

Risto Kotala

Fira Modules -kylpyhuonemuodulien vaikutukset työmaalle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

18.11.2018

Tekijä Otsikko	Risto Kotala Fira Modules -kylpyhuonemoduulien vaikutukset työmaalle
Sivumäärä Aika	26 sivua 18.11.2018
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine	Talonrakennustekniikka
Ohjaajat	Ohjaaja Anne Pietilä Operatiivinen johtaja Sami Purto
<p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin kylpyhuonemoduulien käyttöä rakennustyömaalla. Työssä tarkasteltiin asennustöiden ajallista kestoa ja moduulien asennettavuutta</p> <p>Työ lähti liikkeelle työn tilaajan Fira Modulesin tarpeesta saada tietoa valmistamiensa kylpyhuonemoduulien käytöstä rakennustyömaalla. Tutkimus tehtiin Fira Oy:n Hansakallio 3:n työmaalla Espoossa. Tutkimusta varten haastateltiin rakennusalan ammattilaisia ongelmien löytämiseksi ja ratkomiseksi.</p> <p>Tiedon lähteinä tutkimustyössä käytettiin rakennusalan julkaisuja ja ohjekortteja. Rakennustöiden edetessä työtä pyrittiin sujuvoittamaan ongelmien ratkaisujen kautta. Työssä havaittuihin haasteisiin luotiin ratkaisu, jota testattiin työn aikana. Työmaan ajallinen tieto koottiin ja sen pohjalta määriteltiin asennustyöhön käytettyjä työaikoja. Ratkaisujen toimivuuden todentamiseksi tarkasteltiin työn toteutumista.</p>	
Avainsanat	kylpyhuone-elementti, moduulirakentaminen, työmaa

Author Title	Risto Kotala Impact of Fira Modules at Construction Site
Number of Pages Date	26 pages 18.11.2018
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	Building Construction
Instructors	Anne Pietilä, Senior Lecturer Sami Purtoala, Operative manager
<p>The aim of the study was to research the use of bathroom modules on a construction site. The duration time of the installation work and the usability of the modules were examined.</p> <p>The study was commissioned by Fira Modules to get information on the use of bathroom modules at a construction site. The study was carried out at Fira Oy's Hansakallio 3 site in Espoo. For the purpose of the research, construction professionals were interviewed to identify and solve problems.</p> <p>The sources of information were construction field publications and guidance cards. As the construction work progressed, efforts were made to streamline the production by finding solutions to problems. The challenges identified in the construction work were met with solutions that was tested during the research. Time related data was compiled on the site and based on this, the work times used for the installation work were defined. In order to verify the functionality of the solutions, the implementation of the work was closely examined.</p>	
Keywords	prefabricated bathroom, module building, construction site

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Taustaa	1
1.2	Työn tavoitteet ja aiheen rajaus	2
1.3	Tutkimusmenetelmä	2
2	Teoria	3
2.1	Elementtirakentaminen Suomessa	4
2.2	Kylpyhuone-elementit	7
2.3	Modulaarisuus rakentamisessa	7
3	Fira Oy	9
3.1	Fira Oy	9
3.2	Fira Modules	9
4	Fira Modules – Vaikutukset työmaalle	10
4.1	Edeltävät työvaiheet	11
4.2	Valmistelevat työt	12
4.3	Kuormien vastaanotto, purku ja moduulien varastointi	13
4.4	Asennus	13
4.5	TATE	16
4.5.1	IV - Ilmanvaihto	16
4.5.2	LVV - Lämpö, vesi ja viemäri	17
4.5.3	Sähkö	17
4.6	Palokatkot	18
4.7	Äänitekniset tiivistykset ja eristykset	18
4.7.1	Ilmanvaihtokanavien juotosvalut	18
4.7.2	Viemärien eritykset	19
4.8	Levytykset	19
4.9	Tarkastukset ja laadunvalvonta	20
5	Ratkaisujen laadinta	21
5.1	Metrin korko ja mittalaitteiden käyttö	21
5.2	Viemäriiitoksen suojaus	22
5.3	Rungon muokkaus	23

6 Yhteenveto

23

7 Lähteet

25

Käsitteet

Aliurakoitsija	Toimii sopimussuhteessa pääurakoitsijaan.
Palokatko	Rakenteellinen suojaus, jolla pyritään estämään tulen ja savukaasujen leviäminen tilasta toiseen.
Pääurakoitsija	Vastaa työmaasta hankkeen rakennuttajalle. Pääurakoitsija vastaa hankkeen työnjohdosta ja työturvallisuudesta.
RATU-tiedot/kirjat	Rakennusteollisuus Ry:n ylläpitämä tietokanta. Sisältää työohjeita, aika- ja materiaalimenekkitietoa.
TATE	Talotekniikkatyöt (vesi, viemäri, lämmitys, ilmanvaihto, sähkö ja tele)
Tuntityöt	Tuntiveloitukseen perustuvan työn tekeminen.
Viikkoaikataulu	Lyhyemmän aikavälin työsuunnittelua, jolla varmistetaan työvaiheiden ja -tehtävien onnistuminen (20.)
Yleisaikataulu	Yleisaikataulussa kuvataan koko rakennushankkeen suunniteltu työnkulku. (20.)

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Mielenkiintoisia julkisen keskustelun käytyjä aiheita viime vuosina ovat olleet rakennus-
alaa vaivaavat ongelmat. Rakennusalan työn tuottavuus ei ole parantunut sitten 1970-
luvun ja erinäiset ongelmat laadussa nousevat esiin tasaisin välein. (21.)

Rakennusalan sisäisinä ongelmina on milloin pidetty kaavoitusta sekä valtion tiukkaa
säätelystä, milloin työvoiman saatavuutta ja palkkausta, vajavaista suunnittelua sekä
alan kansainvälistymistä. (24.) Työmaiden aikatauluja on tiukennettu ja tätä työmaiden
työntekijät sekä toimihenkilöt pitävät alan isoimpana ongelmana (25.)

Menneinä vuosina rakentamista ovat ohjanneet pula asunnoista ja tarve ratkoa sosiaa-
lisiä ongelmia, samalla kun teollisuuden alalla on kehitetty uusia tapoja rakentaa pie-
nemmillä kustannuksilla. (23.) 1960-luvulla on rakennusteollisuudessa kehitystä ja me-
nestystä haettu teollistamalla toimintaa. Jo silloin on huomattu korkean jalostusasteen
valmisosarakentamisen tuomat edut, niin laadulliset kuin rahallisetkin. (24.) Tänä päi-
vänä voimistuva ilmastonmuutos pakottaa meidät tehostamaan rakentamista ja vähen-
tämään materiaalien käyttöä sekä kulutettavaa energiaa, niin rakentamisvaiheen kuin
rakennusten koko elinkaaren aikana.

Rakennusalan vastauksena tähän on se, että tulevaisuudessa on rakennettava entistä
teollisemmin ja hyödynnettävä digitalisaation tuomia mahdollisuuksia. Ajatusta toteute-
taan tehtaassa pitkälle esivalmistetuista valmisosista työmaalla nopeasti asentaen.
Teollisilla rakennejärjestelmillä päästään parempaan rakentamisen tuottavuuteen ja
laatuun. Tällöin säästyy kustannuksia sekä resursseja. Työturvallisuus sekä laatu on
helpommin toteuttavissa. (14.) Moduulirakentamisella on mahdollisuus tehostaa raken-
nustyömaiden toimintaa ja parantaa laatua. Tehtaan tasaiset työskentelyolosuhteet
hyödynnetään ja rakennusprosessi ei ole enää paikkaan sidottu.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan kylpyhuonemoduulien käyttöä rakentamisessa, ja sen
ajallisia vaikutuksia rakennustyömaalla. Tutkimusalustana toimii Fira Oy:n (myöhemmin
Fira) Espoon Kauklahden työmaa, jossa rakennetaan yhteensä 75 asuntoa kahteen

nelikerroksiseen taloon. Työmaalla tapahtuvaa havainnointia käytetään pohjana tutkimukselle ja samalla pureudutaan arjen haasteisiin.

1.2 Työn tavoitteet ja aiheen rajaus

Tarkoituksena on kerätä työmaalta ajallista tietoa ja palautetta kylpyhuonemoduulien asentamisesta. Samalla tarkastellaan asennusaikaa ja pyritään määrittelemään asennustyölle ajallinen kesto. Työssä käytettyä aikaa verrataan teoreettisten menekkien kanssa ja saavutetut tulokset dokumentoidaan. Töiden edetessä haastatellaan työmaan eri osapuolia, jotka oleellisesti liittyvät opinnäytteessä tutkittaviin kylpyhuonemoduuleihin. Haastatteluilla kartoitetaan moduulien asennettavuutta ja pyritään löytämään työskentelyä helpottavia ratkaisuja, joita kokeillaan käytännössä rakennustöiden edetessä. Työn muina tavoitteina on asennettavuuden parantaminen ja ongelma-kohtien kartoitus jatkokehitystä varten. Tässä tutkimuksessa ei tarkastella vaikutuksia kustannuksiin.

1.3 Tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyön pohjana on konstrukttiivinen tutkimus. Tämä tutkimusote sopii hyvin käytännön asioiden tarkasteluun, jossa pyrkimyksenä on kehittää ongelmiin todennettava ratkaisu. Tavanomainen konstrukttiivinen tutkimusprosessi pitää sisällään ongelman muotoilun, tiedon hankkimisen ja käytännön ongelmien ratkaisujen laadinnan. Toimivuuden kokeilu ja konstruktion oikeellisuuden todistaminen ovat oleellisena osana tutkimustyötä. Lopputuloksena on ratkaisun dokumentointi ja hyötyjen esiintuonti. (16.)

Modules-kylpyhuonemoduulien käyttö työmaalla ja töiden ajallinen seuranta toimivat tarkasteltavana konstruktiona. Ongelmien muotoiluun valittiin havaitut häiriöt tuotantoprosessissa. Näitä häiriöitä katsottiin olevan työtä hidastavat ja sen tekemistä estävät tekijät.

Tutustuminen rakennusalan kehitykseen Suomessa tukevat tutkimustyötä. Käsitys tapahtuneesta teknisestä kehityksestä ja muutoksista alalla auttavat ymmärtämään rakentamisen nykytilaa. Tämän tiedon hankinta on perustana myös muulle tutkimuksessa käytetylle tiedolle, joita ovat alan teknisen tiedon oppaat ja työmaalta kerätty materiaali.

Hansakallio 3:n asennukset tapahtuivat kolmessa vaiheessa ja töiden tuloksia oli mahdollista seurata vaihe kerrallaan. Ensimmäisten asennustöiden aikana kerättiin haastatteluiden avulla eri tahojen mielipiteitä asennettavista moduuleista ja niiden parissa työskentelystä. Näiden avoimien keskustelujen (22, s.11; s.42.) avulla pyrittiin saamaan eri näkökulmia tehtävään työhön ja löytämään työmaalla havaittuja ongelmakohtia ratkaistavaksi. Tutkimustyötä varten haastateltaviksi henkilöiksi valikoituivat keskeiset toimijat, jotka työskentelivät päivittäin työmaalla. Haastattelutilanteet tapahtuivat töiden lomassa Hansakallio 3:n työmaalla.

Havaittuja tekijöitä onnistuttiin löytämään ensimmäisen asennusvaiheen ajalta. Osassa tapauksista ratkaistavat ongelmat olivat työn suorittamisen haasteita, kuten töiden sujumuuden ja asennustarkkuuden parantaminen. Näihin ongelmiin haettiin ratkaisuja hyödyntämällä haastateltavien henkilöiden käytännön osaamista ja kokemusta rakennustyöstä. Toisissa tapauksissa haitat olivat ominaisuuksia, johon ei työmaan aikana voitu vaikuttaa. Näiden ratkaisuja laadittiin, mutta niiden hyötyjä ei päästy todentamaan tämän työn aikana.

Kehitystyön tuloksena syntyneitä sovelluksia kokeiltiin seuraavilla asennuskerroilla. Havaittavien muuttujien oletettiin vaikuttavan työn suoritusten parantumiseen ja tätä kautta myös laadun helpompaan toteutukseen. Työvaiheen aikana haastatteluilla kerättiin kokemuksia sovelluksien hyödyistä. Vaiheiden valmistuttua tehtyjä töitä tarkasteltiin tulosten esiin tuomiseksi.

Ratkaisujen testaus tapahtui muutamissa työvaiheissa. Ongelmat, niiden ratkaisut ja hyödyt on dokumentoitu tähän tutkimukseen. (16.) Näiden hyötyjen tuloksia pyritään osoittamaan työmaalta kerätyllä ajallisella tiedolla ja RATU-kirjoilla.

2 Teoria

Tutkimuksen teorian pohjana ovat paneutuminen Suomen rakennusteollisuuden historiaan ja sen kehitykseen. Isommassa mittakaavassa rakennusalan teollistuminen Suomessa on tapahtunut betonin ympärille. Vuosien varrella puutalot tuotantoa on kehitetty, mutta tuotantomäärät ovat jääneet betonielementtitekniikkaa pienemmiksi ja moni sovellus kokeiluasteelle. (18.)

2.1 Elementtirakentaminen Suomessa

Teollinen rakentaminen sai alkusysäyksenä 1800-luvun puolella välissä sementin ja sen käytön tietotaidon rantautuessa Suomeen. Alkuun sementti tuotiin ulkomailta ja vähitellen käytön lisääntyessä alkoi kotimainen valmistus. (18, s.14.) Pääasialliset käyttökohteet olivat rakennusten perustukset, vesirakenteet ja esivalmistetut betonituotteet, kuten kattotiilet, viemäriputket ja kaivonrenkaat. (18, s.15.)

Osaaminen lisääntyi, kun Helsingin teknillisessä reaalikoulussa aloitettiin betonin ja sementin rakennusaineopinnot. Iso osa tietämyksestä tuli saksankielisiltä alueilta ja ensimmäiset oppikirjat perustuivat vuonna 1887 julkaistuihin Preussin betoninormeihin. Ensimmäinen Suomessa julkaistu oppimateriaali oli Turun teollisuuskoulun lehtorin G.E. Aspin Huonerakenteiden oppi vuonna 1905. (18, s.15.) Opetuksen kehittyessä omaksuttiin samanaikaisesti myös uusia ulkomailta kehitettyjä tekniikoita, kuten ranskalaisen Joseph Monierin kehittämän ja patentoiman teräsverkolla vahvistetun betonin käyttö. Esivalmistetuissa laatoissa oli alkua teräsbetonirakenteiden käyttöön talojen rakentamisessa. (18, s.15.) Uudet materiaalit ja niiden tuomat mahdollisuudet lisäsivät betoninkäyttöä ja Suomeen alkoi kehittyä teräsbetonirakentamiseen erikoistuneita yrityksiä. (18, s.16.)

Rakentamisen standardisointia vietin eteenpäin 1920-luvun alussa arkkitehti Akseli Toivasen toimesta Helsingin Käpylässä. Tämä asuntotuotannon kehittämistä ja standardisoinnista kiinnostunut edelläkävijä suunnitteli standardirakenteita, joiden avulla voitiin pystyttää neljän huoneiston puutalo muutamassa viikossa. Vuonna 1922 tuli Suomen ensimmäinen tehdasvalmisteinen talo Helsingin Käpylään. Rakentamisesta vastasi Asuntotuotanto Oy Käpylä ja tämä kahden asunnon pientalo jäi kokeiluasteelle. (18, s.305.) Teollisen rakentamisen kokeilut Suomessa jatkuivat 1920-luvun lopulla Turussa. Alvar Aallon suunnittelemissa Turun Sanomien toimitalossa ja Standardivuokralossa kokeiltiin esivalmisteisia betonilaattoja. Näitä kokeiluja voidaan pitää yhtenä elementtirakentamisen alkuna Suomessa, vaikka läpimurtoa ei vielä tullut. (13.)

Toinen maailmasota, hävityn sodan korvaukset Neuvostoliitolle sekä menetettyjen alueiden väestön asuttaminen vauhdittivat teknistä kehitystä. Sodan aikana linnoitustöissä betonisten sotavarustusten rakentamisessa otettiin käyttöön ulkomailta tuotuja betonivalutekniikoita. (18, s.19) Suomelle määrätyt sotakorvaukset maksettiin isolta osalta erilaisina hyödykkeinä kuten mm. teollisuuslaitoksina, koneina ja elementtirakenteisina

puu-taloina. (18, s.19-22.) Menetetyille alueille jäi teollisuuslaitoksia ja teollisuuden tarvitsemia voimalaitoksia. Valtava väestön uudelleen asuttaminen ja pula materiaaleista sekä ammattitaitoisesta työvoimasta edesauttoi rakentamisen teollistumista. Puutalojen tuotanto kehittyi ensimmäisenä, kun Neuvostoliittoon toimitettiin noin 7000 puista pientaloa ja kymmeniä täydellisesti varustettuja tuotantolaitoksia. Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos, eli nykyisin VTT perustettiin vuonna 1942 standardisoimaan ja testaamaan talojen rakenneosia. Näitä tietoja soveltaen rakennusyrietykset kehittivät tuotteitaan ja 1940-luvun lopulla nähtiin esivalmistettujen rakennusosien tuomat hyödyt, kun työmaalla tehtävät toiminnot vähenivät ja yksinkertaistuivat. Työtehtävien vähentyminen työmaalla pienensi tarvittavien työntekijöiden ja eri ammattiryhmien tarvetta. Sotakorvauksina Neuvostoliittoon toimitettujen puutalojen jälkeen VTT siirtyi betoni- ja teräsrakenteiden tutkimukseen, joka oli pohjana tulevalle elementtirakentamiselle. (18, s.22.)

Kaupunkiasunnot ja teollisuusrakennukset rakennettiin kivitaloiksi. Puusta rakennettujen talojen osat oli helppo vakioda ja käsittely oli keveytensä sekä työstettävyyden ansiosta helppoa verrattuna kivitalojen rakentamiseen. (18, s.23.) Esivalmisteiset betonuotteet yleistyivät hiljalleen ja alalla uskottiin tuotteiden monimuotoistuvan tulevaisuudessa, kuten oli käynyt puutaloteollisuudessa. (18, s.24-25.) Ongelmana oli betonin käyttöön tarvittavan riittävän rakentamismäärän puuttuminen. Kaavoituksesta johtuen taloja rakennettiin kortteli kerrallaan ja näin kivitalojen rakentaminen ei päässyt tarvittavaan volyymiin. (18, s.26.)

Elementtirakentaminen yleistyi teollisuusrakennuksissa 1950-luvun taitteessa. Tämän mahdollistivat esijännitetyt betonirakenteet. Tällä tekniikalla rakenteiden kestävyyttä ja muita ominaisuuksia parannettiin, joka mahdollisti betonirakenteiden monipuolisemman käytön. (18, s.27-28.) Ensimmäinen kokonaan elementeistä rakennettu talo oli Helsingin Yliopiston Porthania-rakennus. Nämä olivat perustana asuntotuotannon teollistumiselle kaupungistumisen lisäksi. (18, s.31-33.) Alkuun asuntorakentamisessa teollistuminen käsitti erilaisten täydentävien rakennusosien käytön. Näistä hyvänä esimerkkinä valmiit porraselementit, jotka oli 1950-luvulle asti tehty paikan päällä työmailla. Ongelmina elementtien käytössä oli riittävän tehokkaiden koneiden puuttuminen. (18, s.34-35.)

Asuntopula ja siitä aiheutuvat sosiaaliset ongelmat pakottivat tyydyttävien, laadukkaiden ja taloudellisten asuntojen tuotannon kehittämiseen. Kehityksen esteenä pidettiin

viranomaismääräyksiä ja liikevaihtoverotusta. Yhtenä ratkaisuna koettiin alueittain tapahtuva rakentaminen, joka pienensi rakennuskustannuksia. Tämä mahdollisti suurien sarjojen toistojen kokeilut. (18, s.35-36.)

Suomen teollistuminen, väestön siirtyminen kaupunkeihin ja kaupunkien oman väestön kasvu lisäsivät tarvetta asunnontuotannon vauhdittamiselle. Sotien jälkeen asuntoja oli rakennuttu paljon, mutta se oli keskittynyt maaseudun asuttamiseen. (18, s.38.) Tehokaiden nostureiden yleistymisen mahdollisti entistä suurempien rakennusosien käsittelyn työmaalla. Tuleva elementtitekniikka oli kehittynyt pöytä- ja suurmuottien käytöstä. Muottien käytössä mm. opittiin suurien sarjojen toisto, koska niitä oli mahdollista käyttää uudelleen useita kertoja. Nämä tekijät mahdollistivat entistä nopeamman ja tehokkaamman rakentamisen pienemmällä työvoimalla. (18, s.42-43.)

Tässä vaiheessa elementtirakentaminen oli suljettuja osajärjestelmiä, joiden mitoitus oli työmaa- tai tehdaskohtaista. Aluerakentaminen suuret määrät jouduttivat vakiomittojen käyttöönottoa ja tuotannon siirtymistä työmailta tehtaisiin. (18, s.51.) BES-järjestelmän kehittäminen aloitettiin 1960-luvun lopussa Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestön toimesta ja sillä vastattiin 1970-luvun asuntotuotannon kasvavaan tarpeeseen. Tämä järjestelmä oli kaikille toimijoille avoin ja standardisoidut ratkaisut mahdollistivat eri valmistajien rakennusosien yhdistelyn. Kehitystyön lopputulemana oli rakenteiden mittamoduulit, toleranssit ja liitokset. (18, s.98.) Alkuun järjestelmä otettiin käyttöön vaiheittain ja ensimmäisinä BES-järjestelmän osina oli välipohjarakenteina käytettyjä ontelolaattoja. Rakennusosien valmistajat erikoistuiivat tiettyjen osien valmistamiseen, joka lisäsi tehokkuutta ja alensi rakentamisen kustannuksia. (18, s.102-104.)

Asuntorakentamisen 1970-luvun huippuvuosien jälkeen BES-järjestelmän käyttöä 1980-luvulla laajennettiin teollisuus- ja toimitilarakentamiseen. Tuotantonopeudet vietiin huippuunsa ja laatu kehittyi siinä sivussa. Seurauksena isot määrät rakentamista ja sen osaamisen vientien ulkomaille (18, s.110.)

Työvoiman tarve on rakentamisessa pienentynyt, johtuen esivalmistusasteen noususta, rakennustyön koneellistumisesta ja teknisestä kehityksestä. Tehtaissa toiminta on pitkälle automatisoitu ja työmaalla kalusto sekä työkalut ovat monipuolistuneet ja yleistyneet merkittävästi. Tietotekniikan kehitys on tuonut uusia tapoja suunnitteluun kuin työmaiden johtamiseen. Laskentakäytössä olleet yritysten keskustietokoneet ovat vaih-

tuneet työmaatoimistojen pöytäkoneiden yleistyttyä viimeisimpänä tietoteknisenä kehityksenä taskuun mahtuvien älypuhelimien ja niiden sovellusten muodossa. (25.)

2.2 Kylpyhuone-elementit

Suomessa ensimmäiset tiettävästi ensimmäiset käytetyt kylpyhuone-elementit olivat valmistettu A-Elementti Skånska Cementgjuteriet Ab toimesta 1963 Helsingin Myllypurossa. Betoniset rungot omaavat elementit pinottiin asennuksessa torniksi ja valettiin yhteen rakennuksen kanssa. Alkuun ongelmia oli ääneneristysten kanssa, johon ratkaisuja saatiin työtekniikoita muuttamalla. (18, s.77.)

Elementtitekniikan muuttuessa betoniset kylpyhuone-elementit korvattiin kevyemmällä teräsrunkoisilla malleilla. Vuonna 1972 perustettiin ensimmäinen kevyitä kylpyhuoneita tuottava tehdas. Vuosikymmenen puolessa välissä koko alan vuosittainen tuotanto oli jo yhteensä 20000 kappaletta erilaisia kylpyhuone-, sauna- ja WC-elementtejä. (18, s.108.)

Kylpyhuone-elementti tuotantoa käytetään myös laivanrakennusteollisuudessa. Rakentamisessa elementtien käyttö on lisääntynyt kausittain ja yhtenä syynä tälle on pidetty kustannusten nousua rakennustyössä. Sykleissä rakennusliikkeet ovat kehittäneet omaa valmisosat tuotantoa ja sitä kautta hakeneet tulosta. (24.)

2.3 Modulaarisuus rakentamisessa

Modulaarisuus rakentamisessa on riippuvainen siitä, missä asiayhteydessä termiä käytetään. Sana moduuli tarkoittaa mittajärjestelmässä yksikön perusmittaa ja moduulimitoituksessa tämän yksikön suuruus ja suhteet muihin yksiköihin järjestelmistä riippuen. Suomessa käytetyn 3M-järjestelmän perusyksikkö on 1M (100 millimetriä) ja muut määräävät luvut perustuvan tämän luvun kerrannaisiin, kuten 3M, 6M ja 12M. (15.) Moduulimittajärjestelmien tarkoituksena on vakioida suunnitelmissa käytettävät mitat, joiden mukaan eri valmistajat voivat tuottaa vakiomittaisia toisiinsa yhteensopivia komponentteja. (18.)

Moduulirakentaminen on esivalmistettujen rakennusosien hyödyntämistä prosessissa. Työmaalta tehtävät työt pyritään minimoimaan ja viemään valmistaminen tehdastiloihin, joissa tuotannon katsotaan oleva tehokkaampaa. Työmaalla prosessi on paikkaan sijoitettu, jossa tekijä siirtyy työpisteestä toiseen tekemään työtä. Valmistamiseen käytettävän ajan hukat minimoidaan, kun tehtaassa työt siirtyvät työpisteeltä toiselle. Turhat siirtymiset jäävät pois ja resurssin ajan käyttö saadaan maksimoitua tuottavaan työhön. (26.)

Tehtaissa olosuhteiden säätely on helpommin toteutettavissa verrattuna rakennustyömaiden, joiden toimintaan vaikuttavat hankalasti ennakoitavat ulkoiset tekijät. Sää ja ympäristön vaikutukset voivat muuttaa prosessia ennalta arvaamatta ja näistä voi koitua tuotannolle häiriöitä. (26.)

Moduulirakentamisen eduiksi katsotaan myös laadun parantuminen, ympäristövaikutusten pieneneminen ja rakennusajan lyhentyminen työmaalla. Moduulirakentamisessa tehtaissa valmistetut pinnoiltaan valmiit osat tuodaan työmaalle ja kootaan valmiiksi rakennukseksi. Rakentamisen kustannukset pienentyvät lyhentyneiden rakentamisen johdosta. Työmaalla tehtävän työn siirtyminen tehtaisiin vähentää työmailla tapahtuvaa valmistusta ja näin ollen työt, materiaalivirrat ja lähiympäristölle rakennustyömailta kantautuvat haitat pienevät. Rakentamisen aikaisia haittoja voi syntyä melun, pölyn, tärinän ja työmaaliikenteen muodossa. Työmaalla moduulien käyttö myös vähentää rakennustarvikkeiden käyttöä ja näin pienentää hävikkiä sekä jättemääriä. (26.)

Moduulien haasteina on kuljetus ja muutosten teettäminen myöhäisessä vaiheessa. Kuljetuksessa kaluston rajat asettavat maksimimitat työmaalle toimitettaville moduuleille. Liikenteestä syntyy myös päästöjä. Myöhäiset muutokset ovat vaikeita ja mahdollisesti myös kalliimpia kuin paikalla rakentaessa. Moduulirakentamisen parhaat hyödyt saadaan, kun modulaarisuus on alusta asti suunnittelun perustana. (26.)

Moduulien käyttökohteita uudistuotannossa löytyy talotekniikkahormeista ja kylpyhuoneista aina pitkälle valmistettuihin pientaloihin. Korjausrakentamisessa modulaarisia sovelluksia ovat talon ulkopuolelle asennettavat hissit, talotekniikkahormit ja lisärakentamisen tilaelementit.

3 Fira Oy

3.1 Fira Oy

Fira Oy on vuonna 2002 perustettu suomalainen rakennusalan yritys. Toimialoihin kuuluvat asunto- sekä toimitilarakentaminen, putkiremontit, modernisointi (korjausrakentaminen) ja erilaiset rakennusalan palvelukonsepti. Liikevaihto oli vuonna 2017 217,4 miljoonaa euroa, työmaita 52 kappaletta ja työntekijöitä 293. (3, s.4-7.)

Viimeisinä vuosina yritys on tullut tutuksi rakennusalaan muuttavana toimijana ja näin päässyt lehtien otsikoihin mm. nopeiden putkiremonttien toteuttajana. (17.) Keskeisinä tavoitteina on rakennusalan digitalisointi sekä käyttäjälähtöisten sovellusten kehittäminen ja uusien teknologioiden käyttöönotto. (3, s.8.) Viime vuosina yritys tytäryhtiöineen on kerännyt useita eri tunnustuksia ja palkintoja. Nämä palkinnot ovat tulleet rakennusalan kehitystä edistävästä teosta yrityksen toiminnassa. (3, s.22.)

3.2 Fira Modules

Fira Modules on korkean valmiusasteen kylpyhuonemuoduli. Tuotteiden kehitys ja tuotanto tapahtuu Hämeenlinnassa hallituissa tehdasolosuhteissa. Laadunvalvontaa helpottaa yhdessä tilassa tapahtuva tuotanto, jossa työt etenevät tahdistetusti. Työmaalla moduulien käytöllä saadaan sisätoimita nopeutettua merkittävästi ja mikä vaikuttaa koko kohteen rakentamiseen käytettävän ajan lyhentymiseen sekä mahdollistaa toteutuksen pienemmillä resursseilla. (6.)

Kylpyhuoneet ovat sisäpuolelta pinnoiltaan ja varusteiltaan täysin valmiit pyyhekoukkuja ja wc-paperitelinettä myöten. Ulkopuolella sijaitsevat huoneiston ja kylpyhuoneen tarvitsemat talotekniikka-asennukset, kuten mm. ilmanvaihtokanavat, vesi- ja viemäriputket sekä lämpöjohdot. (2, s.5.)

Työmaalla tehtäviä töitä moduulien asennustyön lisäksi ovat talotekniset työt, kuten vesi-, viemäri- ja lämpöjohtojen kytkennät, sähkökaapeleiden vedot sekä kytkennät. Moduulien asennusten lisäksi muita rakennusteknisiä töitä työmaalle jää mm. palo- ja äänitekniisiä tiivistyksiä sekä joitain avustavia töitä. (2, s.5.)

Kylpyhuone on rakennettu valetulle teräsbetonilaatalle, johon on valmiiksi sisällytetty viemäröinti ja tarvittavat talotekniikan varaukset valmiiksi mietittyine palokatkoineen. Seinien runko on tehty kertopuusta ja levyinä käytetään kosteuden kestäväää kipsilevyä. Levytysten jälkeen asennetaan tarvittavat TATE-asennukset, kuten sähköputkitukset ja -kojerasiat. Betonin kuivuttua ja levytysten ollessa valmiit tarvittavine läpivienteineen voidaan aloittaa laatoitustyöt. Levy- ja betonipinnat vedeneristetään vastaamaan lain edellyttämää laatua. Laatoitukset tehdään valmiiksi, jonka jälkeen tehdään alakatot, kalusteet ja varusteet. Töiden lomassa tapahtuvan laadun valvonnan lisäksi moduulit tarkastetaan lähetettäväksi asiakkaalle, jonka jälkeen tapahtuu sinetöinti ja kuljetuksen aikaisen suojamuovin laitto. Tämän jälkeen moduulit toimitetaan sovittuna ajankohtana työmaalle. (6.)

Ensimmäiset kaksi toteutettua kohdetta olivat Firan omia työmaita ja pilottikohteena oli Kirkkonummella sijaitseva työmaa alkuvuodesta 2018. Kohteeseen asennettiin 83 kylpyhuonemoduulia ja yhteensä Firan työmaille on toimitettu niitä 158 kappaletta. Eroina käytetyissä moduuleissa oli erilainen asennustapa ja joitakin eroavia ratkaisuja. Kirkkonummen kohteessa moduulit pinottiin päällekkäin, jonka jälkeen nämä valettiin kiinni muuhun talon runkoon. (2, s.15.)

Modules-kylpyhuonemoduulien ideana on kehittää vakioitu tuote, jota voidaan monistaa missä päin maailmaa vain. Valmiiksi suunnitelluilla ratkaisuilla ja pitkälle viedyllä tuotantoprosessilla halutaan kehittää rakennusalaan eteenpäin ja vastata tulevaisuuden haasteisiin. Tulevaisuuden visiona on tuottaa älytekniikan avulla käyttäjälleen arvoa ja näin tuoda konkreettista hyötyä, kuten energian säästöä sekä käytön ja että huollon tarpeen seurannassa. (2, s.7.)

4 Fira Modules – Vaikutukset työmaalle

Tässä luvussa on kootusti eri lähteistä ja omakohtaisista kokemuksista selonteko työvaiheista, jotka liittyivät käytettyihin kylpyhuonemoduuleihin. Lähteinä on käytetty työmaan eri aikatauluja, RATU-kortteja ja Modules-asennusohjetta.

Hansakallio 3:n rakennustyömaalla asennus ajankohta oli kesällä 2018. Työmaa oli jaettu kolmeen lohkokon, joten moduuliasennuksia tehtiin useammassa eri vaiheessa. Työmaalla tehtyjen haastattelujen pohjalta ja muistiinpanoja hyödyntäen on työtä pyritty

sujuvoittamaan. Asennusten aikana töitä seurattiin ja havaitut häiriöt tuotannossa valittiin konstruktivisen tutkimuksen ongelmakohtiksi, joita ratkaista.

Eri henkilöitä kylpyhuoneiden parissa työskenteli viidestätoista eri yrityksestä Fira:n alirakoitsijoina tai näiden ketjutettuina alihankkijoina. Henkilömääränä karkeasti tämä tarkoitti yli kuuttakymmentä eri henkilöä sisältäen työnjohtajat ja työntekijät. Rakentajien suuri määrä johtui työntekijöiden vaihtumisesta töiden aikana, joka toi omat haasteensa pitkäjänteiseen tutkimistyöhön

4.1 Edeltävät työvaiheet

Edeltäviä töitä ennen moduuliasennuksia oli betonisten elementtien asennukset ja ylimmän holvin höyrynsulkukermitykset. Elementtiasennuksissa huomioitiin moduulien liitosdetaljit ja varaukset täytettiin eristelevyillä. Näin varmistettiin, ettei elementtirungon saumavalujen yhteydessä betonia leviä pois muotista ja moduulien asentaminen on sujuvampaa. (9.)

Rungon asennuksen yhteydessä kylpyhuoneiden kohdalle holviin jäävät aukot ummistettiin puurakenteisilla kansilla. Näin varmistettiin, ettei kukaan henkilö tai mikään esine pääse putoamaan alas. Kannen rakenteena oli paksu havuvaneri ja lujuusluokitettu 48x148 millimetrin sahatavara. Kiinnitys betonirakenteeseen toteutettiin metallisilla palkkikengillä ja betoniruuveilla. Työryhmänä kansien rakentamisessa oli kaksi kirvesmiestä, jotka vastasivat myös työmaan sähköistyksistä ja muista avustavista töistä.

Yläpohjan elementtiasennusten valmistuttua oli vuorossa bitumihuovasta valmistetun höyrynsulkukermin asennukset. Tällä rakenteella varmistetaan rakennuksen lopullinen ilmatiiveys ja samalla se toimi työnaikaisena sääsuojana ennen vesikaton valmistumista. Kermityöt tehtiin kahdessa vaiheessa, sillä kylpyhuonekuilujen aukot oli mahdollista eristää vasta moduulien asennusten jälkeen.

Veden kulkeutumisen estämiseksi kylpyhuonekuilujen kautta sisätiloihin kiinnitettiin aukkojen ympärille 50x50 sahatavaraa ylösnostoa varten. Bitumihuopa nostettiin puuta vasten vallitsevaa pintaa korkeammalle. Näin holville kertyvä vesi ei valunut kuilun kautta sisätiloihin ja asennettavien moduulien päälle. Moduuliasennusten valmistuttua

ylösnostoa varten kiinnitetyt puut poistettiin ja loput bitumihuovat liimattiin kiinni ja talo-tekniikan läpiviennit tiivistettiin kuumalla bitumimassalla.

4.2 Valmistelevat työt

Kylpyhuonemoduulien asennuksen valmisteleviin töihin kuuluivat mittaustyöt, sää- ja putoamissuojaukset sekä valuvarausten muottien poistot. Mittaukset ja merkinnät tehtiin erillisellä tähän erikoistuneella urakoitsijalla. Jokaiseen asuntoon merkittiin metrin korko valmiista lattiapinnasta, kolmesta neljään kohtaan asunnon pohjaratkaisusta riippuen. Yksi korkomerkki tuli asunnon rappukäytävän oviaukolle ja kahdesta kolmeen kylpyhuoneen ympärille. Asennuskuilujen pystysuoruuden tarkistuksen yhteydessä merkittiin kylpyhuonemoduulien seinien runkolinjat kahdelle seinälle, joiden avulla moduulit asetoitiin paikoilleen. (9.)

Asennusaikaiset sää- ja putoamissuojat valmistettiin havuvanerista ja vajaasärmäisestä sahatavarasta. Kutakin kuilua varten tarvittiin yksi suoja. Kannet vuorattiin muovisilla kevytpeiteillä veden pitävyyden varmistamiseksi ja varustettiin nostolenkeillä, sillä moduulien asennusta varten suojat siirrettiin nosturilla pois. Ylimmälle holville rakennettiin sahatavarasta siirrettävä kaide-elementti, joka nostettiin paikoilleen ennen sääsuojan poistoa. Tämä elementti toimi työnaikaisena holvilla putoamissuojauksena.

Eristelevyistä tehdyt valumuotit poistettiin ja varaukset puhdistettiin ylimääräisestä betonista. Samalla varmistettiin kylpyhuonemoduulien asentaminen niille suunnitelluille kohdille.

Puiset kaide-elementit (kuva) rakennettiin kutakin asennukseen tulevaa kuilua varten. Tämän jälkeen runkovaiheen aikana tehdyt aukkosuojat poistettiin. Kylpyhuonemoduulien asennusta varten tuli olla kaikki kaiteet valmiina ja aukkosuojat poistettuna ennen moduulien asennuksen alkamista. Suojausmateriaalit varastoitiin työmaalla ja käytettiin toistuvasti seuraavissa asennuksissa. (9.)

4.3 Kuormien vastaanotto, purku ja moduulien varastointi

Tehtaalta tulleet kuormat purettiin välivarastoon. Tämän jälkeen suoritettiin asennusohjeen mukainen vastaanottotarkastus. Silmämääräisesti tehty tarkastus, jossa todettiin suojamuovien kunto ja mahdolliset kuljetuksessa tulleet vauriot kirjattiin ylös ja vahingot valokuvattiin lisäselvityksiä varten.

Välivarastoinnissa huomioitiin muu työmaatoiminta ja moduulien nostoihin ja valmisteluihin tarvittava työtila. Yhden moduulin tarvitsema varastointitila oli minimissään 15 neliömetriä.

4.4 Asennus

Elementtitöiden asennusryhmänä oli kolme asentajaa ja työnjohtaja. Tämän lisäksi asennustöihin osallistui kaksi ilmanvaihtoasentajaa ja töitä valvoi pääurakoitsijan runko-vaiheen työnjohtaja.

Kylpyhuonemoduulien asennukset aloitettiin suojamuovien poistolla ja valumuotteina toimivat pellit kiinnitettiin moduulin runkoon. Ensimmäisten asennuskertojen jälkeen kaikkien moduulien pellitykset toteutettiin yhdellä kerralla suojamuovien ollessa paikallaan.

Tehtaalla kiinnitetyt nostoliinat kiinnitettiin nosturin nostopuomiin. Noston alussa moduulien vaakasuoruus suhteessa nosturiin tarkistettiin pitkällä vesivaa'alla kahdesta suunnasta. Näin varmistettiin moduulien tasainen laskeutuminen valmiiksi asetettujen korkopalojen varaan. Vinossa ollut moduuli olisi voinut vaurioitua operoinnissa tai aiheuttaa haittaa asennustyössä. (1.)

Moduulit laskettiin alas kuiluun. Haittoja kuilussa olivat huoneistojen jakotukkikeskuksille tulevat lattialämmitysputket ja moduulin kiilautuminen talon muuhun runkoon. (4.) Ohjaus moduulia laskettaessa oli asennusryhmän varassa. Nosturikuljettajalla ei ollut suoraa näköyhteyttä kuiluihin ja muutenkin kuljettaja oli kameran varassa moduuleja nostettaessa. (7.) Yhteyttä asennusryhmän ja nosturin kuljettajan välillä pidettiin lyhytaaltopuhelimilla. Ennen haluttua asennuskorkoa moduulin laskeminen pysäytettiin. Tämän jälkeen vaarnat vedettiin ulos, moduuli asemoitiin haluttuun kohtaan ja tämän

jälkeen laskemista jatkettiin lopulliseen korkoon. Sijainti ja korko tarkistettiin käyttäen tasolaseria, rullamittaa ja vesivaakaa hyödyntäen.



Kuva 1. Moduulin laskeminen kuilussa. Kuilun ympärillä putoamissuojana toimiva kai-de-elementti. (27.)

Moduulin asettuessa oikein väliaikaiset teräksisestä nostotangot kierrettiin irti, nostettiin kuilusta ulos välivarastoon. Tämän jälkeen seuraava moduuli valmisteltiin nostoa varten, kuilussa kiinnitettiin seuraavan moduulin valumuotit ja edeltävän moduulin ilmanvaihtokonsoliin lisättävä palovilla. Kaikkien kuiluun tulevien moduulien jälkeen yläpohjan kansilaatta laskettiin paikoilleen ja sää- ja putoamissuojat nostettiin valmiin kuilun päälle.

Kylpyhuonekuilun asennusten päätyttyä moduulit valettiin kiinni talon muuhun runkoon. Vaneriset muotit tiivistettiin eristevaahdolla ja tuettiin alapuolelta laudoilla. Betonivalun raudotteet kiinnitettiin talon runkoon tartuntaraidoilla ja esivalmistetut raudotteet sidottiin yhteen. Valu tehtiin pääsääntöisesti yhdellä kertaan osakohteen kaikkien moduulien valuvaiheiden ollessa valmiita. Betonimassana käytettiin suunnitelmien mukaista

juotosvalubetonia. Toimitus työmaalle tapahtui pumppusäiliöautolla, jolla tehtiin myös massan siirto valukohteisiin.

Valuissa työryhmän koko, kaluston valinta ja huolellinen massan tiivistys nousivat oleellisiksi tekijöiksi työn onnistumisen kannalta. Betonin siirrossa säiliöautosta valukohteeseen käytettävien letkujen siirtämiseen tarvittiin useita henkilöitä samalla kun kahden ammattimiehen tuli täyttää valumuotit ja tiivistää betonimassa. Betoniletkuksi valittiin pienemmän halkaisijan letku ja näin pumppausnopeus laski, mutta pienempi letku mahtui paremmin kylpyhuoneen ja talon väliin. (9.)

Moduuliasennusten yhteydessä havaittuja haasteita oli vaaitus ja asemointi. Ongelmaa ja ratkaisua käsitellään laajemmin myöhemmin tässä artikkelissa.

Ensimmäisten asennuskertojen aikana tehtiin myös muita elementtiasennuksia ja päivittäiset tuntimäärät olivat osittain tästä syystä suurempia. Käytetyt tuntimäärät pienenevät seuraavien rappujen asennuksissa. Osittain tämän katsottiin johtuvan asennuskokemuksen karttumisesta asennusryhmälle ja muuttuneesta tavasta asennuskoron tarkistamisessa. (4; 9)

Asennusajat eivät täysin vastaa RATU-kortiston Tilaelementti-ohjeessa esitettyjä asennusaikoja. Tämä osittain johtuu erilaisesta asennustavasta ja nosturikalustosta. RATU-laskelmissa asennus tapahtuu muun rungon toteutuksen yhteydessä kerros kerrallaan. Modules-kylpyhuonemoduulit asennetaan vasta kun talon runko on kokonaan pystyssä. (1.)

Haastateltujen henkilöiden mukaan työmaalla käytetty ristikkopuominosturi oli hitaampi käyttää, kuin ylhäältä ohjattava torninosturi. Tämän lisäksi moduulien lasku ahtaaseen (kuvassa 1. Kylpyhuonemoduulin lasku kuiluissa) kuiluun koettiin olevan haasteellinen asennuksessa. Moduuleja jouduttiin myös nostamaan kuiluista pois johtuen asennuksessa havaituissa häiriöissä. Työturvallisuuden takaamiseksi oli elementti nostettava kokonaan pois kuilusta asennuskorkojen uudelleen asettamiseksi. (4; 9)

RATU-tietojen mukaan yhden työvuoron aikana karkeutetut työnsaavutukset ovat keskimäärin 14 kpl työvuorossa, asennusryhmän ollessa 3 RAM ja nosturin kuljettaja. Laskelmassa nosturikalusto on erilainen, kuin työmaalla käytetty ja maasta ohjattava nos-

Korjausten tekeminen oli hankalaa, johtuen ilmanvaihtokonsolin niukoista tiloista. Asennusvirheiden määrä kuitenkin pieneni ensimmäisten asennusten jälkeen, moduulien asennustavan tullessa tutuksi tekijöille. (5.)

Moduuliasennusten jälkeen ilmanvaihtotyöt sisälsivät runkokanavan jatkamisen läpi ylimmälle holville ja huoneistojen loput kanava-asennukset. Kanavatöiden valmistuttua laadunvarmistukseksi tehty kanava-asennukset videokuvattiin. Ilmanvaihtokanavien pitävyyden takaamiseksi tehtiin myös tiiveyskoe. Kanavat paineistettiin ja merkkisavulla paikannettiin mahdollisia vuotokohtia. Sisätöiden viimeistelyssä ilmanvaihtotyöt sisälsivät mittaukset ja säädöt.

4.5.2 LVV - Lämpö, vesi ja viemäri

Moduulit pitivät sisällään tehtaalla valmiiksi asennetun talotekniikan. Putkiasentajat kytivät huoneistojen vesi- ja lämpöjohdot sekä liittivät viemärit yhteen. Tämän jälkeen moduulit liitettiin osaksi rakennuksen muuta putkistoa ja paineelliset vesi- ja lämpöjohdot testattiin painekokeella. Laadunvarmistamiseksi johdot paineistettiin ensin ilmalla ja tämän jälkeen vedellä. Tässä toimenpiteessä tarkastettiin työmaalla tehty asennukset. Työryhmän keskivahvuus vaihteli kahdesta kolmeen putkiasentajaa.

LVV-töissä havaittuja haittoja olivat vaurioituneet viemäriiliitokset ja valuihin jääneet muottivanerit. Nämä molemmat tekijät keskeyttivät viemäriputkien asentamisen. (8.) Muottivanereiden poistot olivat ajallisesti pieni haitta, kunnes taas viemäriinjojen korjaukset vaativat enemmän työtä. Korjaustyöt pitivät sisällään purkutyöt, liitosten vaihtamisen ja valutyöt.

4.5.3 Sähkö

Sähkötyöt pitivät sisällään moduulien kaapeloinnit, sähkökeskusten ja -kalusteiden kytkennät ja mittaustyöt. Työt toteutettiin moduulin asennusohjeen mukaan. Tuntitöitä sähköissä tuli sähkökeskusten siirroista, joissa valmiiksi kytketyt keskuksat säädettiin kipsi-levytystöitä sujuvoittamaan.

4.6 Palokatkot

Huoneistojen palokatkotyöt toteutettiin erillisellä tähän erikoistuneella yrityksellä. Työt suoritettiin suunnitelmien mukaisesti. Viemäriputkien läpivientien ympärille kiinnitettiin palomansetit, vesi- ja lämpöjohtojen valmiit läpivientiholkit tiivistettiin elastisella massalla. Sähkö- ja telenousut suljettiin vaahtomuovisilla paloilla. Näitä paloja hävisi muutamia kappaleita ja puuttuvat korvattiin palovillalla. Lopuksi villat maalattiin palokatko-suunnitelmien mukaisesti.

Ongelmia palokattojen tekemisessä ilmeni muutamia erilaisia tapauksia. Osassa viemä-rimansettien tehdasasenteiset kiinnikkeet olivat menneet valussa väriin asentoihin ja niiden hyödyntäminen oli mahdotonta. Tästä syystä tapit katkaistiin ja käytettiin eri tyyppistä kiinnitysmenetelmää kuin Modulesin asennusohjeessa oli. Kiinnikkeiden porauksissa huomioitiin valussa menevä viemäriputki. Kylpyhuonemuodulien kertonpuusta tehdyt rungon oli rakennettu liian lähelle ylemmän elementin pohjaa ja palomansetteja ei saatu niille kaavailtuihin kohtiin muokkaamatta moduulin runkoa.

Palokatkotiiivistyksset ja palomansetit tarkastettiin ennen eristystöiden aloitusta. Töiden laadunvarmistus toteutettiin palokatkokourakoitsijan oman laatujärjestelmän mukaisesti sekä pääurakoitsijan tekemällä valvonnalla ja dokumentoinnilla.

4.7 Äänitekniset tiivistykset ja eristykset

4.7.1 Ilmanvaihtokanavien juotosvalut

Kylpyhuonemuodulin ilmanvaihtokanavien valutukkeet osoittautuivat hankalaksi toteuttaa, sillä valmis putkikonsoli oli ahdas. Tästä syystä tuotti vaikeuksia saada kanavan ja betonin väli tukittua, niin ettei juotosvalubetoni valahtaisi läpi. Tukkeiden materiaaliksi valittiin turpoava PU-vaaho ja vaahdotuspistooli varustettiin taipuisalla jatkosuulakkeella, jonka avulla oli mahdollista saada ahtaaseen väliin edes jotain estämään betonin valuminen. Silmämääräisesti ei voinut arvioida olivatko vaahdotukset onnistuneet. Jotain läpi-vientejä jouduttiin valamaan useampaan otteeseen, sillä tukkeet eivät pitäneet riittävästi.

4.7.2 Viemärien eritykset

Viemäriputkien äänieristykset tehtiin muiden putkieristystöiden yhteydessä. Materiaalina käytettiin verkkovillaa, joka vastasi suunnitelmien mukaisen villan ääneneristyskykyä.

4.8 Levytykset

Moduulien kipsilevytystöitä olivat ääneneristys- ja seinien kipsilevytyöt. Viemäriputkien ympärille toteutettiin ilmatiivis levytys moduulin ja talon rungon liitospaikkaan. Tällä rakenteella estettiin viemäriputkista tulevien äänien kulkeutuminen huoneistoon. Seinien levytystyöt käsittivät seinien yksinkertaisen levytyksen lisäksi ilmanvaihtokonsolien palonsuojalevytyksen. Konsoleihin tuli yksi ylimääräinen levytyskerta.

Kipsilevytyksissä oli oma tähän työvaiheeseen erikoistunut urakoitsija. Työryhmän koko vaihteli kahdesta kuuteen ammattimiestä. Tähän urakka piti sisällään mm. kalustetu- kien kiinnitykset ja vuodonilmaisien letkujen läpiviennit.

Levytyksissä haittoja olivat pienet poikkeamat moduulin rungossa ja apukoolausten lisäyksiä jakotukki- ja sähkökeskusten ympärille. Rungon suorudessa havaittiin poikkeamia, jotka olivat syntyneet sen valmistuksen yhteydessä. Vanerista tehdyt rungon jäykisteet ruuvattiin puolittain irti ja kiinnitettiin takaisin runkotolppaan. (10.)

Jakotukki- ja sähkökaappien ympärille tuli lisätä apukoolausta ennen kipsilevytyksiä. Sähkö- ja lattialämmitysputkien kytkentöjen jälkeen kiinnitettiin rimat molempien kaappien ylä- ja alareunalle tukemaan levytyksiä ja mahdollistamaan levyjen riittävän kiinnityksen moduulin runkoon. (10.)

Myös kaappien asennussyvyiksiä jouduttiin säätämään levytysten sujuvoittamiseksi ja viimeistelyn helpottamiseksi. Sähkökeskukset oli asennettu liian syväälle. Keskukset olivat kauluksellisia ja kipsilevyjen leikatut reunat oli mahdollista saada kauluksen alle piiloon. Sähköurakoitsija otti keskukset irti ja säätö syvyyden sopivaksi levytystöille. (10.)

Tämän katsottiin sujuvoittavan levytystöitä ja viimeistelyn sekä työssä tarvittavan tarkkuuden määrä väheni. Levytysten jälkeen sähkökeskukset kiinnitettiin haluttuun syvyyteen siten, että kaappien kannet oli mahdollista kiinnittää paikoilleen ja kannet aukesi-

vat normaaliin tapaan. Myös jakotukkikaapit olivat asennettu liian syvälle suhteessa valmiiseen seinän pintaan. Kaapit ruuvattiin irti ja kaappien rungot säädettiin tulemaan hieman yli valmista seinäpinnasta. (10.)

4.9 Tarkastukset ja laadunvalvonta

Kylpyhuonemoduulien asennuksessa suoritettiin muiden töiden aikana tehtäviä tarkastuksia sekä kokeita. Laadun varmistaminen tapahtui eri toimijoiden toimesta. Pääkohtina oli moduulin asennuksessa tehtävät tarkastukset ja varmistaa kipsilevytystöiden aloitus-edellytykset. Työmaalla näitä tarkastuksia dokumentoitiin rakennusalan mobiilisovelluksia hyödyntäen. Eri työvaiheiden aikana tapahtuvat tarkastukset alla lueteltuna.

Moduuliasennuksen tarkastukset ja laadunvarmistustehtävät:

- korko ja asemointi
- muottien tiiveys- sekä raudoitustarkastukset ja betonivalujen valvontatyöt
- asennuksen jälkeinen tarkastus

Muita valvottavia työvaiheita ja laadunvarmistustehtäviä:

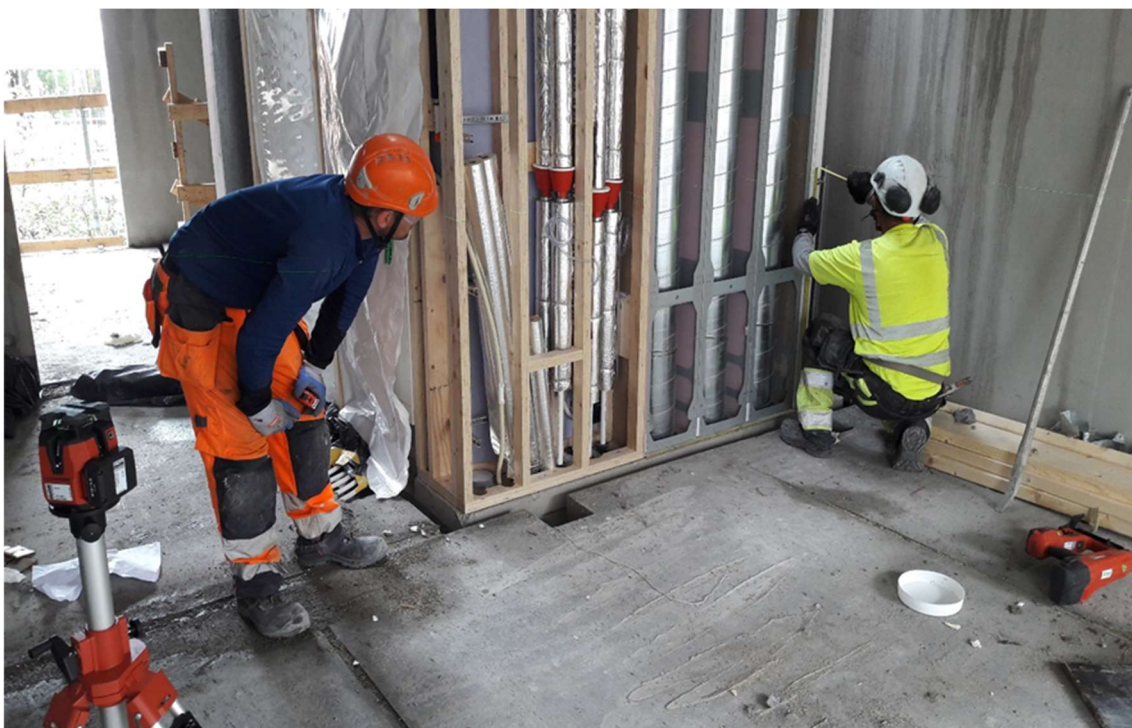
- viemäriputkien ja ilmanvaihtokanavien kuvaus
- ilmanvaihtokanavien tiiveyskoe
- vesi- ja lämpöputkien painekoe
- sähkötyöt (seinien peittolupa)
- palokatkot
- juotosvalut, eristykset, vuodonilmaisimet ja TATE-asennukset.

5 Ratkaisujen laadinta

5.1 Metrin korko ja mittalaitteiden käyttö

Ensimmäisen lohkovaiheen osalta kylpyhuoneiden laatan korkojen tarkistaminen luotettavasti tasolaserilla osoittautui hankalaksi. Tasolaseria käytettiin vastaanottimen kanssa, jolloin nurkat tarkistettiin yksitellen. Muutamien moduulien nurkkien koroissa oli eroavaisuuksia, joita jouduttiin korjaamaan tunkkaamalla moduuli suoraksi vaakatasoon. (9.)

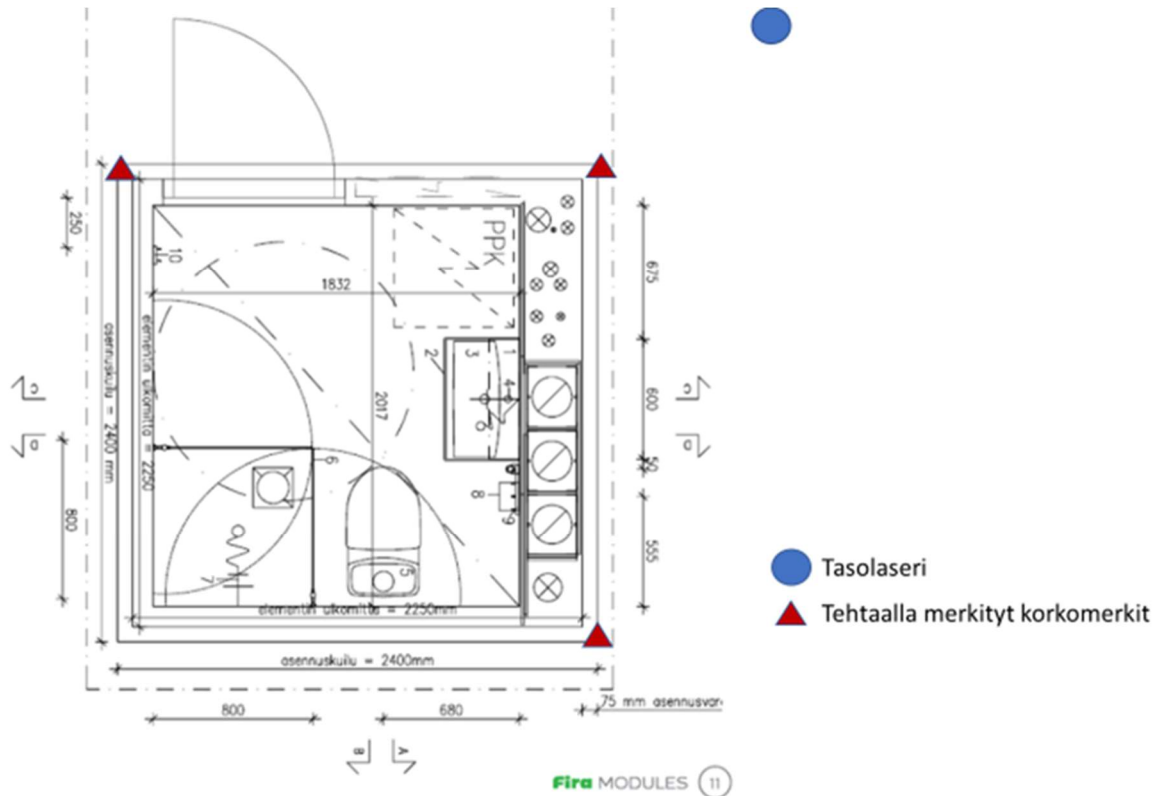
Kahdessa viimeisessä asennetussa lohossa metrin korko merkittiin elementtiasennusryhmän toimesta ja tasolaseri asetettiin vastaamaan haluttua korkoa valmiista lattian pinnasta. (Kuvassa 2. asennuksessa työryhmä merkitsee moduulin nurkkiin korkomerkit.) Mittalaitteella korko oli mahdollista tarkistaa samanaikaisesti kolmesta nurkasta.



Kuva 2. Kuvassa metrin koron mittaus ja merkintä noston aikana moduulin runkoon asennusryhmän toimesta. Mittaus tehty moduulin pohjalaatan pinnasta.

Asennusryhmän kokemus mittalaitteen käytöstä ja merkintätavasta oli hyvä. Tämä myös kävi ilmi asennustarkkuuden parantumisella ja todettiin tämän olevan asennusta

helpottava ratkaisu, kun nurkkien asennuskorot (Kuvassa 3. havainnoitu korkomerkkien sijainnit moduulin rungossa ja mittalaitteen sijainti) voitiin varmistaa yhdellä kertaa. (4.)



Kuva 3. Korkomerkkien ja tasolaserin sijainnin työvaiheessa.

Tämän työn voisi tehdä jo tehtaalla luotettavasti ja tarkasti. Näin tästä työvaiheesta mitaus sekä merkintä jäisi pois. Kolmeen nurkkaan merkitty korkomerkki riittää asennuksessa. (Kuvassa 3. tehtaalla valmiiksi merkityt korkomerkit.) Työmaalla tehdyissä merkinnöissä oli pieniä eroavaisuuksia. (4; 9.)

5.2 Viemäriliitoksen suojaus

Toimitetuissa moduuleissa havaittiin vaurioituneita viemäriputkien liitoksia. Seurauksina tästä työvaiheesta ei päästy tekemään valmiiksi järjestelmällisesti ja näin aiheutti häiriöitä työmaan tuotannossa.

5.3 Rungon muokkaus

Viemäriputkien ja niihin asennettavien palomansettien kohdalta piti moduulin runkoa katkaista. Palomansettien valmiiksi laitettut kierretapit olivat pääsääntöisesti väärillä paikoilla tai ne puuttuivat kokonaan. Häiriöitä koitui putki- ja palokatkotöihin.

Sähkö- ja jakotukkikeskusten kehittäminen. Näkyviin jäävät puskusaumat koettiin hidas-tavina tekijöinä kipsilevytyksessä. Mitoitus, leikkaus ja levyjen asennus vaativat suurempaa tarkkuutta tasaisen suuren sauman aikaansaamiseksi. (10.)

Keskusten kannet voisi ottaa jo tehtaalla irti ja varastoida moduulin sisälle. Työmailla harvemmin on järkeviä paikkoja säilöä mitään ylimääräistä. Tavaroita ja materiaaleja siirretään töiden edetessä ja vauriota syntyy pintanaarmuista isompiin kolhuihin. Tämä aiheuttaa turhaa työtä ja lisää materiaalihävikkiä. (10.)

6 Yhteenveto

Tutkimusaihe oli minulle mielenkiintoinen, sillä moduulirakentaminen oli minulle uusi asia. Ainoa kosketuspinta aiheeseen oli ollut moduulirakentamisesta kirjoitettu sanomalehden uutinen. Uteliaalle luonteelleni oli antoisaa tutkia aihetta käytännössä.

Käytännönläheinen aihe mahdollisti konstruktivisen tutkimusotteen käytön. Tällä tavalla yhteistyössä muiden toimijoiden kanssa parannettiin oman työn sujuvuutta. Moduulit ja niiden käyttö olivat konstruktioille pohjana, ongelmat olivat tapauksia tosielämästä ja ratkaisujen testeissä oli mahdollista nähdä työn tuottavan tuloksia.

Tutkimusta varten kerätty lähdemateriaali oli pääsääntöisesti rakennusalan omia tietokantoja tai alan julkaisuja. Opinnäytetyöt ja yliopistotutkielmat oli pääsääntöisesti tehty eri yritysten toimesta. Alan tietokirjat olivat pääasiassa teollisuuden järjestöjen kustantamia ja niiden lähestymistapa oli teknisen edistyksen suitsuttaminen. Yleisesti näistä näkökanta oli teollisuuden näkökulmasta ja tuotantoa edistäviä.

Julkisesta keskustelussa näkökantoja oli useampia. Laatua käsiteltiin valtamediassa ja rakennusalan omassa mediassa huonoja tuottavuuksia. Kehno työteho ei ole uusi ilmiö rakennusalalla vaan se on ollut osa toimintaa jo pidemmän aikaa. Muihin teollisuuden

aloihin nähden rakentaminen laahaa reilusti perässä tuottavuuden kehityksessä. Teknisesti kehitys on mennyt eteenpäin, toimintamallit ovat muuttuneet ja alalla on tekijöiden monimuotoisuus lisääntynyt. Tuotantoajat ovat lyhentyneet ja kiireen määrä on kasvanut työmailla. Julkisen keskustelun lähteet tukevat omia kokemuksia ja vaikuttavat mielestäni relevantilta aineistolta tähän tutkimukseen.

Tuotantoprosessin tarkasteluun oli työmaalla riittävän tarkkaa taustatietoa asennusajan tutkimiseen. Työnsaavutukseksi saatiin kahdeksan moduulia työvuorossa. Tällä etenemällä saatiin päivässä kaksi kylpyhuonekuilua asennettua ja aloitettua valuvalmistelut. Vertailussa selvisi työnsaavutusten olevan pienempiä kuin alan tietokannan laskelmasa. Erilainen kalusto ja asennustapa selittävät osan erosta. Moduulien asennukset etenivät suunniteltujen aikataulujen mukaan. Töiden edetessä ja kokemuksen karttuessa tarkkuus ja asennusnopeus parantuivat.

Työmaan tuotannossa syntyy usein häiriöitä ja työt keskeytyvät hetkittäin. Näitä tukkeita havaittiin työn virrassa ja niihin osattiin varautua. Näin negatiiviset vaikutukset pienenevät ja korjaustoimintojen määrä asennustöissä vähentyi. Töiden sujuessa ja jälkikäteen tehtävien korjausten jäädessä pois nousevat moduulit oikeuksiinsa rakennustyömaalla. Pienistä puutteista huolimatta vaikutukset työmaalle ovat positiiviset. Valmista pintaa syntyy nopeasti kylpyhuonemoduulien asennuksessa ja paljon töitä jää pois. Koen niiden avulla työmaiden saavan merkittävää hyötyä rakentamisajan lyhentymisellä ja mahdollistaa vähäisempien resurssien käytön rakentamisessa.

7 Lähteet

- 1 Fira Modules Asennusohje v.1.0 (9.5.2018)
- 2 Fira Modules Esite 2018
- 3 Fira Oy vuosikatsaus 2017
- 4 Haastattelu elementtiasennus aliurakoitsijan työnjohtaja, Hansakallio 3
- 5 Haastattelu ilmanvaihto työnjohtaja, Hansakallio 3
- 6 Haastattelu Modules, Hämeenlinna
- 7 Haastattelu nosturinkuljettaja, Hansakallio 3
- 8 Haastattelu putkityön työnjohtaja, Hansakallio 3
- 9 Haastattelu runkotöiden pääurakoitsijan työnjohtaja, Hansakallio 3
- 10 Haastattelu väliseinäasentaja, Hansakallio 3
- 11 Hansakallio 3 Last planner-viikkoaikataulut
- 12 Hansakallio 3 yleisaikataulu
- 13 <http://docomomo.fi/?s=standardivuokratalo> luettu 1.10.2018
- 14 <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen> luettu 5.10.2018
- 15 <https://fi.wikipedia.org/wiki/Moduulimitta> luettu 10.10.2018
- 16 <https://metodix.fi/2014/05/19/lukka-konstruktiivinen-tutkimusote> luettu 1.9.2018
- 17 <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/kohuttu-kahden-viikon-putkiremontti-tekijan-tulos-miinukselle>

- 18 Hytönen & Seppänen 2009. Tehdään elementeistä- Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia. SBK-säätiö.
- 19 Koistinen & Kivimäki 2012. Ratu 0395 Tilaelementtityö. Rakennustieto Oy
- 20 Koskenvesa & Kivimäki & Mäki & Sahlstedt 2016. Aikataulukirja 2016. Rakennustieto Oy.
- 21 Oona Lohilahti 2.9.2017. Rakennusalalla työn tuottavuus ei ole juuri kasvanut 40 vuodessa – ongelmana on ollut vuoropuhelun puute. Helsingin Sanomat
- 22 Ruusuvuori & Tiittula 2005. Haastattelu - tutkimus, tilanteet ja vuorovaikutus. Vastapaino.
- 23 Seppo Mölsä 18.5.2017. Mauno Koivisto synnytti betonilähiöt. Rakennus-lehti
- 24 Seppo Mölsä 26.1.2017. Rakennustyömaat ovat 50 vuodessa muuttuneet sotatantereista siisteiksi ja monikansallisiksi työpaikoiksi. Rakennuslehti
- 25 Seppo Mölsä 9.2.2018. ”Kiireessä ei synny priimaa”. Rakennuslehti
- 26 Sini Kotilainen 2013. Moduulirakentaminen- ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. Tampereen teknillinen yliopisto.
- 27 Kuva 1. Modules/Purtola
- 28 Kuva 2. Modules/Purtola
- 29 Kuva 3. Modules, muokkaus R.K.

