossa jäävät pienemmiksi kuin teräsrakenteisissa rakennuksissa. Myös paloraivaustyöt ovat nopeampia ja edullisempia, koska käytetään yksinkertaisempia työkaluja. [4, s. 183–184.]

## 2.8 Rakennusaikainen palonesto

Puukerrostalorakentamisen yksi suurista riskeistä on rakentamisen aikana syntyvät tulipalot. Rakennustyömailla ei voida välttyä tulitöiltä. Työmailla tehdään tulitöiden valvontasuunnitelma, missä määritetään kohteen tulityöalueet sekä työvaiheet, joissa tarvitaan tulityölupaa. Työmaalla valitaan vastuuhenkilö tulityölupien myöntäjälle. Työmaan aluesuunnitelmaan merkitään pelastus-, ajo- ja jalankulkutiet. Suunnitelmassa merkitään räjähdysaineiden varastot, palavien nesteiden säilytyspaikat sekä alkusammuttimien sijainnit. [5, s. 1.]

Työmaan rakennusaikaisen paloturvallisuuden muistilista:

- Tulitöitä saa tehdä vain tulityökortin omistava henkilö sekä tulityöluvalla.
- Käsिसammutin on oltava työpisteen välittömässä läheisyydessä kun tehdään tulitöitä.
- Tulitöitä tehtäessä on järjestettävä jälkivartiointi.
- 27A 144BC käsिसammuttimet oltava kerroksittain siten, että jokaista 300m<sup>2</sup> kohden on vähintään yksi sammutin.
- Tupakointi on sallittu vain merkityillä alueilla, työmaa-alueen ulkopuolella.
- Aluesuunnitelmaan on merkitty sammuttimien sijainnit sekä poistumistiet.
- Työntekijöille annetaan toimintaohjeet alkusammutuksesta ja alkusammutuskalustosta perehdytyksessä.
- Helposti syttyvät materiaalit varastoidaan niille määrättyihin paikkoihin. [5, s. 1–3]

## 2.9 Lopullinen palonestojärjestelmä

Puukerrostalojen lopulliseksi palonestojärjestelmäksi yli 2-kerroksisiin kerrostaloihin asennetaan aina sprinklerijärjestelmä. Tyypillisimpiä sprinklerijärjestelmiä on perinteinen märkäjärjestelmä ja vesisumujärjestelmä.

## 2.10 Korkeapainevesisammutusjärjestelmä




Kivistön puukerrostalokohteeseen on valittu korkeapainevesisumujärjestelmä, koska järjestelmä tarvitsee vähemmän vettä kuin esimerkiksi normaali märkäsprinklerijärjestelmä. Erilaisten sprinklerityyppien ominaisuudet nähtävillä alla olevasta kuvasta [Kuva 2]. Tällä järjestelmällä pyritään välttämään rakenteiden liikakastelua palotilanteissa. Tästä aiheutuisi kosteusvaurioriskejä rakenteille. Kivistöön asennettiin korkeapainevesisammutusjärjestelmä juuri sen vähäisen vedenkäytön takia. Suuttimet asennettiin parvekkeille, huoneistoihin sekä yleisiin tiloihin. Järjestelmä on myös vaaraton ihmiselle ja ympäristölle, koska sammuttamiseen käytetään puhdasta vettä. [1, s. 141.]

Korkeapainevesisammutusjärjestelmän sammutusominaisuudet:

- Jähdyttää, höyrystyessään vesi sitoo lämpöä suuren määrän.
- Intertoiminen, jossa vesi laajenee höyrystyessään yli 1700-kertaiseksi, jolloin happipitoisuus pienenee ja palo voi tukahtua kokonaan.
- Voi estää palamattomien pintojen syttymisen sekä hidastaa palamisnopeutta.

*Pieni pisarakoko ei sinällään takaa hyviä palontorjuntaominaisuuksia. Vesisumun on myös saavutettava palokohde eli tunkeuduttava tulipalon aiheuttamien ylöspäin suuntautuvien virtausten läpi palokohteeseen. Vesisumun palontorjuntaominaisuudet määräytyvät kolmen tekijän perusteella:*

1. Mikropisaroiden kokojakauma
2. Pisaroiden määrä
3. Tunkeutumiskyky tulipaloon

Sprinklerityyppi	Tyypillinen pisarakoko (mm)	Pisaroiden määrä litrassa vettä	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )
 Tyypillinen sprinkleri	1–5	15 000–2 miljoonaa	1–6
 Matalapaineinen vesisumu	0,2–1	2 miljoonaa–250 miljardia	6–30
 Korkeapaineinen vesisumu	0,025–0,2	250 miljoonaa–150 miljardia	30–250

*(Martoff Corporation Oy)*

Kuva 2. Erilaisten sprinklerityyppien vesisumujen pisarakoot ja vedenmäärä [1, s. 142.]

### 3 Kosteudenhallinta puuelementtiasennustöissä

”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei siitä aiheudu sen käyttäjille tai naapureille hygienia- tai terveysriskiä kosteuden kertymisestä rakennuksen osiin tai sisäpinnoille. Rakennuksen näiden ominaisuuksien tulee normaalilla kunnossapidolla säilyä koko taloudellisesti kohtuullisen käyttöiän ajan.” [6, s. 3.]

Rakennushankkeeseen ryhtyvä on velvollinen huolehtimaan siitä, että lopputuote ja hankeprosessi noudattavat Suomen lakeja ja viranomaisohjeita. Tällä tarkoitetaan sitä, että rakennushankkeeseen ryhtyvä luo edellytykset hankkeen rakennusvaiheen kosteudenhallinnan onnistumiselle. Yksi kosteudenhallinnan työkaluja on kosteudenhallintasuunnitelma, jolla pyritään työmaalla ennakoimaan ja ehkäisemään kosteuden aiheuttamat riskit. [7, s. 93.]

Puuelementtien asennustöiden kosteudenhallinta on tärkeä osa-alue laadunhallinnassa, koska puuelementit ovat erityisen herkkiä kosteusvaurioille. Tästä syystä on suositeltavaa, että puuelementtirakenteiset kohteet toteutettaisiin aina sääsuojan alla, kuten tämän opinnäytetyön kohteessa. Puuelementtirakentamisen etuna kosteudenhallinnan kannalta on se, että elementit rakennetaan kuivissa olosuhteissa ja sisätiloissa. Elementtien korkean valmiusasteen ansiosta työmaa-aikainen rakentaminen vähenee, jolloin kosteusriskit pienenevät. [1, s. 172.]

Suurimpina puuelementtien kastumisriskinä voidaan pitää elementtien kuljetusta tehtaalta työmaalle, sekä elementtien välivarastointia työmaalla. Elementtien kuljetuksessa on tärkeää suojata elementit kastumiselta. Pienemmät elementit voidaan kuljettaa esimerkiksi rekan kontissa, mutta suurempien elementtien sääsuojaus on toteutettava suojamuoveilla. [1, s. 173.]

Puukerrostalon kosteudenhallinta lähtee jo suunnittelijan työpöydältä: eri rakennusvaiheet, työntekijöiden perehdytys ja motivointi, työvaiheiden suunnittelun toteutus. Tunnistetaan riskikohdat ja valmistaudutaan niihin.

#### 3.1 Materiaalivirrat ja materiaalien suojaus

Kaikki säältä suojattavat materiaalit ja elementit tulee suojata siten, ettei kosteusvaurioita pääse syntymään. Kivistön kohteessa materiaalien sekä elementtien suojaus on suunniteltu jo logistiikasta lähtien [Kuva 3]. Tällä tarkoitetaan sitä, ettei työmaalle varas-

toida mitään ylimääräisiä materiaaleja etukäteen, ja jos jotain materiaaleja tai elementtejä varastoidaankin, ne suojataan tarvittavin toimenpitein. Työmaan materiaalitoimitukset toteutetaan JOT-toimituksina, jolloin turhia riskejä materiaalien kosteusvaurioille ei pääse syntymään ja kaikki kuljetukset tapahtuvat säältä suojattuina.

Erilaisilla materiaaleilla on omat suojausohjeet, joista on hyvä tietää kosteudelle herkimpien materiaalien säilytystavat. Puuelementtien suuren valmiusasteen vuoksi työmaalla ei tarvitse säilyttää suuria määriä erilaisia rakennusmateriaaleja.



Kuva 3. Elementit suojataan muoveilla kuljetuksen ajaksi.

### 3.2 Kuivaketju

Kuivaketjulla tarkoitetaan kosteudelta suojattavien rakennusosien ja materiaalien, kuten elementtien kuivana pitoa valmistuksesta asentamiseen asti. Kuivaketju on verrattavissa esimerkiksi ruokatarvikkeiden kylmäketjuun. Kylmäketju ei saa katketa missään vaiheessa, tai ruoka voi pilaantua. Samalla tavalla kuivaketju ei saa katketa, koska tällöin riski materiaalien tai elementtien kosteusvaurioille kasvaa.

Kuivaketju-ajattelumallilla estetään rakenteiden ja materiaalien kastumista tehtaalla, kuljetuksen aikana sekä työmaalla. Rakenteiden tai materiaalien pilaantumisen seurauksena ei myöskään synny materiaalihukkaa tai kuivatustarvetta, joka vaikuttaa suoraan työmaan kustannuskuluihin.



### 3.3 Kuivaketju tehtailla

Kuivaketjun varmistaminen lähtee jo materiaalien valmistusvaiheesta tehtaalla [Kuva 4]. Seinä-, väliseinä- ja kattoelementtien toimittaja Koskisen Oy:ltä Janne Inkinen kertoo sähköpostissaan [9.], kuinka yrityksessä varmistetaan materiaalien kuivaketju: ”Kuivaketjuhan lähtee jo materiaalitasolta. Puutavaran kosteudet mitataan ja puuta tasaannutetaan sisällä. Eristeet ja levyt ovat katetuissa suojuissa jne.”

”Valmiit elementit pakataan elementtikohtaiseen suojamuoviin ja elementtipaketit kutistemuoviin. Elementtipakettien säilytys tapahtuu ulkona, mutta kutistemuovissa. Talotehtaalle tulevan puutavaran kosteudet kirjataan ja dokumentoidaan tehtaalla.” [9.]



Kuva 4. Suurelementin valmistusta 14-metrisellä mittapöydällä Koskisen Oy:n elementtitehtaalla.

Pilarien ja palkkien toimittaja [Kuva 5] Pölkky Oy:n tuotantopäällikkö Arto Airisniemi kertoi, kuinka yrityksen tehtaalla kuivaketjusta huolehditaan: ”Pilarit ja palkit säilytetään ulkohalleissa 5-sivun muovilla suojattuna. Kuljetuksissa käytetään umpinaisia autoja ja pilarit + palkit on aina suojattu em. tapaan. Puut säilytetään tasaisten pohjien päällä jotta taipumia ei pääse syntymään.”



**Kuva 5. Pölkky Oy:n valmistamat tuulitunnelin liimapuusta valmistetut pilaripalkistot.**

### 3.4 Kuivaketju työmaalla

Elementtien kuivaketju varmistetaan työmaalla siten, että elementtipaketit tarkastetaan niiden saapuessa työmaalle ja jos puutteita elementtien suojauksissa havaitaan, korjataan elementtisuojat välittömästi. Elementit varastoidaan työmaalla säältä suojattuina paketeissaan ja paketit avataan vasta juuri ennen paikalleen nostoa teltan alla.

Kivistön kohteessa on käytössä sääsuoja, joka on varusteltu moottoroiduilla teräsra-  
kenteisilla vaakapalkeilla, joiden varaan hallinosturi asennettiin. Gibson Tower -  
sääsuojaa nostetaan kerrosten mukana samaan aikaan aina harjakorkeuteen asti [Ku-  
va 6]. Sähkomoottoreilla varustetut työtasot teltan sisällä jättävät maanpinnalle tilaa  
esimerkiksi materiaalien varastoinnille ja muille asennustöille. Tämä luo lisää työtilaa

ahtaissa kohteissa, missä tavallinen sääsuoja ei toimisi yhtä hyvin. Teltan koko on 65 x 28 metriä sekä korkeus 25 metriä. Hallinosturin kapasiteetti on 3,2 t, jolloin erillistä nosturia ei puuelementtiasennukseen tarvita. Sääsuoja siirretään työmaan aikana kolme kertaa vuorotellen rakennuksen eri lohkojen peitteeksi. Sääsuojan avulla katkeamaton kuivaketju varmistuu myös asennuksen aikana.



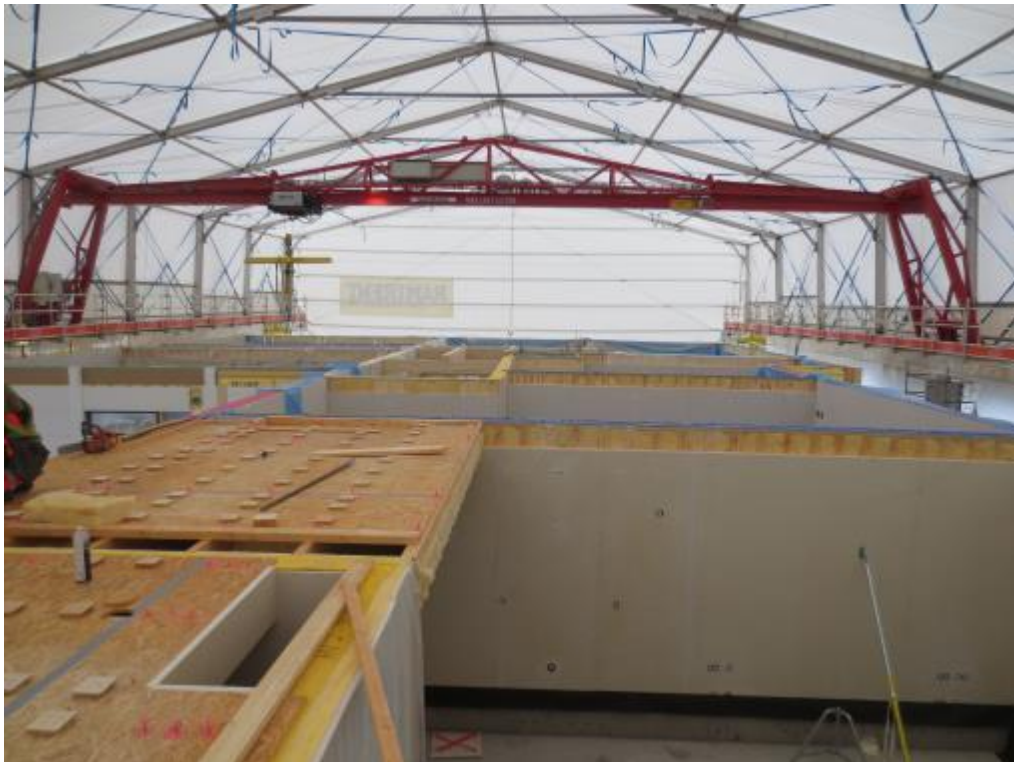
Kuva 6. Gibson Tower -sääsuoja Vantaalla, Kivistön kohteessa.

Sääsuojan edut:

- lyhyt läpimenoaika
- ei hukkaa rakennusmateriaaleista
- pieni kuivatus- ja lämmitystarve
- lumitöiden väheneminen
- kosteus ei pääse väärin paikkoihin
- valoisa työmaa
- siltanosturin helppokäyttöisyys
- kuivat olosuhteet työskennellä.

Sääsuojan haitat:

- sääsuojan siirtoajat
- sääsuojan nostoista aiheutuneet keskeytykset
- siltanosturin kaapelirikkoja
- siltanosturin kaapeli jumiutui ratakiskoihin
- korkea hinta.



Kuva 6. Välipohjien asennusta, sääsuoja sisällä.

## 4 Puuelementtien tuotanto

Puukerrostalojen rakentaminen lisää työllisyyttä puuteollisuuden monilla eri aloilla. Ennen kuin tehtaalta saadaan työmaille valmis puutuote tai puuelementti, on sitä ennen puu kulkenut monen tuotantolinjan kautta. Puuteollisuus on käynnistynyt varoen puurakentamiseen yleistymiseen, uusia tuotantolinjoja on kehitetty vähän. Puurakentamisella on suora vaikutus lisäävänä ominaisuutena kansantalouteen.

### 4.1 Liimapuu

Liimapuulla tarkoitetaan laudoista tai lankuista yhteen liimattua rakenne-elementtiä, jossa puun syyt ovat samansuuntaiset elementin pituussuunnan kanssa. Liimapuu valmistetaan vähintään neljästä lamellista. Alle neljästä lamellista kasattuja palkkeja kutsutaan liimatuksi rakennepuutavaraksi. Yleisin lamellin paksuus on 45 mm, jolloin liimapuun vähimmäiskorkeus on 180 mm. [2, s. 104–105.]

Liimapuun raaka-aineena käytetään uusiutuvaa luonnonvaraa ja se voidaan käytön jälkeen palauttaa luonnon kiertokulkuun ilman haitallisia ympäristövaikutuksia. Puutuotteiden käyttö sitoo hiiltä varastoon ja siten hidastaa ilmastonmuutosta. Pitkällä aikavälillä puu on hiilineutraali, koska uudet puusukupolvet sitovat edellisten vapauttaman hiilen itseensä. Suomessa raaka-aineena käytetään kotimaista havupuuta, useimmiten kuusta. Liimapuu on suhteessa omaan painoonsa terästäkin vahvempaa. [2, s. 104.]

### 4.2 Suurelementtien valmistus

Kivistön puukerrostalon seinäelementit valmistettiin Vierumäellä Herralan talotehtaalla. Yläpohjaelementit valmistetaan Koskisen Oy:n sahatehtaan tiloissa. Välipohja- ja parveke-elementit valmistettiin VVR Wood Oy:n tehtaalla Vierumäellä.

Koskisen Oy investoi suurelementtien tuotantolinjaan vuonna 2013. Linjastolla pystytään rakentamaan mittatarkasti maksimissa 4 x 14-metrisiä puuseinäelementtejä. Seinäelementit valmistetaan suurelementtilinjan kääntöpöydällä kuivissa ja hyvin valaistussa tehdasoloissa. Nämä olosuhteet varmistavat puuelementtien hyvän laadun ja mittatarkkuuden. Kohde on suunniteltu 0-toleranssilla.



Suurelementit tehdään yleisimmin rankarakenteisesti; Kivistön kohteessa elementtien runko on tehty liimapuusta ja sahatavarasta. Seinäelementit [Kuva 7] on kasattu runkoltolpista sekä niitä yhdistävistä ylä- ja alasidepuista. Seinäelementeissä käytettiin mitalistettua sahatavaraa C24 ja liimapuuta GL30cs.



**Kuva 7. Huoneiston ulkoseinän valmistusta Koskisen Oy tehtaalla.**

Puuelementeillä on suurempi valmiusaste kuin betonielementeissä, valmiissa väliseinäelementissä on höyrynsulku, eristeet sekä sisäverhouslevytys. Ulkoseinäelementeissä on valmis maalattu ulkoverhous, ikkunat, ovet sekä pellitykset. Elementteihin on asennettu valmiiksi talotekniikan läpiviennit. Työmaalla asennetaan jälkikäteen ulkoseinäelementtien liitoskohtiin ulkoverhous.

Ulkoseinäelementit koostuvat seuraavista materiaaleista:

- liimapuu GL30cs
- sahatavara 22 x 100
- lämmöneriste mineraalivilla
- ulkoverhous GIANTtpanel ja betonikuitulevy
- tuulensuojaeriste RKL-31
- tuulensuojakipsilevy GTS9
- sisäverhouslevytys, normaali kipsilevy GN 13 ja palosuojattu kipsilevy GF 15
- PE-kalvo.



**Kuva 8. Ulkoseinäelementti asennettu paikoilleen Kivistön kohteessa.**

Väliseinäelementit koostuvat seuraavista materiaaleista:

- sisäverhouslevytys, normaali kipsilevy GN 13 ja palosuojattu kipsilevy GF 15
- mineraalivilla
- liimapuu GL30cs.

Välipohjaelementit [Kuva 9] koostuvat seuraavista materiaaleista:

- rakennuslevy OSB/3
- liimapuu GL30cs
- sahatavara 32 x 73
- lämmöneriste, mineraalivilla
- ääniranka AP25
- sisäverhouslevytys, normaali kipsilevy GN 13 ja palosuojattu kipsilevy GF 15.



Kuva 9. Kuvassa on esitetty välipohjaelementti kasattuna VVR Wood Oy:n tehtaalla.



Yläpohjajaelementit koostuvat seuraavista materiaaleista:

- kumibitumikatehuopa, TL2, K-MS 170/3000 alushuopa
- kertokate 18mm
- puhallusvillaeriste, kivivilla
- Ristikot, Kerto-S 42 x 300/400
- sahatavara 32 x 73
- rakennuslevy OSB/3
- PE-kalvo
- sisäverhouslevytys, palosuojattu kipsilevy GF15
- ulkoverhous GIANTtpanel ja betonikuitulevy.



Kuva 10. Yläpohjajaelementin valmistusta Koskisen Oy tehtaalla.

## 5 Logistiikka

Logistiikan toimivuus työmaalla on erittäin tärkeää työn etenemisen kannalta. Kohteet aikataulutetaan toivotulla tavalla, ja urakoitsijan huolehtii, että työt valmistuvat aikataulujen mukaisesti. Työmaalle luodaan hankesuunnitelma, jonka avulla tiedetään, mitä materiaaleja ja tuotteita tarvitaan eri rakentamisen vaiheissa. Puuelementit ja kosteudelle herkäät materiaalit tilataan työmaalle JOT-toimituksina. Sillä varmistetaan että materiaalit asennetaan rakennukseen kuivina ja pilaantumattomina. Työmaalle ei ole järkevää tilata ylimääräistä tavaraa varastoitavaksi. Puuelementtitehtaan ja työmaan on pidettävä yhteyttä koko elementtiasennuksen ajan. Työmaalle oli suunniteltu elementtien asennusjärjestys rakennesuunnittelijan toimesta, jonka mukaan työmaa tilasi elementit puuelementtitehtaalta. On erittäin tärkeää sujuvan elementtiasennuksen kannalta, että tehtaalla ja työmaalla tiedetään mitä elementtejä on valmistuksessa, tulossa työmaalle ja toimitettu työmaalle.

Puuelementtien suuren koon vuoksi myös työmaan logistiikan täytyy toimia hyvin, elementtipaketit vievät paljon tilaa ja myös niiden siirroille täytyy olla riittävästi tilaa. Kivistön kohteessa oli kaksi elementtien välivarastointipaikkaa ja elementtien siirtoja varten työmaalle hankittiin kurottaja.

Elementteihin käytetty puutavara on kotimaista, puutavaraa kului noin 3 000 kuutiota, mikä vastaa 120 tukkirekallista. Puutavara jalostettiin Kuusamossa Pölkky Oy:n jalostamana, josta valmiit puutuotteet kuljetettiin puuelementtitehtaille. Elementtitehtailta puutuotteista jatkojalostettiin puuelementtejä, elementtikuormia tehtailta työmaalle kertyi yli 200 kpl.

Kivistön kohteen puukerrostalon elementtien kiinnitys ja jäykistys tehtiin ruuvaamalla. Puuruuveja käytettiin 60 000 kpl.

## 6 Työmenekit

Työmenekkitietoja käytetään vertailtaessa eri töiden kestoja ja kustannuksia. Työmenekillä tarkoitetaan aikaa, jonka työntekijä, työryhmä tai kone tarvitsee yhden suoriteyksikön aikaansaamiseen, esimerkiksi tth/kpl. Työmenekikäsitteitä ovat mm. T3-aika, T4-aika ja TL3-kerroin. T3-ajoilla tarkoitetaan tavoitteellisia työmenekkejä, jotka eivät sisällä yli tunnin kestoisia häiriöitä ja keskeytyksiä työn aikana. T3-aikoja käytetään rakentamisvaihe- ja viikkoaikataulun luomiseen sekä tehtävänsuunnitteluun. T4-aika tarkoittaa kokonaisaikaa, joka sisältää kaikki työhön kuluneet tunnit, myös tauot ja keskeytykset. T4-aikaa käytetään kustannusten arviointiin ja yleisaikataulun tekemiseen. TL3-kertoimella tarkoitetaan lisäaikakerrointa. Lisäaikakerroin koostuu yli tunnin mittaisista keskeytyksistä, työkonien ja -laitteiden rikkoutumisista ja huolloista, odotusajoista, tapaturmista ja säähaitoista, pois lukien pakkaspäivät. T4-aika lasketaan seuraavan kaavan mukaan:  $T4 = TL3 \times T3$  [8, s. 63.]

Työmenekkiä ja työsaavutusta laskettaessa otetaan huomioon erilaisia vaikuttavia tekijöitä. Näitä ovat mm. [8, s. 22.]

- suoritemäärän vaikutus harjaantumiseen
- työryhmän koko, kokemus ja ammattitaito
- kohteen koko ja vaativuus
- rakenneratkaisut ja rakennustekniikka
- koneiden ja kaluston kapasiteetti ja kunto
- ulkoiset olosuhteet
- palkkaustapa
- työnsuunnittelun onnistuneisuus
- työmaa- ja työpaikkajärjestelyt.



Kuva 11. A-lohkon toisen kerroksen puuelementtien asennusta, mitattavia asioita kuvassa on nostotyön kesto, sekä asennuksen kesto väliaikaistuille.

### 6.1 Työmenekkien laskenta

Työmenekki saadaan, kun jaetaan tahdistavan työryhmän työtuntimäärä työsaavutuksella, esimerkiksi elementtiasennustyöryhmän asennustöihin käyttämät työtunnit jaettuna elementtien lukumäärällä. Tämä tulos tulee jakaa vielä työryhmän henkilöiden lukumäärällä, jos halutaan selvittää yhden työntekijän työntekijätunnit elementtiä kohden. Näin saatu tulos kuvaa karkeasti yhden elementin asennuksen kestoa. [10, s. 12.]

### 6.2 T4-työmenekkien laskentaesimerkki

Laskentaesimerkinä käytetään kohteen A, A1-lohkon toisen kerroksen ulkoseinäelementtien työmenekkilaskelmaa:

ASENNUSRYHMÄ	TYÖTUNNIT	ELEMENTTIEN LUKUMÄÄRÄ	TYÖMENEKKI
3 RAM	193	14	4,6

$$tth = 193h \div 14kpl = 13,79tth/kpl \rightarrow 13,79tth/kpl \div 3hlö = 4,6h/kpl$$

Kaava 1. T4-työmenekkien laskentaesimerkin kaava.

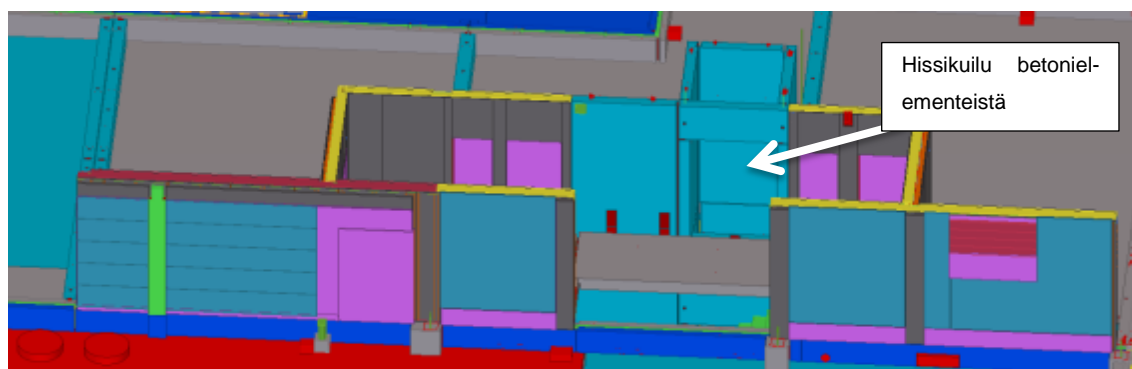
### 6.3 Puuelementtien asennus

Ennen puuelementtien asennuksen aloitusta puuelementtien asennusryhmälle ja työjohdolle pidettiin puuelementtiasennuskoulutus puurakennesuunnittelijan toimesta. Sekä tehtiin puuelementtiasennussuunnitelma, ja pidettiin aloituspalaveri johon osallistui vastaava mestari, elementtiasennustyönjohtaja sekä asennusryhmä. Asennusryhmälle oli jaettu taso- ja leikkauspiirustukset, elementtiluettelo sekä muut tarvittavat asiakirjat [13.]. Puuelementtiasennus ei työvaiheiltaan juurikaan poikkea betonielementtiasentamisesta. Merkittävin ero on se, että puuelementtien liitoskohtien saumoja ei valeta sekä se, että elementtien kiinnitys tehdään ruuvein. Kivistön kohteessa puuelementit asennettiin ensimmäisen kerroksen betonielementtien päälle, joten betonielementin ja puuelementin vaakaliitokseen tulee juotosbetonointi, sekä kiristystangot, jotka kiristetään suunniteltuun kiristysmomenttiin ennen juotosvalua. Puuelementtiasennusryhmässä toimi kolme rakennusammattimiestä, joista yksi toimi siltanosturin käyttäjänä elementtien nostojen aikana.

Ennen asennusta tarkistetaan, että työkohte on kunnossa ja tarvittavat mittaukset ja merkinnät on tehty sekä työkoneet ja -välineet ovat kunnossa.

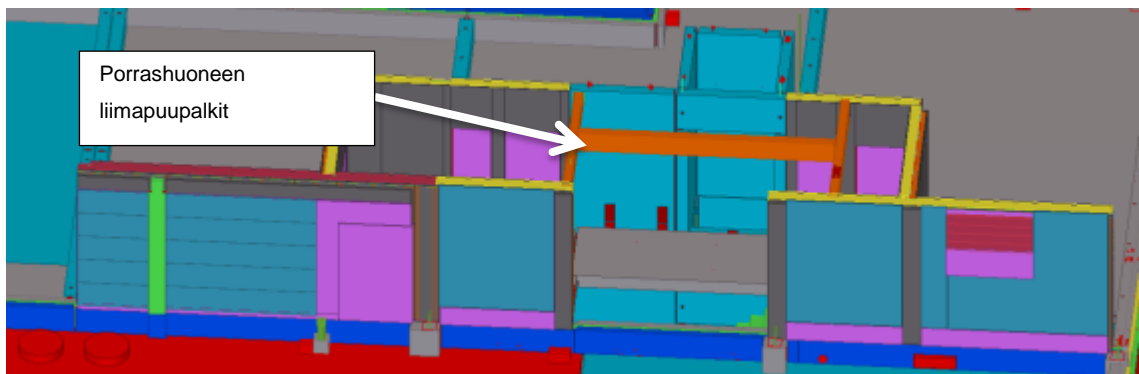
### 6.4 Puuelementtien asennusjärjestys

Kivistön työmaalla puuelementtien asennusjärjestyksen suunnitteli kohteen rakennesuunnittelija. Kaikissa lohkoissa on kaksi erillistä porrashuonetta joiden mukaan lohkot ovat jaettu vielä kahteen osaan A-lohkolla A1- ja A2-lohkoihin. Asennus tapahtuu porrastettuna. Asennus aloitettiin A1-lohkon hissikuilun ja porrashuoneen seinien asentamisesta [Kuva 12].



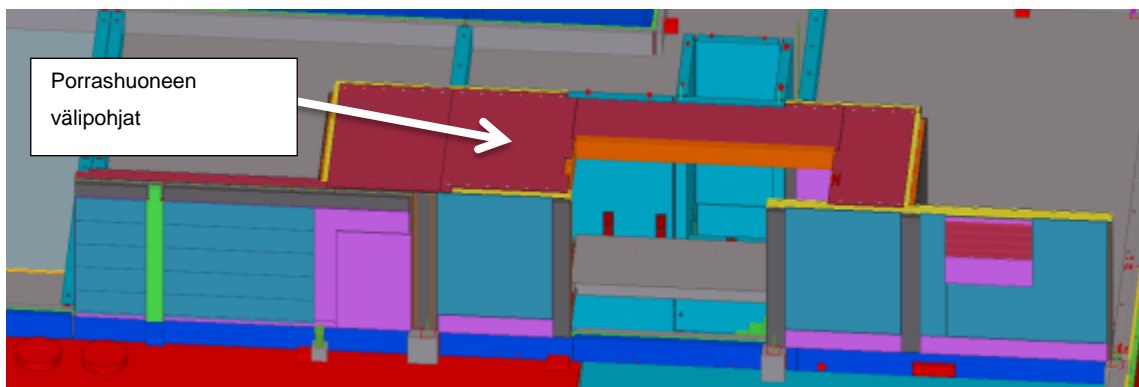
Kuva 12. A1-lohkolla asennettu porrashuoneen seinä- ja hissikuiluelementit [11.].

Porrashuoneen liimapuu porraskalkit asennetaan hissikuiluun ja seinäelementteihin kiinni [Kuva 13].



**Kuva 13. A1-lohkolla porrashuoneen liimapuupalkit asennettu [11.].**

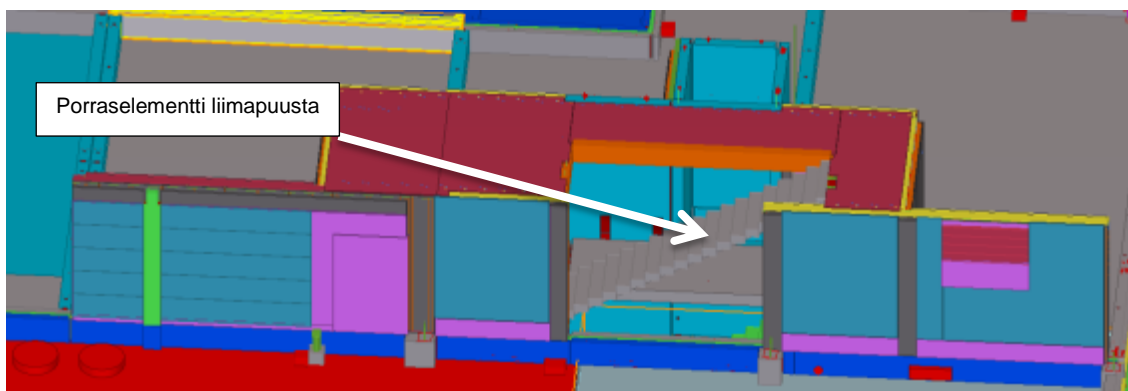
Seuraavaksi porrashuoneen välipohjat asennetaan porraskalkkien ja seinäelementtien päälle [Kuva 14], jonka jälkeen voidaan asentaa porrasedimentit paikoilleen [Kuva 15].



**Kuva 14. A1-lohkolla porrashuoneen välipohjat asennettu [11.].**

Porrasedimenttien asennuksen työvaiheet:

- elementin paikan mittaus ja merkintä
- elementtipakkauksen avaus ja purku
- nostopuomin kiinnitys elementin nostolenkkeihin
- elementtien nosto asennus paikalle
- nostopuomin irrotus elementin nostolenkeiltä ja -lenkkien irrotus elementistä
- tarkastusmittaus ja mahdolliset korjaukset
- pysyvä kiinnitys.

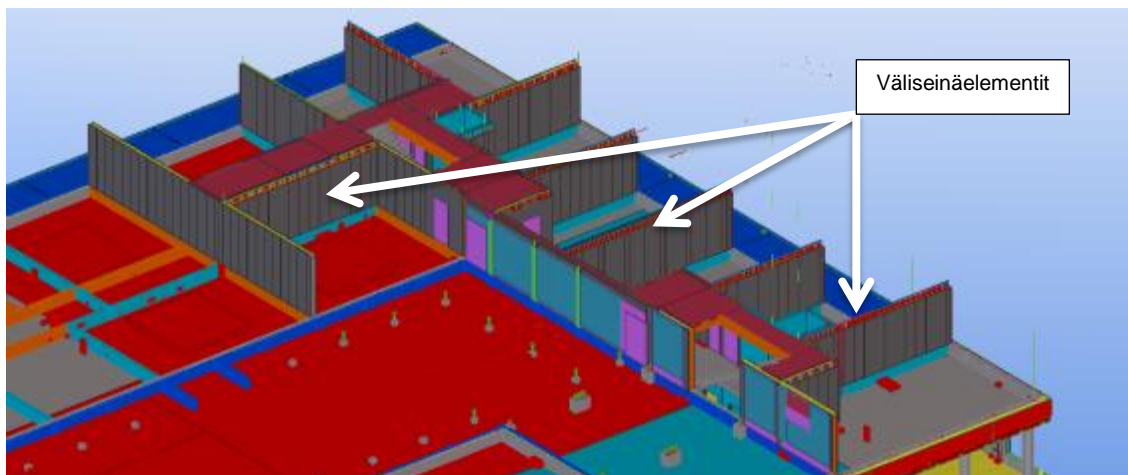


**Kuva 15. A1-lohkolla portaat asennettu [11.].**

Elementtiasentamisessa siirrytään tässä vaiheessa A2-lohkolle, missä elementit asennetaan samassa järjestyksessä kuin A1-lohkolla. Sama järjestys toistuu seuraavissa kerroksissa vesikatolle asti. Molempien lohkojen porrashuoneet on asennettu joten seuraavaksi asennetaan huoneistojen väliseinien elementit ensin A1-lohkolle sitten A2-lohkolle [Kuva 16].

Väliseinien asennuksen työvaiheet:

- elementin paikan mittaus ja merkintä
- elementtipakkauksen avaus ja purku
- nostopuomin kiinnitys elementin nostolenkkeihin
- elementtien nosto asennus paikalle
- elementtien tukipinnoille asennetaan 2 x EPDMp-kumitiiviste.
- paikalleen asentaminen, villakaistale kiinnitetään seinien pystysaumoihin
- väliaikaistukien kiinnitys elementtiin ja välipohjaan
- nostopuomin irrotus elementin nostolenkeiltä ja -lenkkien irrotus elementistä
- tarkastusmittaus ja mahdolliset korjaukset
- elementit kiinnitetään toisiinsa ruuveilla, kulmarauodoilla ja vetotangoilla detalji kuvien mukaan.



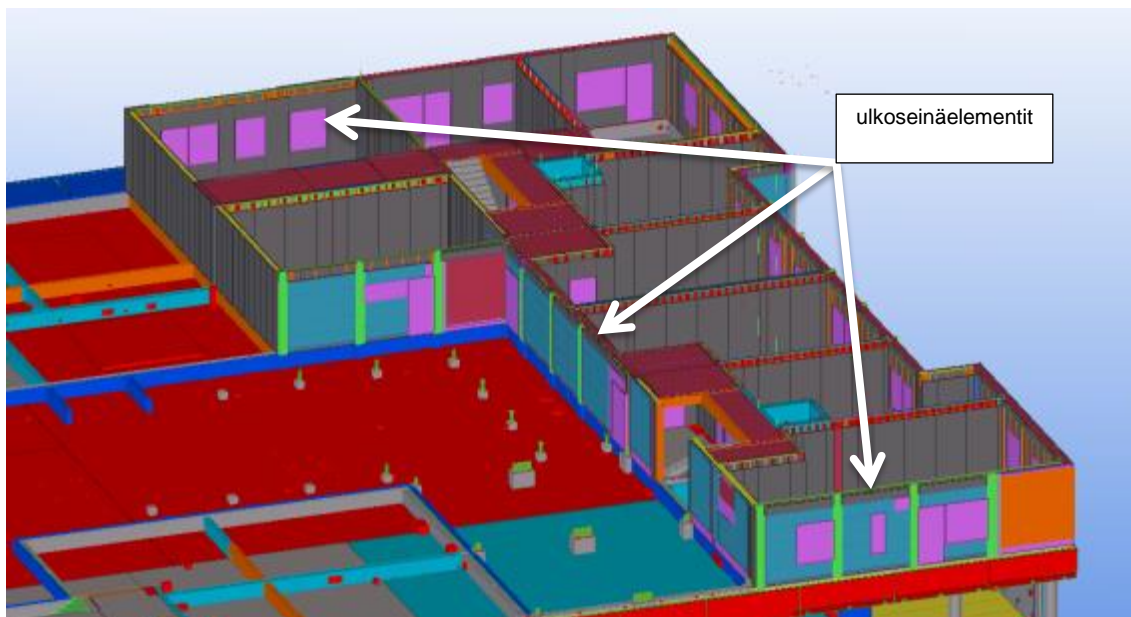
Kuva 16. A1- ja A2-lohkojen väliseinät asennettu [11.].

Seuraavana asennetaan ulkoseinät [Kuva 17] koko lohkolle jonka jälkeen asennetaan välipohjat seinien päälle. [Kuva 18].

Ulkoseinien asennuksen työvaiheet:

- elementin paikan mittaus ja merkintä
- elementtipakkauksen avaus ja purku
- nostopuomin kiinnitys elementin nostolenkkeihin
- elementtien nosto asennus paikalle
- elementtien tukipinnoille asennetaan 2 x EPDMP-kumitiiviste ja paisuva tiivistysnauha ulkoreunan tiivistykseen
- paikalleen asentaminen, villakaistale kiinnitetään seinien pystysaumoihin
- väliakaistukien kiinnitys elementtiin ja välipohjaan
- nostopuomin irrotus elementin nostolenkeiltä ja -lenkkien irrotus elementistä.
- tarkastusmittaus ja tehdään mahdolliset korjaukset
- elementit kiinnitetään toisiinsa ruuveilla, kulmaraudoilla ja vetotangoilla detalji kuvien mukaan.

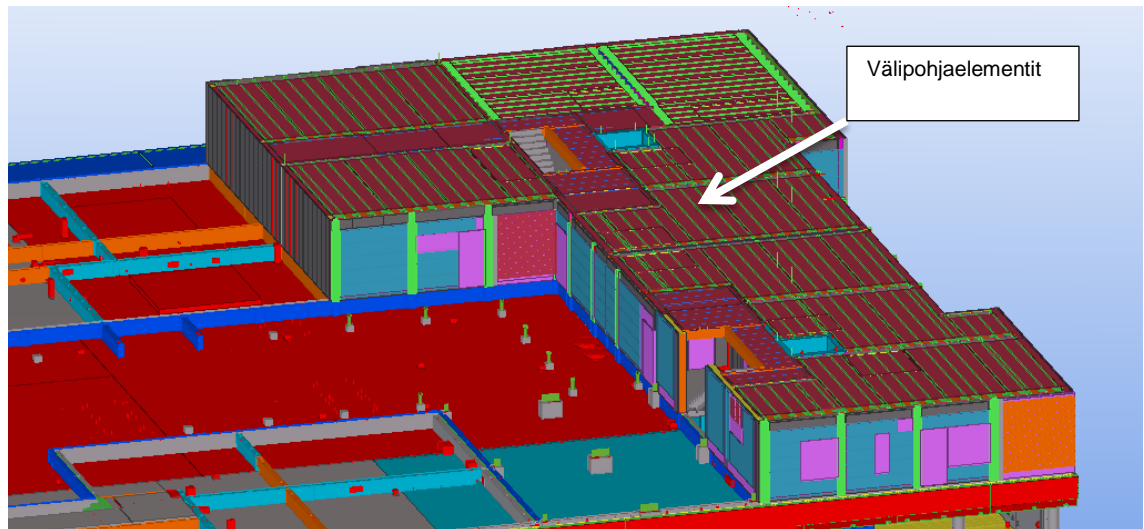




Kuva 17. A1- ja A2-lohkojen ulkoseinät asennettu[11.].

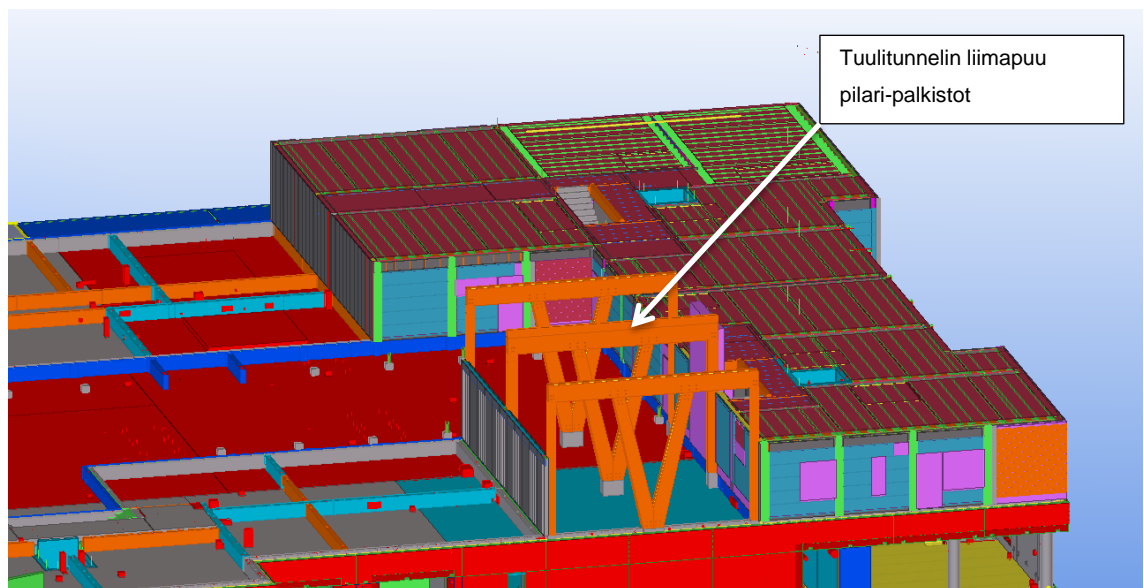
Välipohjien asennuksen työvaiheet:

- elementin paikan mittaus ja merkintä
- elementtipakkauksen avaus ja purku
- nostopuomin kiinnitys elementin nostolenkkeihin
- elementtien nosto asennus paikalle
- elementin paikoilleen asentaminen
- väliaikainen tuenta tehdään työntötuilla, väliaikaistuennan saa purkaa 2 viikkoa välipohjan valutöiden jälkeen
- nostopuomin irrotus elementin nostolenkeiltä ja -lenkkien irrotus elementistä.
- tarkastusmittaus ja tehdään mahdolliset korjaukset
- Elementit kiinnitetään toisiinsa ruuveilla, kulmarauodoilla ja vetotangoilla detalji kuvien mukaan.



Kuva 18. A1- ja A2-lohkojen välipohjat asennettu [11.].

Porrastuksen hyödyt tulevat esille 3. kerroksessa jossa ensin asennetaan A1- lohkon kaikki seinäelementit paikoilleen, jonka jälkeen voidaan aloittaa lattiavalujen esivalmistelutyöt sekä valaa lattiat samanaikaisesti A2-lohkon elementtiasennuksen kanssa.



Kuva 19. Sisäpihan tuulitunnelin liimapuu pilari-palkistot asennettu [11.].

## 7 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyössä on haastateltu työmaaorganisaation eri jäseniä ja haastattelut ovat tapahtuneet työmaalla. Haastatteluista on tehty muistio ja muistiinpanoja. Opinnäytetyössä on käytetty haastatteluista saatuja tietoja työkaluina työmenekkien laskennassa. Haastattelumenetelmiä on ollut erilaisia, ennalta suunniteltuja haastatteluista, vapaa-  
muotoisempia haastatteluista sekä puhelin- ja sähköpostihaastatteluista. Haastattelukysymykset on valittu siten, että on saatu vastauksia työmenekkitaulukon luomiseen. Puuelementtiasennuksen työnjohtajalta kysyttiin työmaalla ja puhelimitse työmaan eri työvaiheista ja niiden kestoista. Kohteen suunnitelmista selvitettiin puuelementtien kiinnitystavat ja työmaalla ne mitattiin työvaiheen ollessa käynnissä. Puuelementtien kosteudenhallinta on erittäin tärkeää, joten työnjohtajalta kysyttiin, kuinka sääsuoja on toiminut, ja onko siinä havaittu ongelmia. Myös puuelementtien kuljetuksen aikainen suojaus on tärkeää, ja haluttiinkin tietää, missä kunnossa puuelementtien suojaukset ovat olleet kuormien saapuessa työmaalle. Puuelementtiasennuksen työskentelytavat ovat uusia asennusryhmälle, ja heiltä kysyttiin asennuksen työskentelytavoista ja ongelmakohdista.

### 7.1 Mittaukset työmaalla

Tätä opinnäytetyötä varten mitataan monia eri puuelementtiasennukseen liittyviä työsuoritteita T3- ja T4-aikoina. A-, B- ja C-lohkon T3-aika mittaukset on tehty kellottamalla eri työvaiheita ja -suoritteita. Mittaukset on tehty työmaalla. Lisäksi on mitattu ajallisesti puuelementtiasennustöihin liittyvää työmaalogistiikan toimintaa. Mittauksissa kelloitettiin myös kuorman purkuaika [Kuva 20]. Puuelementtipaketeissa on 3 - 6 elementtiä niputettu yhteen. Jokainen puuelementti paketti on numeroitu ja puuelementtien tunnuksat kirjattu kuormakirjoihin. Opinnäytetyössä on käytetty T4-aikojen laskemiseen RKL Reponen Oy:n omia mittaustuloksia, kuten elementtiasentajien työnjohtajan tuntikirjanpitoa sekä asennusryhmän omaa elementtiasennuspäiväkirjaa.

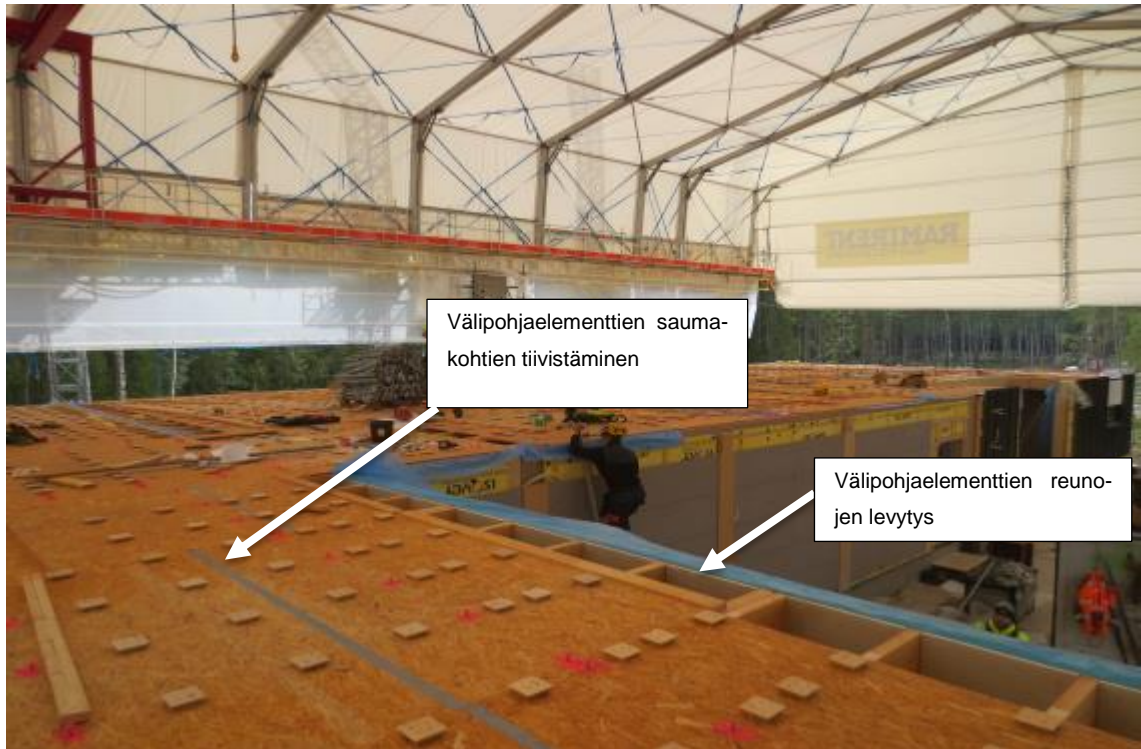


**Kuva 20. Puuelementikuorman purku käynnissä työmaalla.**

Opinnäytetyössä tarkasteltiin myös huoneistojen lattioiden valutöiden esivalmisteluiden kestoa, koska A-lohkoa tehdessä huomattiin esivalmistelutöiden vievän yllättävän paljon aikaa. Lattioiden valut ovat puuelementiasennuksen tahdistava työvaihe, koska seuraavan kerroksen välipohjia ei voida kiinnittää, ennen kuin kaikki materiaalit esimerkiksi alakattojen ja väliseinien Gyproc-levyt on nostettu kerroksiin.

Lattiavalujen esivalmistelujen työvaiheet tarkemmin lueteltuna:

- välipohjien reunojen levytys [Kuva 21]
- välipohjien saumakohtien tiivistys teippaamalla [Kuva 21]
- I-terästen ruuvaus
- rauditus verkkojen nostot ja asennus
- lattialämmitys putkien asennus [Kuva 22].



Kuva 21. Välipohjaelementtien reunojen levytys, saumojen tiivistäminen lattiavalua varten.



Kuva 22. Lattialämmitysputkitustyö käynnissä.



Puuelementtiasennuksen kellotuksen työvaiheet listattuna:

- Purku: Puuelementtikuorman saavuttua työmaan purkupaikalle irrottaa kuljettaja elementtien kiinnitykset.
- Välivarastointi: Kurottaja purkaa elementtikuorman suoraan rekasta ja vie elementit välivarastointipaikkaan.
- Siirto nostopaikalle: Pakettien numeroinnin mukaan trukki siirtää elementtipaketit sääsuojan nosto paikalle.
- Noston valmistelu: Nostopaikalla pakettien suojamuovit puretaan ja kiinnitykset irrotetaan.
- Nosto ja asennusaikainen tuenta: Elementit nostetaan nostopaikalta siltanosturilla ja asennetaan elementit väliaikaisille tuille [Kuva 23] ennen lopullista kiinnitystä.
- Lopullinen kiinnitys: Kun kaikki kerroksen seinä tai välipohjaelementit oli asennettu paikoilleen, kiinnitettiin elementit lopullisesti ruuvaamalla.



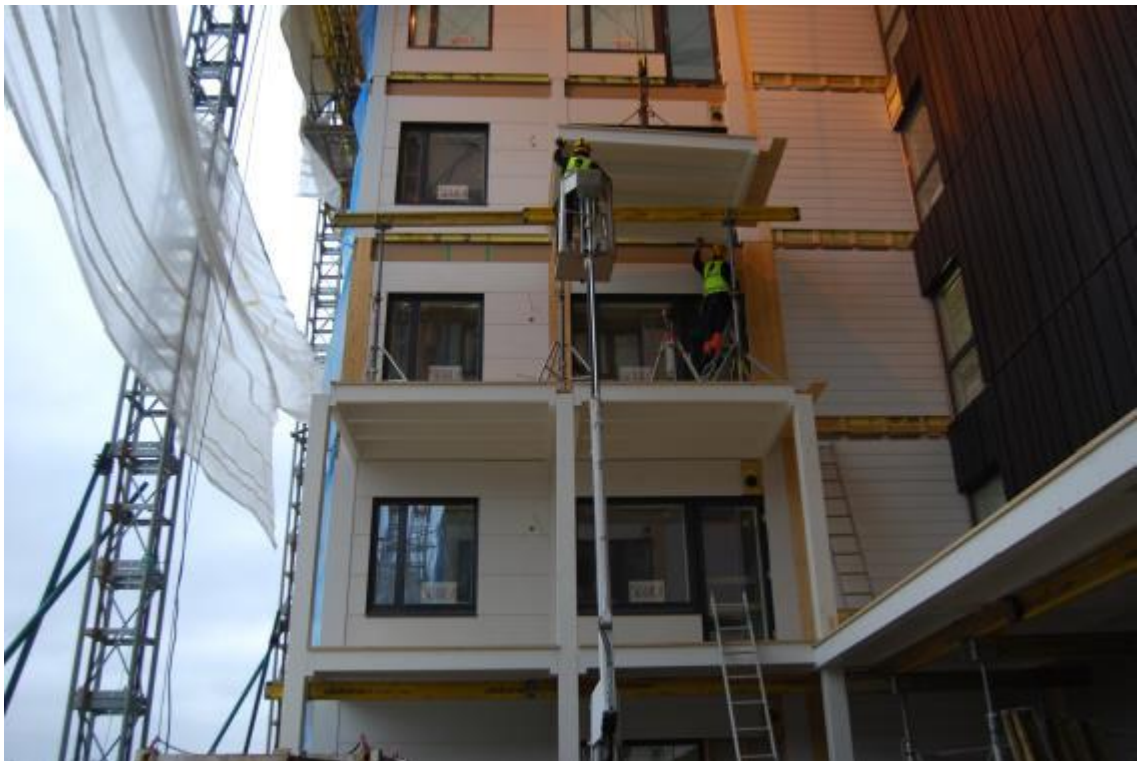
**Kuva 23.** Kuvassa on esitetty puuelementtien asennusaikainen tuenta.

## 7.2 Mittaukset A-lohko

Mittaustyö A-lohkon aikana on tehty työmaalla viikoittain ja mittaustyötä on tehty työmaan vaiheen mukaan sekä työmaan dokumenttien pohjalta. A-lohkon konkreettinen kellotustyö on tehty aina siitä työvaiheesta, joka on ollut työmaavierailun aikana sillä

hetkellä käynnissä työmaalla, ja muuna aikana mittaustulokset on otettu yrityksen omista dokumenteista, sekä työmaalla tapahtuneiden haastatteluiden perusteella.

A-lohkolla mitattiin pilari-laattaparvekkeen [Kuva 24] T3- ja T4-ajat, parvekkeiden asennus osoittautui hitaaksi, minkä takia parvekkeiden asennusta tehtiin silloin, kun rungon asennustyö oli keskeytynyt tai teltan nosto tai siirtotyö oli käynnissä. Parvekelementtien asennuksesta ei saatu tarkkoja T3- ja T4-aikamittaustuloksia jolloin tuloksista ei ole hyötyä yritykselle myöhemmissä kohteissa. Päätettiin, että parvekeasennus jätetään pois menekkilaskelmista B- ja C-lohkoissa.



**Kuva 24. Pilari-laattaparvekkeiden asennusta.**

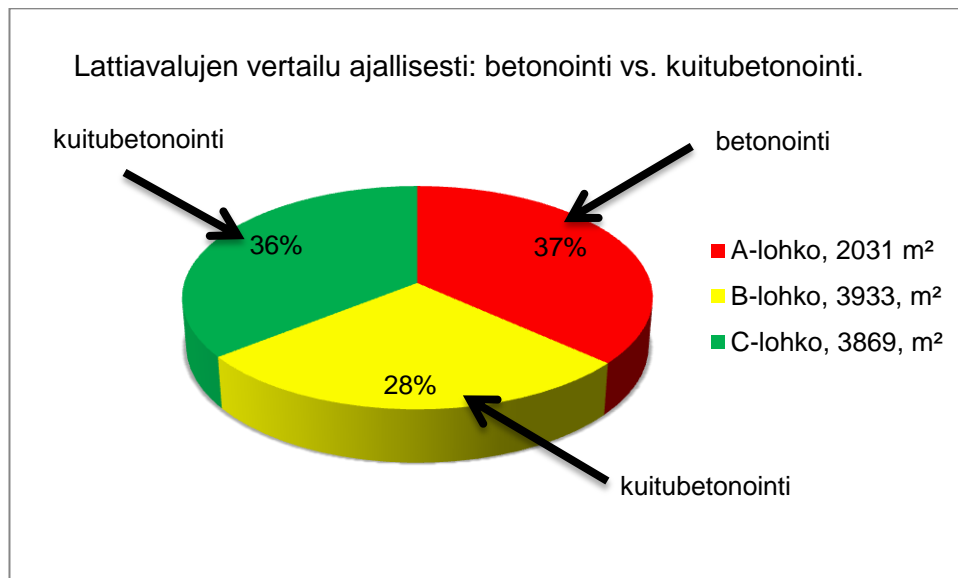
### 7.3 Mittaukset B- ja C-lohko

B- ja C-lohkojen T4-aikojen mittaustiedot kerättiin pääosin Rakennusliike Reposen tuntikirjanpidosta, työnjohtajan kalenterimerkinnöistä sekä asennusryhmän elementtiasennuspäiväkirjasta. Työmaalla vierailtiin 2 kertaa kuukaudessa, sekä viikoittain oltiin yhteydessä työnjohtajan kanssa. B- ja C-lohkojen puuelementtiasennuksen aikana pystyttiin tarkistamaan T3-aikojen mittaustuloksia. Tuloksia vertailtiin työmaalla kellottamalla

samoja työvaiheita useampaan kertaan. Tuloksien keskiarvo aika kirjattiin T3-työmenekki dokumenttiin.

#### 7.4 Kuitubetonointimittaukset

B- ja C-lohkoilla siirryttiin lattiavaluissa kuitubetonointiin, koska A-lohkon lattiavalutöiden esivalmistelut veivät liikaa aikaa. Kuitubetonoinnin oletettiin olevan nopeampi tapa valaa huoneistojen lattiat. Kuitubetonoinnissa jäi työvaiheista pois rauditusverkkojen nostot sekä asennus. Tunnit on otettu yrityksen tuntikirjanpidon lattiavalulitteran mukaan. Kuitubetonointi osoittautui nopeammaksi työtavaksi. B- ja C-lohkot ovat noin kaksi kertaa A-lohkon kokoiset ja C-lohko on hieman monimuotoisempi mikä vaikuttaa työskentelyn nopeuteen. Esivalmistelutöihin kulunut aika oli samaa suuruusluokkaa A- ja C-lohkoilla. Kuvasta [Kuva 25] näkyy, kuinka ajallisesti A-lohkon esivalmistelutöihin on kulunut enemmän aikaa muihin lohkoihin verrattuna. Kuitubetonoinnista ei laskettu T4-työmenekkejä, koska työryhmän koko vaihteli 2–8 rakennusmieheen.



Kuva 25. Prosenttikuvaaja lattioiden betonoinneista.

#### 7.5 T4-työmenekkitulokset

T4-työmenekkien tulokset saatiin laskemalla Rakennusliike Reposen asennusryhmän tuntikirjanpidosta. Tuntikirjanpidosta kerättiin oikean litteran mukaan kaikki työtunnit ja kirjattiin ne ylös Excel-tiedostoon. Tunnit jaettiin päivämäärien sekä asennusryhmän



koon mukaan. Kohteen rakennekuvista laskettiin jokaisen kerroksen puuelementtien lukumäärät. Exceliin luotiin T4-aikojen laskentakaava, johon syötettiin tuntimäärät sekä elementtien kappalemäärät, jolloin saatiin työtehotunnit per kappale. Työtehotunnit per kappale jaetaan asennusryhmän koon mukaan, josta saadaan tulokseksi aika, joka kuluu elementin asennukseen.

Työmenekit on laskettu lohkoille A, B ja C. Työmenekit koostuivat ulkoseinä-, väliseinä-, välipohja- ja porrasedelementtien, ”tuulitunnelin” pilari-palkkirakenteiden ja yläpohjaelementtien työmenekeistä sekä porraspalkkirakenteiden asennustyöstä.

#### 7.5.1 A-lohkon T4-työmenekkien keskiarvolliset laskentatulokset

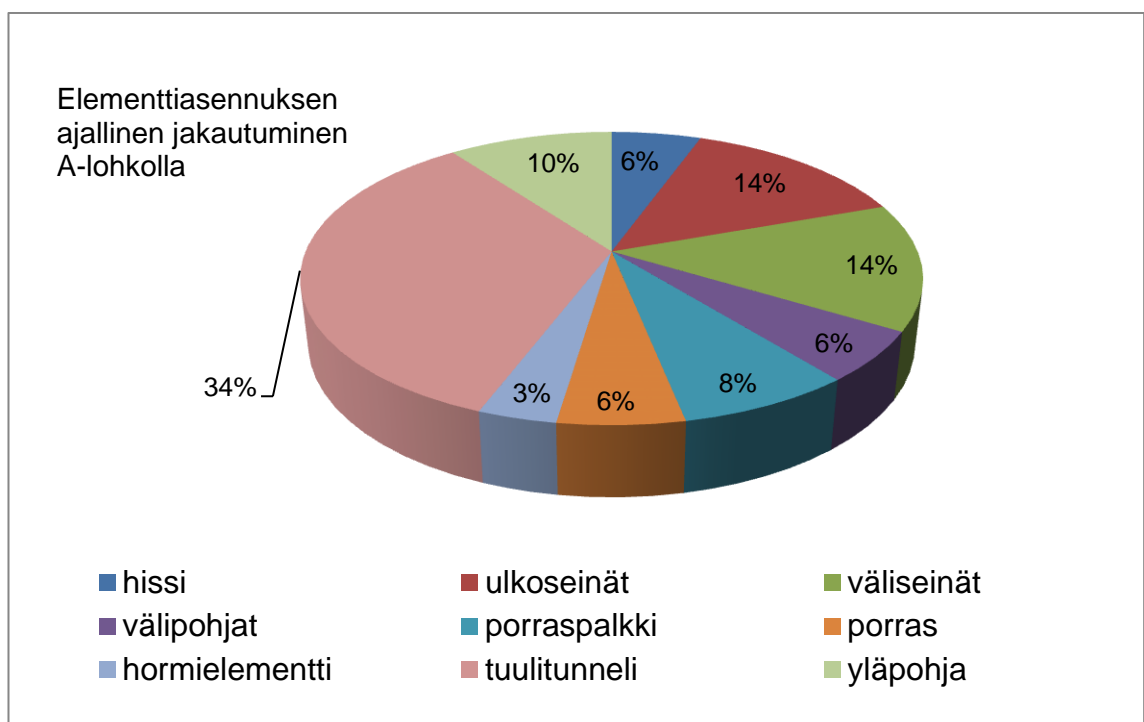
Alla esitetty elementtikohtaiset T4-työmenekkitulokset:

- ulkoseinäelementtiasennustöiden T4-työmenekki 2,02 tth/kpl
- väliseinäelementtiasennustöiden T4-työmenekki 2,02 tth/kpl
- välipohjaelementtiasennustöiden T4-työmenekki 0,80 tth/kpl
- porraspalkkiasennustöiden [Kuva 26.] T4-työmenekki 1,11 tth/kpl
- porrasedelementtiasennustöiden T4-työmenekki 0,8 tth/kpl
- yläpohjaelementtiasennustöiden T4-työmenekki 1,47 tth/kpl
- tuulitunnelin pilari palkistoasennustöiden T4-työmenekki 1,84 tth/kpl.



**Kuva 26. Porraspalkit asennettuina.**

Tämän opinnäytetyön aikana tapahtuneiden puuelementtien asennustöiden jakautuminen A-lohkolla näkyy alla olevasta kuvasta [Kuva 27]. Tuulitunnelin pilaripalkiston suuri prosenttiosuus selittyy sillä, että elementtisuunnittelijat olivat suunnitelleet tuulitunnelin pilaripalkistot liian pienellä asennusvaralla, eikä tehtaalla suoritettu pilaripalkistojen koekasausta. Tämä johti siihen, että ennen elementtien asennusta niitä jouduttiin työstämään melko paljon työmaalla ennen varsinaista asennustyötä. Myös porraspalkkien asennusnopeus oli hidasta suhteessa palkkien määrään. Porrashuoneen seinäelementteihin olisi tehtaalla kuulunut loveita palkkien paikat. Näitä ei ollut kuitenkaan tehty, joten palkkien paikat jouduttiin loveamaan työmaalla. Muissa elementtityypeissä ei ollut suuria yllätyksiä prosenttiosuuksien osalta.



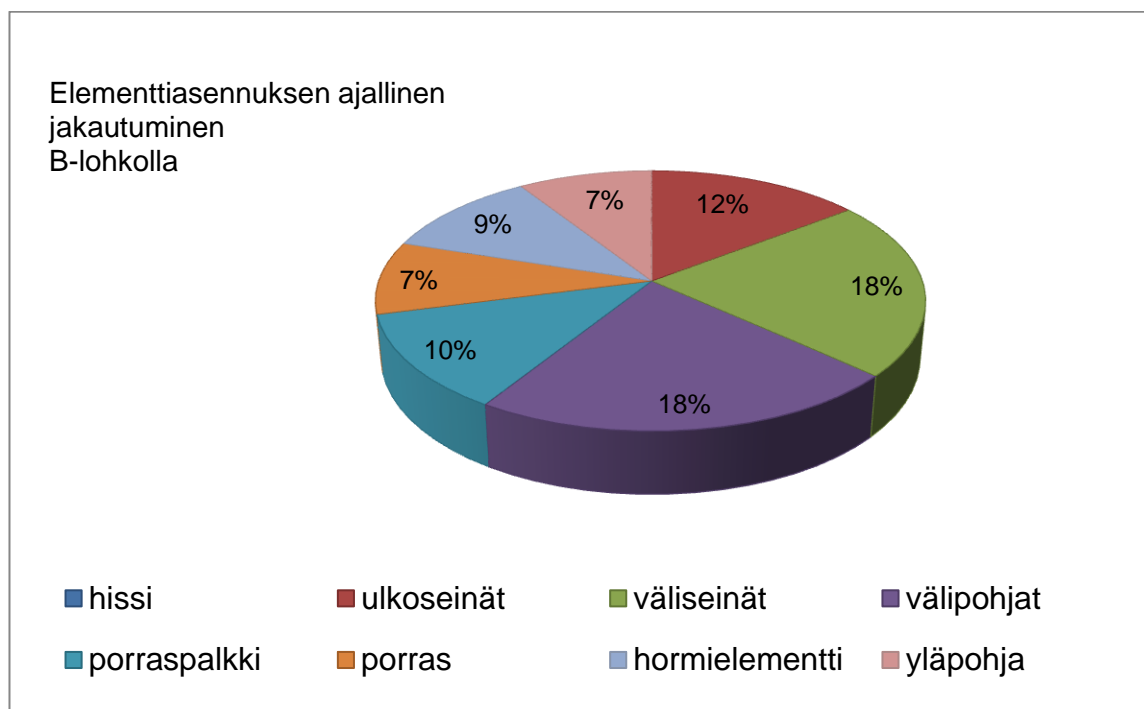
Kuva 27. Elementtiasennukseen kuluneen kokonaisajan jakautuminen A-lohkolla.

### 7.5.2 B-lohkon T4-työmenekkien keskiarvolliset laskentatulokset

Alla esitetty elementtikohtaiset T4-työmenekkitulokset:

- ulkoseinäelementtiasennustöiden T4-työmenekki 1,22 tth/kpl
- väliseinäelementtiasennustöiden T4-työmenekki 1,22 tth/kpl
- välipohjaelementtiasennustöiden T4-työmenekki 0,66 tth/kpl
- porraspalkkiasennustöiden T4-työmenekki 0,5 tth/kpl
- porrasedimenttiasennustöiden T4-työmenekki 0,6 tth/kpl
- yläpohjaelementtiasennustöiden T4-työmenekki 1,20 tth/kpl.

B-lohkon ajallinen jakautuminen on esitetty alapuolisessa kuvassa [Kuva 28]. Elementtiasennusryhmän työtavan oppiminen näkyy B-lohkon puuelementtiasennusnopeuksien muuttumisella. Huomattava ero on seinäelementtien asennusnopeudessa verrattuna A-lohkoon. Tuloksiin vaikuttaa myös sääsuojan siltanosturin vikojen väheneminen B-loholla.



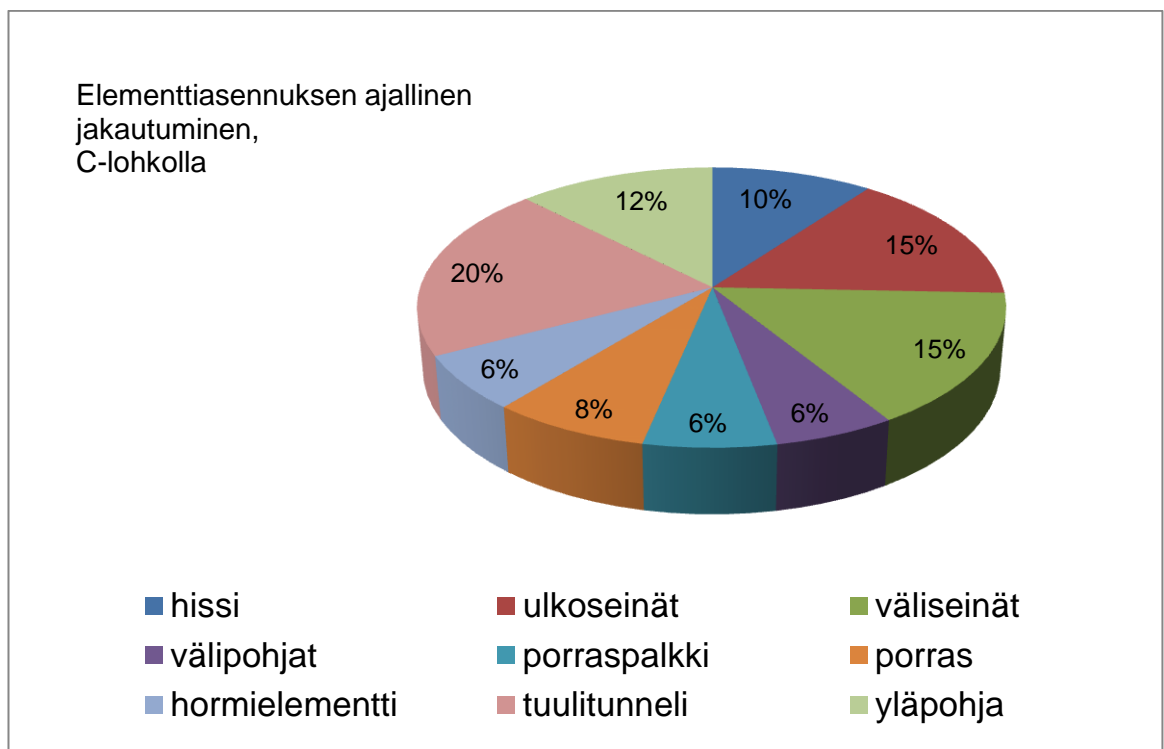
Kuva 28. Elementtiasennukseen kuluneen kokonaisajana jakautuminen B-loholla.

### 7.5.3 C-lohkon T4-työmenekki keskiarvot laskentatulokset

Alla esitetty elementtikohtaiset T4-työmenekkitulokset:

- ulkoseinäelementtiasennustöiden T4-työmenekki 1,22 tth/kpl
- väliseinäelementtiasennustöiden T4-työmenekki 1,22 tth/kpl
- välipohjaelementtiasennustöiden T4-työmenekki 0,46 tth/kpl
- porraskiaskiasennustöiden T4-työmenekki 0,5 tth/kpl
- porrasedimenttiasennustöiden T4-työmenekki 0,6 tth/kpl
- yläpohjaelementtiasennustöiden T4-työmenekki 0,98 tth/kpl.
- tuulitunnelin pilari palkkiasennustöiden T4-työmenekki 1,6 tth/kpl.

B-lohkon asennuksen ajan jakautuminen näkyy alla olevasta kuvasta [Kuva 29]. Lohkon B-tuloksiin verrattuna työmenekki tulokset ovat pieniä. Voidaan todeta, että ensimmäisessä lohossa harjoiteltiin asennusta ja seuraavissa lohkoissa osattiin jo asennustapa.



Kuva 29. Elementtiasennukseen kuluneen kokonaisajan jakautuminen C-lohkolla.

## 7.6 T3-työmenekkidokumentti

T3-työmenekit laskettiin työmaalla kellottamalla puuelementtiasennuksen työvaiheita. Kellotustulokset kirjattiin työmaalla ylös, ja myöhemmin kellotustuloksista laadittiin T3-työmenekkitaulukko [Liite 1]. Kellotusaikoja mitattiin myös puuelementtien kuorman purku aika, elementtien siirrot väliavarastointipaikalle, kuljetusaikaisten suojien poisto sekä nostovalmistelut. T3-aikojen tulokset laskettiin kolmen rakennusammattimiehen työryhmällä. Seinäelementtien koko vaihteli kahdesta metristä aina 14 metrin pituuteen, joten oli järkevää laskea elementeistä 3 keskiarvollista pituutta joiden mukaan lopulliset työmenekkitulokset laskettiin. Liitteen 1 taulukkoon on kirjattu puuelementtiasennuksen eri työvaiheet ja niiden kestot. Liitteessä ei ole esitetty saatuja T3-aikoja, koska ne ovat yrityksen omaan käyttöön.

## 7.7 Tulosten pohdinta

Opinnäytetyössä laskettiin eri puuelementtityypeille työmenekit T4- ja T3-aikana. Tuloksia verrattiin betonielementtien työmenekkeihin Ratu- korteista, ja lopulliset T3-ajat on tarkistettu työmaalla C-lohkon 6 kerroksen asennustöiden aikana. Puuelementtien asennustöiden T4-työmenekit ovat yleisesti nopeampia verrattuna betonielementtien asennustöiden työmenekkeihin. Puuelementtien suurempi valmiusaste nopeuttaa kuitenkin sisätöitä niin paljon, että voidaan todeta puuelementtirakentamisen olevan noin 30 prosenttia nopeampaa kuin betonielementtirakentaminen kun verrataan seinäbetonielementtien Ratu-työmenekkiaikoja saatuihin puuelementtiseinien keskiarvollisiin T4-työmenekkiaikoihin.

Puuelementtien asennustöiden työmenekkejä vertailtaessa betonielementtirakentamisen työmenekkeihin voidaan todeta, että puuelementtien korkean valmiusasteen, helppomman työstettävyyden sekä asennusnopeuden ansiosta puuelementtirakenteisen kerrostalon kerrosnousunopeus on nopeampi kuin betonielementtirakenteisessa kerrostalossa. Tähän vaikuttaa myös se, että puuelementtien lopulliset kiinnitykset toteutetaan ruuvein, jolloin saumavalujen kuivumisaikoja ei tarvitse odottaa, kuten betonielementtirakenteisissa kerrostaloissa. Puuelementit ovat kevyempiä käsitellä, mikä edesauttaa asennustyöryhmän työntekoa. Lisäksi asennusryhmä työskentelee säältä suojassa hyvin valaistussa teltassa, mikä lisää työskentelymukavuutta ja turvallisuutta. Puuelementtirakenteiset kerrostalot toteutetaan pääsääntöisesti sääsuojan alla, jolloin

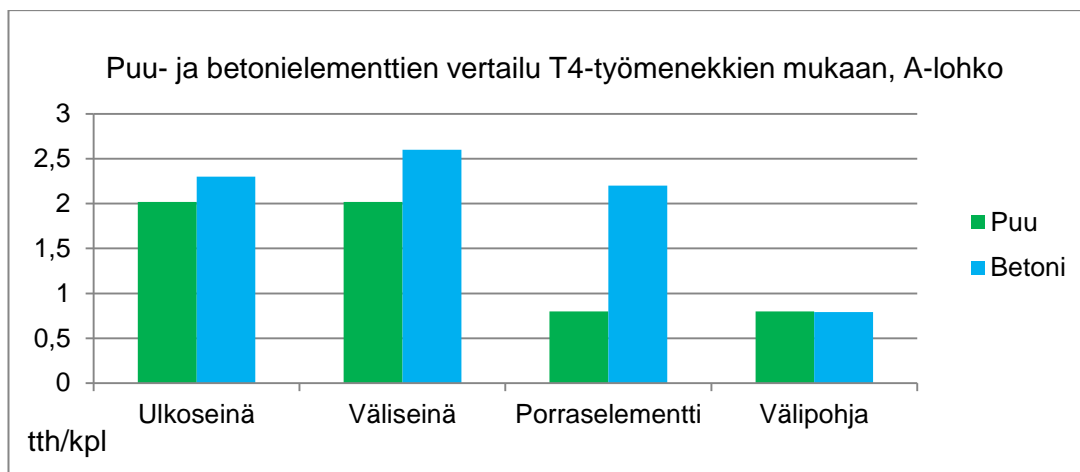
rungon kosteus on alhaisempi sisätöiden alkaessa. Tämä tarkoittaa sitä, että sisävalmistustyöt voidaan aloittaa nopeammin kuin betonielementtirakenteisissa kerrostaloissa. Sään vaikutus puuelementtirakentamiseen on suurempi kuin betonielementtirakentamiseen, koska puuelementit täytyy pitää täysin kuivana rakennusaikana.

Puuelementtien asennus tapahtuu säältä suojattuina, jolloin sään vaikutukset pienenevät, mutta vaikuttavia tekijöitä ovat silti kova tuuli, viistosade ja lumi. Teltan sivuille asennetaan nostojen yhteydessä tiheästi punotut verkot, jotka estävät viistosateen ja lumenpääsyä välipohjakentälle. Hidastavana tekijänä on myös sääsuojan korotus- ja siirtotyöt, mutta ne huomioidaan aikataulussa jo suunnitteluvaiheessa.

Suurelementtipuukerrostalon rungon työjärjestys poikkeaa betonikerrostalosta. Yleensä betonikerrostalo rakennetaan ensin runko ylös asti vesikatolle ja lähdetään tekemään seuraavat työvaiheet ensimmäisestä kerroksesta, kun taas tämän opinnäytetyön puukerrostalokohteessa voidaan aloittaa seuraavat työvaiheet rungon mukana. Kun seinä- ja välipohjien kiinnitykset oli tehty, voitiin aloittaa lattioiden valutyöt. Seuraavana tehtiin muut sisätyövaiheet, kuten kevyiden väliseinien teko, märkätilan teko sekä tasoitus- ja maalaustyöt.

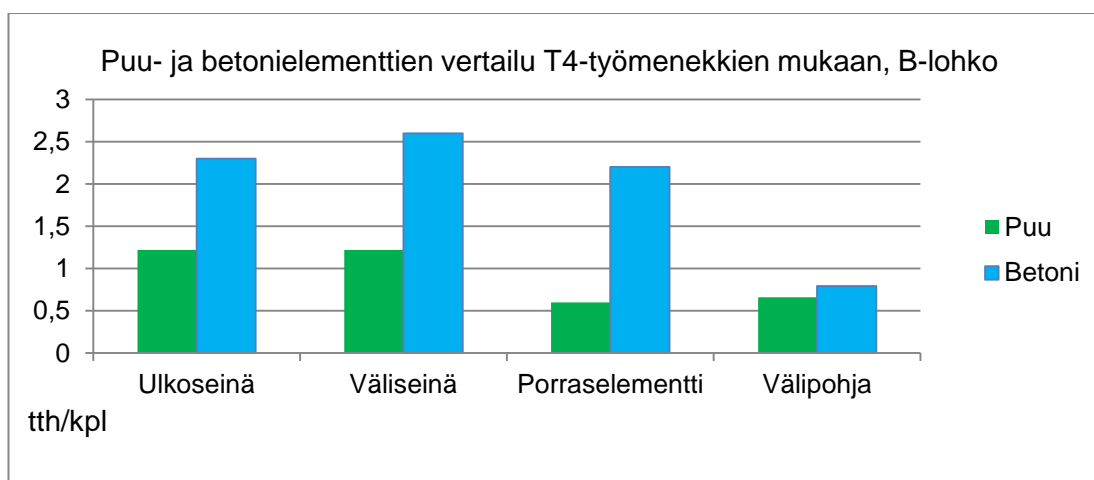
Puukerrostalon työjärjestys mahdollistaa useiden eri työvaiheiden teon lähes samaan aikaan. Kun seinäelementit ja välipohjat on asennettu paikoilleen, päästään aloittamaan lattiavalujen esivalmistelu- ja valutyöt. Valujen jälkeen sisätyövaiheita päästään tekemään heti. Kerroksissa valmistuu samanaikaisesti alakatot, väliseinät, märkätilat, sprinklereiden asennus, talotekniikan lopulliset asennukset sekä kiintokalusteet.

Opinnäytetyössä haluttiin tarkastella betoni- ja puuelementtien asennusnopeuksien eroja. Diagrammeissa käytettyjen betonielementtien T4-työmenekit on otettu Raturkortistosta [12.]. Betonielementtien ulkoseinä- ja väliseinätyömenekit on laskettu työryhmällä 2 rakennusammattimiestä + 2 rakennusmiestä, joten tulokset eivät ole ihan suoraan vertailukelpoisia. A-lohkon asennusnopeutta vertailtaessa betonielementtien asennusnopeuteen A-lohkokolla [Kuva 30] erot eivät ole kovin suuret, poikkeuksena suuri ero porraselementtiasennuksessa.



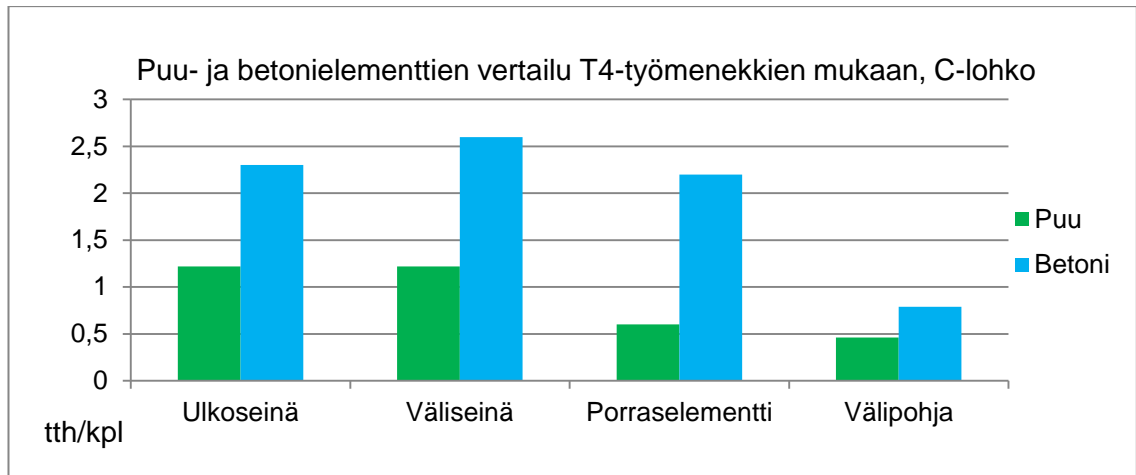
Kuva 30. Puu- ja betonielementtien vertailu T4-työmenekkien mukaan

B-lohkon T4-työmenekkien kestoissa on jo suurempi ero betoni- ja puuelementtien kesken [Kuva 31]. B-lohkon aikana puuelementtiasennusryhmälle on harjaantunut jo uuden työtavan oppiminen. B-lohkon elementtiasennus tehtiin talven 2015 aikana, jolloin myös oletetaan, että talvipäivät hidastaisivat asennusta. Näin ei kuitenkaan ollut sääsuojan takia.



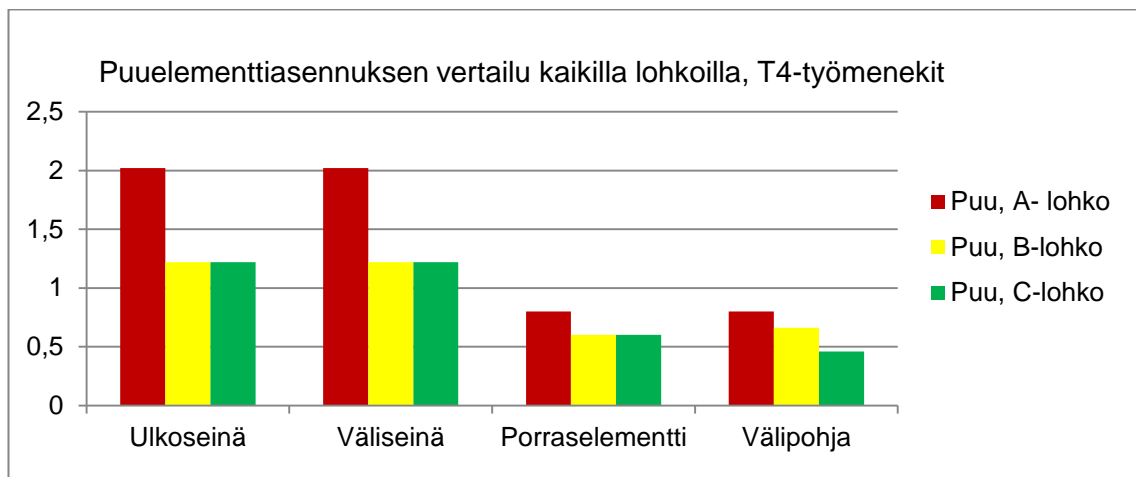
Kuva 31. B-lohkon puu- ja betonielementtien vertailu T4-työmenekkien mukaan

Voidaan havaita C-lohkon diagrammista [Kuva 32], että asennusnopeus on lähes yhtenevä B-lohkon kanssa, kun tarkastellaan T4-työmenekkejä. Ero on C-lohkon nopeammassa välipohjien ja porraselementtien asennusnopeudessa.



Kuva 32. C-lohkon puu- ja betonielementtien vertailu T4-työmenekkien mukaan

Puu- ja betonielementtiasennuksen diagrammivertailuissa oli selkeästi havaittavissa asennusryhmän asennusnopeuden muuttuminen. Puuelementtiasennuksen asennusnopeuden oppimisen muutokset on esitetty alla olevassa diagrammissa [Kuva 33] kohteen kolmen lohkon aikana.



Kuva 34. Puuelementtiasennuksen vertailu kaikilla lohkoilla, T4-työmenekit.

Puurunkoisten suurelementtien asennuksesta ei ole tehty Ratu-korttia tämän opinnäytetyön valmistumiseen mennessä, joten puuelementtiasennustöiden tuloksia ei voida verrata useamman kohteen mittauksiin. Tästä syystä tämän opinnäytetyön pienen otannan takia työmenekkilaskelmien tulokset saattavat muuttua useamman kohteen aikana työryhmän vaihtuessa ja työtavan harjaantuessa.



## 8 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Rakennusliike Reponen Oy:lle työmenekit puuelementtiasennustöissä. Tavoitteisiin päästiin, ja yritys on ottanut työmenekit käyttöön seuraavan kohteen aikataulusuunnitteluun.

Työmenekkien tulokset on tarkistettu työmaalla ja hyväksytetty asiakasyrityksellä. Tulokset ovat käyttökelpoisia, ja niistä on todennäköinen hyöty asiakasyrityksen tulevissa kohteissa. Työmenekkitulokset yllättivät, koska puuelementtirakentaminen ilmeni ennakoitua nopeammaksi. Myös elementtiasennustyöryhmän harjaantuminen näkyi selvästi työmenekkituloksissa. Työmenekkien tulokset eivät kuitenkaan ole yleispätevät, koska otanta oli niin pieni ja tarkastelun kohteena oli yksi elementtiasennusryhmä. Mutta yrityksen omaan käyttöön tulokset soveltuvat. Välipohjaelementtien asennusnopeus osoittautui erittäin nopeaksi, ja selkeästi lattiavaluja nopeutti myös työtavan muuttaminen. Työn tuloksesta elementtien työmenekkien vielä varmemmiksi tuloksiksi olisi saatu, jos työmaalla olisi pidetty tarkempaa kirjaa, kuinka monta ja etenkin mitä elementtejä asennettiin.

Mielenkiintoista oli päästä vierailemaan elementtivalmistajien tehtailla, ja nähdä konkreettisesti, millaisissa olosuhteissa ja kuinka elementit valmistetaan. Valmiiden elementtien käyttö minimoi työmaan materiaalien hukan ja on näin ollen kustannustehokasta ja ekologista.

Puutalojen tulipalot ja vesivahingot ovat ihmisten suurimpia huolen aiheita. Puukerrostaloa voidaan pitää paloturvallisena asuintalona sprinklerijärjestelmän ansiosta. Useimmiten palotilanteissa huoneiston irtaimistosta alkaa tulipalojen leviäminen, jonka jälkeen palo siirtyy rakenteisiin.

Puukerrostalojen rakentaminen sääsuojan alla on ehdottomasti kannattavaa vaikka se tuokin merkittäviä lisäkustannuksia. Sääsuoja lisää työskentelymukavuutta, työturvallisuutta, sekä kosteusriskien minimointia ja on laadunvarmistuksen kannalta ehdoton. Sääsuoja ja elementtien korkea valmiusaste mahdollistaa sisätöiden etenemisen rungon mukana vesikatolle asti, joka takaa nopean läpimenoajan rakentamiselle.

## Lähteet

1. Tolppanen, Janne. 2013. Suomalainen puukerrostalo. Tampere. Opetushallitus.
2. Siikanen, Unto. 2008. Puurakentaminen. Rakennustieto Oy.
3. Ijäs, Vesa. 2013. Puukerrostalojen rakentamisen esteet ja mahdollisuudet, Keskeisten suomalaisten rakentamis- ja kiinteistöalan sidosryhmien vertaileva asennemittaus, Tampereen Teknillinen Yliopisto, Väitöskirja.
4. Carling, Olle. 2002. Liimapuu käsikirja. Helsinki: Wood Focus Oy/Suomen Liimapuuyhdistys ry.
5. Ratu TT 4.1 Palontorjuntasuunnitelma. Rakennustieto Oy..
6. RT RakMK-21099s. C2 Kosteus. 1998. Helsinki.
7. RIL 250-2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. 2011. Helsinki: Suomen rakennusinsinööriliitto RIL ry.
8. Ratu KI-6023. Lindberg, Rita; Koskenvesa, Anssi & Sahlstedt, Satu. Aikataulukirja 2013. 2013. Helsinki: Rakennustieto Oy.
9. Inkinen, Janne. Koskisen Oy. Sähköposti. Luettu 28.9.2014.
10. Ratu KI-6026. Lahtinen, Matti; Koskenvesa, Anssi & Koistinen, Lauri. Rakennustöiden menekit 2015. 2014. Tampere: Rakennustieto Oy
11. Harri Moilanen puuelementtiasennuskoulutus, Vantaa 1.8.2014.
12. Ratu 7027. Työsaavutuksen-juliste. Rakennustieto Oy.
13. Valtionneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Lidp4720592>>.Luettu 26.10.2014.
14. Puurakentaminen ja onnellisuus. Verkkodokumentti. <<http://rakennustaito.fi/reports/>> Luettu 20.11.2015

15. Puumateriaalien terveysvaikutukset sisäkäytössä, kirjallisuuskatsaus. Verkko-dokumentti. <<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp320.pdf>>  
Luettu 20.11.2015



