

Sami Kotilainen

Betonisen filigran-liittorakenteen soveltaminen asuinkerrostalon välipohjarakenteena

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

16.4.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Sami Kotilainen Betonisen filigran-liittorakenteen soveltaminen asuinkerrostalon välipohjarakenteena 33 sivua 16.4.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat	Janne Kiiskilä, Rakennuttajapäällikkö Juha Virtanen, Lehtori
<p>Tässä insinööriyössä tutkittiin filigran- ja ontelolaattavälipohjarakenteen työmaateknisiä vaiheita sekä kerättiin tietoa ulkomailla olevista filigran-kohteista. Opinnäytetyö tehtiin Bonava Suomi Oy:lle. Bonava Suomi Oy on entinen NCC Asuminen Oy.</p> <p>Työssä tutkittiin filigran- ja ontelolaattavälipohjarakenteiden työmaateknisiä vaiheita ja niiden vaikutusta kustannuksiin. Työn tavoitteena oli selvittää mahdollisia käytettäviä välipohjaratkaisuja asuinrakentamisessa, laatia kustannus seuranta- ja ontelolaatta- ja filigran -välipohjarakenteesta sekä vertailla niitä keskenään.</p> <p>Tässä työssä kerättiin tietoa ulkomaisista dokumenteista sekä vierailulla Tukholmassa sijaitsevassa Bonavan asuinrakentamisen kohteessa. Filigran-laattaelementti on täysin uusi tuote Suomessa, joten siitä ei ole suomalaisia kirjallisia tietolähteitä.</p> <p>Tuloksena saatiin selvitettyä sekä ontelolaatta- että filigran-välipohjarakenteen työmaatekniset vaiheet, vertailtiin niitä keskenään sekä laadittiin kustannusvertailutaulukot molemmille ratkaisuille. Suomessa filigran-rakennuskohde ei ole vielä käynnissä, joten työnaikaiset lisätutkimukset ovat tarpeellisia.</p>	
Avainsanat	Filigran, asuinrakentaminen, välipohja

Author Title	Sami Kotilainen Application of Filigree Floors In Apartment Building.
Number of Pages Date	33 pages 16 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Construction Project Management
Instructors	Janne Kiiskilä, Contruction Manager Juha Virtanen, Lecturer
<p>This thesis investigated filigree slabs and collected information about the work phases on a construction site. The study was made for Bonava Suomi Oy, former NCC Housing.</p> <p>First, the work phases of the filigree and hollow core slabs were studied. Also, their impact on cost was studied. The aim was to find intermediate floor solutions suitable for residential buildings. Also, the aim was to draw up cost-monitoring tables for the hollow core slab and filigree slab floor structures and to compare them.</p> <p>The thesis collected information from foreign documents and with a visit to the Bonava residential building site in Stockholm. Filigree slab elements are a completely new product in Finland, so no Finnish written sources of information were found.</p> <p>As a result, the construction site work phases of the hollow slab elements and filigree elements were obtained and the comparison between them was made. Also, the cost comparisons between both solutions were obtained. In Finland, the filigree construction site is not yet in progress, so further research on the operation is necessary.</p>	
Keywords	Filigree, residential bulding, intermediate floor

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoite	1
1.3	Rajaus	1
1.4	Toteutus	2
2	Asuinrakentamisen välipohjarakenteita	3
2.1	Välipohjarakenteena ontelolaatta	3
2.2	Välipohjarakenteena kuorilaatta	4
2.3	Välipohjarakenteena paikallavalettu	5
3	Filigran välipohjaratkaisu	7
3.1	Tausta	8
3.2	Rakennetyyppi	8
3.3	Valmistus	9
3.3.1	Elementtivalmistaja	11
3.4	Kuljetus	11
3.5	Tekniset tiedot	12
4	Filigran- ja ontelolaattavälipohjarakenteen työmaatekniset menetelmät ja niiden eroavaisuudet	13
4.1	Filigran-välipohjarakenteen työmaatekniset menetelmät	13
4.1.1	Elementtien varastointi	14
4.1.2	Elementtien nostaminen	14
4.1.3	Elementtien asentaminen	16
4.1.4	Työnaikainen tuenta	18
4.1.5	Työturvallisuus	20
4.2	Ontelolaattavälipohjan työmaatekniset menetelmät	22
4.2.1	Ontelolaattojen kuljetus ja purku	22
4.2.2	Ontelolaattojen nosto	23
4.2.3	Asennus	25
4.2.4	Työturvallisuus	26
4.2.5	Putoamissuojaus	26
4.3	Ontelo- ja Filigran-välipohjarakenteiden eroavaisuudet	27

5	Kustannukset	29
5.1	Kustannusseuranta	29
5.2	Säästöpotentiaalit	31
6	Johtopäätökset	32
7	Yhteenveto	32
	Lähteet	33

Käsitteet

CMR-vakuutus Kansainvälinen tiekuljetusvakuutus.

V/S Betonin vesi / sementti suhde.

1 Johdanto

1.1 Tausta

Tämä opinnäytetyö toteutetaan yhteistyössä Bonava Suomi Oy:n kanssa. Bonava haluaa siirtyä pois radiaattori-lämmityksestä ja siirtyä lattialämmitykseen. Tämän takia on valittava uusi välipohjamenetelmä, joka mahdollistaa lattialämmityksen integroimisen välipohjarakenteeseen.

Bonava on syntynyt NCC Housingista, jonka historia ulottuu 1800-luvun lopun Göteborgin laivanvarustajiin. Yhtiön historia alkaa Suomessa 1940-luvulta.

Bonava:lla on useita kohteita Saksassa ja Ruotsissa, joissa käytetään esijännittämätöntä filigran-kuorilaattaa kerrostalon välipohjarakenteena. Lisäksi edellä mainitut maat pitävät ratkaisua erittäin nopeana, laadukkaana ja kustannustehokkaana välipohjaratkaisuna.

1.2 Tavoite

Kohde yrityksen tavoitteena on alentaa tuotantokustannuksia ja tämän tutkielman perimmäisenä tarkoituksena tukea tätä tavoitetta selvittämällä onko ko. välipohjarakennetta kustannustehokkaampaa ratkaisua. Tavoitteena on myös selvittää välipohjalaattarakaisut ja kustannusseurantataulukko ontelolaatta- sekä filigran-välipohjarakenteista. Välipohjaratkaisujen vertailut keskenään kuuluvat myös opinnäytetyön tavoitteisiin. Tutkimuksessa kartoitetaan ontelolaatta- ja filigran-välipohjarakenteiden työmaatekniset vaiheet, ratkaisut sekä laadittiin kustannusseurantataulukot.

1.3 Rajaus

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan vain asuinkerrostalojen ontelolaatta- ja filigran-välipohjarakenne. Työssä ei selvitetä välipohjarakenteiden suunnitteluarvoja. Opinnäytetyö on rajattu Vantaalla ja Tukholmassa oleviin asuinkerrostalo työmaille.

Vantaalla käytetään ontelolaatta välipohjarakennetta ja nyt suunnitteilla olevaa filigran-laatta välipohjarakennetta.

1.4 Toteutus

Insinööri työ toteutetaan seuraamalla projektin kulkua rakennuskohteessa Vantaalla ja seuraamalla työryhmän käyttämää aikaa sekä tekemällä havaintoja työvaiheiden suorittamisesta. Tutkijan omien havaintojen tueksi haastateltiin kokeneempia kohdeyrityksen omia työnjohtajia sekä elementtiasennustyöryhmän työnjohtajaa.

Vertailua tehdään kahden samankaltaisen kerrostalohankkeen kesken. Ensimmäisessä vuoden 2018 tammikuussa alkaneessa hankkeessa on käytössä ontelolaattavälipohjarakenne, josta kerätään toteutunutta kustannus- ja aikataulutietoa. Toisessa hankkeessa käytetään filigran-välipohjarakennetta, mutta hankkeen aloitus on suunniteltu alkavan 2019 maaliskuussa. Tässä insinööri työssä ei esitellä toteutuneita kustannuksia ontelolaatta- tai filigran-välipohjarakenteiden osalta, vaan laaditaan kustannusseurantataulukko ja avustetaan työnjohtoa suunnittelemaan työvaiheet, aikataulu ja kustannukset oikein.

Tutkimustyö toteutetaan kirjallisten tietojen yhteen keräämisellä, haastatteluilla, sekä Saksan elementtitehtaalta saaduilla dokumenteilla. Tutkimuksen aikana vierailtiin myös Ruotsissa Bonavan asuinrakennushankkeessa, jossa käytössä oli filigran-välipohjarakenne.

Tutkimuksessa kartoitetaan filigran-välipohjajaelementin valmistus, kuljetus, tekniset tiedot, työmaatekniset vaiheet, työturvallisuus sekä kustannusseurantataulukko. Ontelolaatta-välipohjajaelementistä kartoitetaan työmaatekniset vaiheet, työturvallisuus ja putoamissuojaus. Lopuksi verrataan ontelolaatta ja filigran-välipohjaratkaisuja keskenään ja luodaan johtopäätökset ja yhteenveto.

2 Asuinrakentamisen välipohjarakenteita

Asuinkerrostalon välipohjarakenteena voidaan käyttää lukuisia erilaisia ratkaisuja. Rakenteen valitsemisessa tulee huomioida välipohjan kantavuus sekä valmisbetonilaattojen soveltuvuus kyseiselle jänneväliille. Tärkeätä on huomioida, että välipohja täyttää rakentamismääräyksissä määrätyt ääni- ja palotekniset ominaisuudet. [2]

Elementtivälipohjaratkaisua käytettäessä kosteiden tilojen kohdalla voidaan käyttää kololaattaa, jonka korkeus on matalampi, kuin muiden elementtien. Tällöin kylpyhuoneen lattian korkeus ei aiheuta huonetilan ja märkätilan välille merkittävää tasoeroa. [2]

Betonisen välipohjarakenteen paksuutta ei voida rajattomasti kasvattaa, koska rakenteen lisääntyvä massa rajoittaa kantavuutta, huonekorkeutta sekä betonielementin suurinta jännepituutta. [2]

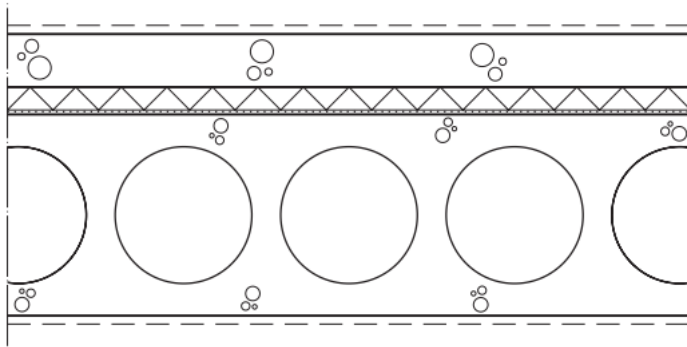
Välipohjaratkaisuksi valitaan parhaiten kyseiseen kohteeseen soveltuva ratkaisu ottaen huomioon rakenteen kantavuus, tilaajan vaatimuksia, vuodenaika, äänieristävyys sekä LVIS-tekniikka.

Seuraavissa luvuissa tarkastellaan kolmea erilaista välipohjarakennetta sovellettuna käytettäväksi lattialämmityksen kanssa asuinrakentamisessa. Ratkaisut ovat ontelolaattaelementti, kuorilaattaelementti ja paikallavalettuvälipohja.

2.1 Välipohjarakenteena ontelolaatta

Ontelolaatta on esijännitetty betonilaatta, jonka sisällä kulkee pituussuuntaiset ontelot. [2] Ontelolaattojen asennuksen jälkeen ontelokenttä raudoitetaan ja tämän jälkeen betonoidaan ontelosaumat sekä elementtikentän reunat.

Suurin osa kerrostalojen välipohjista toteutetaan ontelolaatta välipohjarakenteena. Tämän ratkaisun etuina nähdään tehokas elementtien asennusnopeus ja vähäinen työresurssien tarve. Ontelolaattoja käytettäessä betonointi, raudoitus ja työnaikainen tuenta ovat erittäin vähäistä verrattuna muihin vaihtoehtoihin ja näin ollen lukeutuu tehokkaimpiin välipohjaratkaisuihin.



Kuva 1. Ontelolaattavälipohja [3]

Kuvassa 1. esitetyt rakenteen alhaalta ylöspäin ovat, ontelolaatta, askeläänieriste sekä pintabetoni. Yleisimmin asuinkerrostaloissa käytetyt ontelolaattojen paksuudet ovat 370mm ja lattialämmitystä käytettäessä 320mm. Ontelolaattojen vakioleveys on 1200mm ja suurin mahdollinen jänneväli 20 metriä. [2]

2.2 Välipohjarakenteena kuorilaatta

Kuorilaatta on ohut umpilaattaelementti, jonka tarkoituksena on tehdä muotti paikallavalettavalle betonille. Kuorilaatassa kulkee laatan pituussuuntaiset esijännitetyt raudoitteet. Laatassa on ansaat, joilla varmistetaan rakennevalun yhtenäinen rakenne elementin työsaumaan. Elementtien nostaminen tapahtuu turvallisesti ansaista. [2]

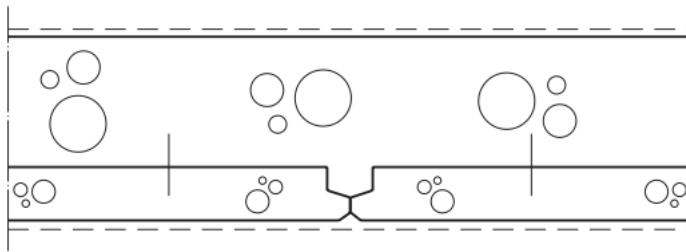


Kuva 2. Kuorilaatat asennettuna. Kuva: Sami Kotilainen 2017.

Kuorilaattojen asennuksen jälkeen laatat tuetaan alapuolelta, raudoitetaan yläpuolelta ja viimeiseksi betonoidaan paikallavalukerros. [11] Tämän jälkeen varmistetaan välipohjan lujuudenkehitys ja väliaikaisen tuennan muotinpurkulujuus, mikä on yleensä 60-70%.

Kuorilaattavälipohjien käyttö on vähentynyt merkittävästi, koska tämä vaatii mm. väliaikaisen tuennan ja paikallavalu betonoinnin. Kuorilaattoja voidaan käyttää ontelolaattojen yhteydessä mm. schöck-parvekkeiden edessä, joka on todettu toimivaksi ratkaisuksi asuinrakentamisessa.

Kuorilaattaa käytetään paljon teollisuusrakennuksien välipohjarakenteena ja toimivat tässä tarkoituksessa erittäin hyvin. [2]



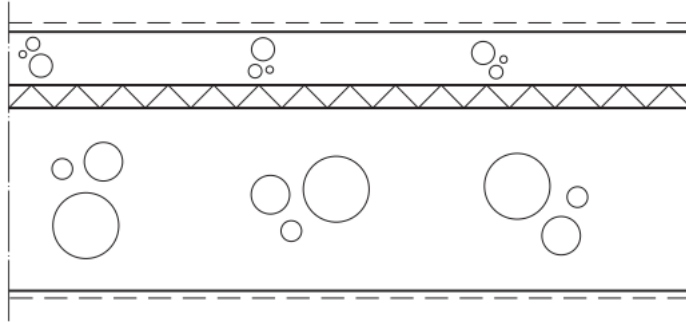
Kuva 3. Kuorilaattavälipohja [3]

Kuvassa kolme esitettyä rakenteita alhaalta ylöspäin ovat: kuorilaatta ja rakennebetoni. Kuorilaattojen vakiopaksuudet ovat 100, 120, 150mm. Pintavalun paksuudet vaihtelevat 100 – 200mm välillä. Kuorilaatan vakioleveys on 1200mm sekä sen suurin mahdollinen jänneväli 10 metriä. [2]

2.3 Välipohjarakenteena paikallavalettu

Paikallavaletun välipohjarakenteen etuihin kuuluu hyvä kuormien jako- ja kantokyky. Välipohja sallii rakennusten erikoiset muodot. [6] Paikallavalettava välipohja on kaikista välipohjaratkaisuista työläin. Paikallavalettavassa välipohjassa on useita työvaiheita kuten; muottityö, työnaikainen tuenta, raudoitustyö sekä betonityö.

Paikallavaletun välipohjan toteutukseen tarvitaan huomattavasti enemmän työnjohtoa ja resursseja verrattuna muihin välipohjamenetelmiin. Välipohjan kuivumisajat saattavat muodostua haasteelliseksi.



Kuva 4. Paikallavalettu välipohja. [3]

Asuinkerrostalossa paikallavaletun välipohjan paksuus on noin 300mm. [3]

3 Filigran välipohjaratkaisu

Filigran-välipohjaelementti on parasta aikaa suunnitteilla kohdeyrityksen asuinkerrostalon välipohjarakenteeksi. Tämä on tiettävästi ensimmäinen kerta, kun kukaan on käyttänyt kyseistä elementtiä Suomen asuinrakentamisessa.

Filigran-betonielementtilaatta on kehitetty Amerikassa 1960-luvun lopussa. Laatan kehittäjänä pidetään amerikkalaista Harry H. Wise:ä. Laatan alkuperäisenä tarkoituksena oli korvata paikallavalettavat välipohjat nopeammalla ja tehokkaammalla ratkaisulla. [7]

Filigran on ohut esijännittämätön betonilaattaelementti, jonka perusajatuksena on tehdä muotti paikallavaletulle betonille. Laatan sisällä kulkee raudoitteet verkkomaisesti. Ansaat ovat erilaiset kuin tavallisessa kuorilaatassa, koska ansaat kulkevat koko laatan pituudella näkyvillä. Ansaat kulkee kaksi vierekkäin, jotka on yhdistetty ylhäältä harjateräkseen.



Kuva 5. Filigran- laatan ansaat. Kuva: Sami Kotilainen 2018.

Filigran-laattojen etuina on erittäin tehokas asennusnopeus, koska laattojen vakioleveys on 2400mm (vrt. ontelolaattojen 1200mm). Yhdellä elementtiryhmällä ja yhdellä raudoitusryhmällä on mahdollista jopa kahden pistetalon yhtäaikainen rakentaminen.

Rakenne- ja pintavaluihin on mahdollista sijoittaa LVIS-tekniikkaa, mikä vähentää betoniporauksien ja -leikkauksien määrää. Betonivalut myös helpottavat mahdollisia suunnitelma- tai asukasmuutoksia rakennusvaiheessa.

Amerikkalainen yhtiö ”Mid State Filigree Systems” näkee Filigran välipohjarakenteessa useita etuisuuksia kuten;

- Edullinen välipohjaratkaisu
- Vähentää työtä ja säästää aikaa
- Ylivoimainen verrattuna muihin ratkaisuihin
- Hyvä ääneneristävyys ja erinomainen palonkesto
- Helppokäyttöinen
- Ympäristöystävällinen. [7]

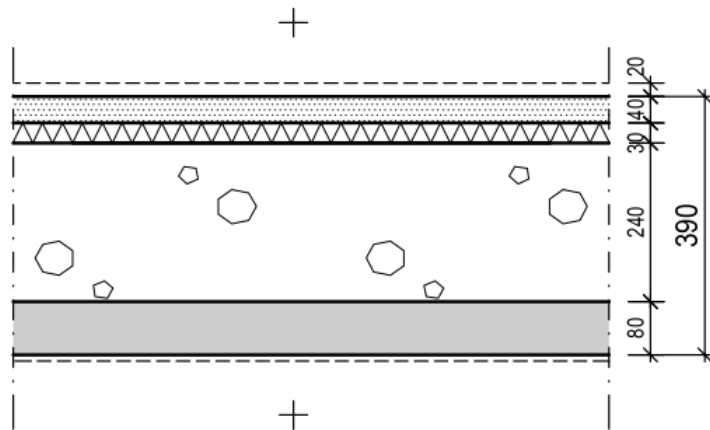
3.1 Tausta

Filigran-välipohjarakenne on muodostunut keski-Euroopassa erittäin toimivaksi ja kannattavaksi ratkaisuksi. Bonavalla filigran-välipohjarakennetta käytetään erityisesti Saksassa ja Ruotsissa. Suomen asuinrakentamisen yksikkö haluaa selvittää minkälaisia etuja filigran-välipohjarakenteesta mahdollisesti muodostuisi.

Filigran-laatta on tyyppihyväksytetty Saksassa. Tämä tyyppihyväksyntä kelpaa, myös Ruotsissa sekä nyt suunnitteilla olevassa Vantaan asuinrakentamisen kohteessa.

3.2 Rakennetyyppi

Kohdeyrityksen suunnitteilla olevan asuinkerrostalon välipohjan rakennetyyppi koostuu filigran-laatasta, rakennebetonista, askeläänieristeestä ja pintatasoitteesta. (Kuva 5.)



	PINTAKÄSITTELY / -MATERIAALI RAKENNUSSELLITYKSEN MUKAAN
40 mm	TASOITE
30 mm	ASKELÄÄNIERISTE, ESIM. ISORA-STEP
320 mm	FILIGRAN LIITTOLAATTA + PINTAVALU RAKENNESUUNNITELMIEN MUKAAN

Kuva 6. Filigran-rakennetyyppi

Filigran-laatan paksuus on 80mm sekä pintavalun paksuudeksi, on määritelty 240mm. Pintavalun päälle asennetaan 30mm askeläänieriste, jonka päälle betonoidaan 40mm lattiatasoite kerroksella. Välipohjan kokonaispaksuus on 390 mm. Raudoitemäärän on oletettu olevan 100 kg/m³.

3.3 Valmistus

Filigran-laatat valmistetaan elementtitehtaassa liukuvalukoneella, minkä etuina on tasainen työnlaatu ja erinomainen valunopeus. (Kuva 7.) Elementtitehtaan lattialla on teräksinen liukuvalualusta, joka puhdistetaan aina ennen uuden valun aloittamista. Liukuvalualustalle nostetaan valmiiksi raudoitettut raudoitteet rauditusvälikkeiden päälle. Elementtiin tarvittavat varaukset toteutetaan styroksilla, joka on helppo poistaa valmiista elementistä.



Kuva 7. Filigran-elementtien betonointi. Kuva: Samuli Nylander 2018.

Liukuvalukone on varusteltu tasoitusraudoilla, joilla laatta tasoitetaan ja tiivistetään. Liukuvalualusta on lämmitetty, joka mahdollistaa purkamisen 6-8 tunnin kuluttua elementin tiivistämisestä.



Kuva 8. Filigran-laatan nostaminen tehtaalla. Kuva: Samuli Nylander 2018.

Elementtien nostamiseen tehtaalla käytetään siihen tarkoitettua nostolaitetta, joka on liikuteltavissa radio-ohjauksella (Kuva 8). Nostolaite kiinnitetään elementin ansaisiin, mistä se voidaan turvallisesti nostaa. Elementit nostetaan välivarastoon odottamaan kuljetusta elementtien tilaajalle.

3.3.1 Elementtivalmistaja

Kohteeseen tulevat elementtilaajat tilataan Saksasta. Elementtivalmistaja on Saksassa vuonna 1980 perustettu yritys, joka on kasvanut erityisesti elementtien kysynnän lisääntyessä. Elementtivalmistajan omistaa Heiner Brinkhegen sijoitusyhtiö. Liikevaihto oli vuonna 2017 noin 250 miljoonaa euroa. Valmistajalla on elementtitehtaita yhteensä 26 kappaletta, jotka sijaitsevat pääosin Saksassa.

Elementtitehtaan valmistusmäärät vuonna 2017 olivat;

- 8,7 miljoonaa m² lattiaelementtiä
- 1,6 miljoonaa m² seinäelementtiä

3.4 Kuljetus

Filigran-elementit kuljetetaan merikontissa Saksan laivasatamaan, jossa ne lastataan rahtilaivan kuljetettavaksi Suomeen. Konttien saavuttua Suomeen kontit varastoidaan tehdasalueelle, jossa ne puretaan sekä lastataan elementtirekkaan. Mikäli, toimitusaika työmaalle muuttuu, on siitä ilmoitettava viisi päivää ennen toimituksen aloittamista. Kuljetusmuoto rajoittaa elementtien suurimman leveyden 2,45 metriä ja suurimman pituuden 13,6 metriä. Kuljetus on vakuutettu CMR-vakuutuksella.

Elementtien kokonaishintaan kuuluu tiemaksut, tullausmaksut sekä vakuutusmaksut. Sopimukseen kuuluu kaksi tuntia elementtien purku-aikaa työmaalla.

Elementtisuunnittelun on oltava hyvin suunniteltu ja varmistettu, koska mahdollisen suunnitteluvirheen seurauksena voidaan tarvita uusi elementti, mutta uuden elementin toteuttaminen ja kuljettaminen eivät ole aikataulullisesti mahdollista. Tässä tapauksessa ainoa vaihtoehto on elementin korvaaminen paikallavalulla.

3.5 Tekniset tiedot

Elementeissä käytetään erittäin alhaista 0,32 – 0,35 v/s suhdetta, joka parantaa betonin kuormituslujuutta ja hidastaa karbonatisoitumisen etenemistä.

Filigran-laattojen suurimmat valmistusmitat ovat:

- Kokonaispituus 14 metriä
- Kokonaisleveys 3 metriä

Elementit painavat noin 125 kg/m² riippuen niiden paksuudesta ja rauditus määrästä.

4 Filigran- ja ontelolaattavälipohjarakenteen työmaatekniset menetelmät ja niiden eroavaisuudet

4.1 Filigran-välipohjarakenteen työmaatekniset menetelmät

Elementin käsittelyä varten on työmaalla oltava elementtitehtaan ohjeet turvallisesta purkamisesta, varastoinnista, nostamisesta sekä asentamisesta. Yksittäisessä elementissä tulee olla ilmoitettuna paino, mitat ja valmistuspäivämäärä. Elementtiä, josta ei löydy näitä tietoja, ei saa työmaalla käsitellä. Puuttuvista tiedosta on saatava elementin valmistajalta luotettava selvitys.

Jokaisesta välipohjakerroksesta on oltava asennussuunnitelma, joka sisältää tärkeää tietoa asennusta varten kuten laattojen asennusjärjestyksen sekä työnaikaisen tuentavälin.



Kuva 9. Filigran-välipohja. Kuva: Sami Kotilainen 2018.

Rakenne- ja pintavaluihin on mahdollista sijoittaa LVIS-tekniikkaa, mikä vähentää betoniporauksien ja leikkauksien määrää. Betonivalut myös helpottavat mahdollisia suunnitelma- tai asukasmuutoksia rakennusvaiheessa.

4.1.1 Elementtien varastointi

Filigran-elementit pyritään nostamaan suoraan käytettäviksi, mutta asennuksessa saattaa olla ongelmia tai purkujärjestys on väärä, jolloin elementit joudutaan varastoimaan työmaalle.

Elementit painavat niiden paksuudesta ja rauditusmäärästä riippuen noin 125 kg/m². Varastoinnissa tulee ottaa huomioon pohjan kantavuus, tasaisuus ja kaltevuus. Alimman elementin alle laitetaan vähintään kahden metrin välein puupalkki ja tämän päälle tulevat elementit erotetaan toisistaan elementin levyisillä laudoilla. Enintään kymmenen laattaa voidaan pinota päällekkäin, koska muuten alimmaisena laatan rauditus saattaa vahingoittua elementtien kokonaispainosta.



Kuva 10. Elementit varastoituna. Kuva: Samuli Nylander 2018.

Kuvassa 10, Saksassa 2018 elementtitehtaalla välivarastoidut elementit.

4.1.2 Elementtien nostaminen

Elementtien nostotyöstä on oltava asennussuunnitelma, jonka noudattamista valvoo pääurakoitsija ja elementtiurakoitsijan työnjohtaja.

Elementit kuljetetaan työmaalle elementtirekalla, josta elementit nostetaan suoraan käytettäväksi. Elementit ovat kuljetuksessa pääpiirteittäin asennusjärjestyksessä, mutta ylimmäiset elementit saattavat olla kavennettuja elementtejä, jotka joudutaan välivarastoimaan, jotta saadaan alemmat elementit käytettyä.

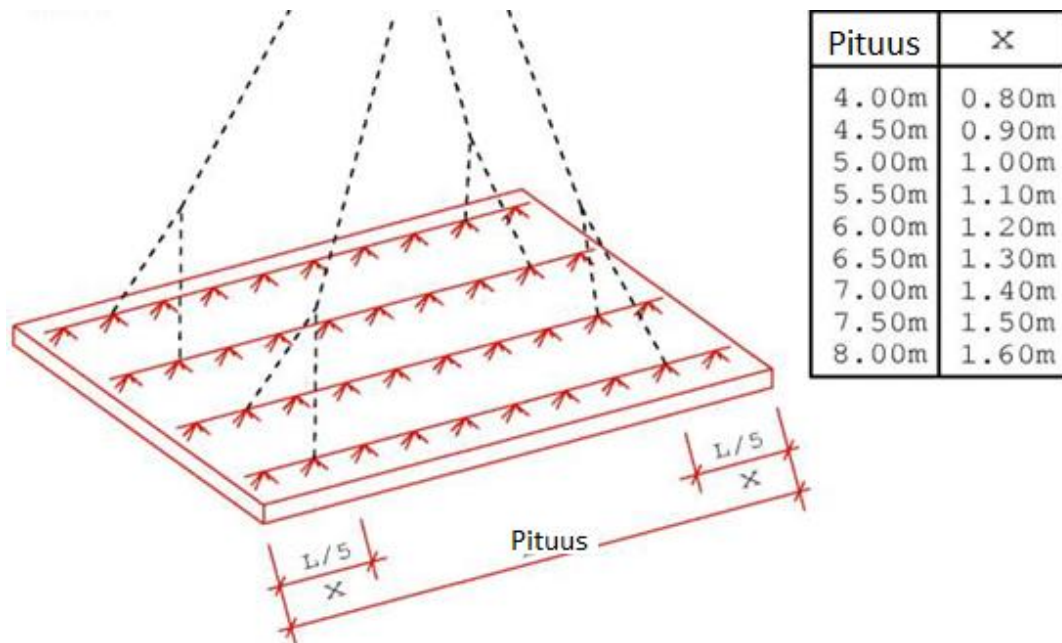
Alla selostetaan, miten elementtien nostaminen tapahtuu Euroopassa. Tämän nostotavan käyttö Suomessa on vielä varmistettava viranomaisilta ja mahdollisesti elementtitehtaan kanssa suunnitella Suomen rakentamismääräykseen soveltuvat nostosat.

Elementti on nostettava kahden ansaan ja yläraudoituksen liitoskohdasta, kuva 11.



Kuva 11. Elementtien nostokohta. [9]

Nostolenkkien etäisyydet elementtien päistä ovat aina elementtien kokonaispituus jaettuna viidellä. Elementtiasentajien työtä helpottaen tästä on tehty taulukko, jossa on ilmoitettu elementin kokonaispituudet ja nostokohtien etäisyys elementin päästä. (Kuva 12) Kokonaispituudelta alle 5 metrin elementit voidaan nostaa neljällä nostolenkillä, mutta tätä suuremmat elementit on nostettava kahdeksalla nostolenkillä.



Kuva 12. Nostolenkkien paikkojen määrittäminen. [10]

Filigran-laatat asennetaan 20 – 30mm paksujen asennusvälikkeiden varaan. Välikkeiden tarkoituksena on säätää elementin korko, vaakasuoruus sekä mahdollistaa betonoimisen seinäelementin ja laatan välille. Välikkeitä tulee käyttää vähintään 600 mm jaolla elementin kummassakin päässä.

4.1.3 Elementtien asentaminen

Elementit asennetaan tasopiirustuksessa merkityille paikoille ja asentaminen aloitetaan rakennuksen keskeltä edeten kohti rakennuksen ulkoreunoja.



Kuva 13. Filigran-elementin alapinnan raudoitus. Kuva: Sami Kotilainen 2018.

Suosittelava työjärjestys filigran-välipohjarakenteella on seuraava;

1. Asennetaan tuentajärjestelmä.
2. Puhdistetaan elementtien laakeripinnat ja aseta elementtivälitteet.
3. Asennetaan elementit elementtikaavion mukaan.
4. Asennetaan alapinnan raudoitus.
5. Puhdistetaan elementtilevyt ja asennetaan piiloon jäävä LVIS-tekniikka.
6. Asetetaan elementtien väliset raudotteet ja lisäraudotteet elementteihin.
7. Asennetaan yläpinnan raudoitus (erillinen raudoitussuunnitelma).
8. Puhdistetaan elementin pinta.
9. Betonoidaan elementin päälle tuleva rakennebetoni.
10. Poistetaan/kevennetään väliaikaiset tuennat muotipurkuaikaa noudattaen.



Kuva 14. Betonointia odottava välipohja. Kuva: Sami Kotilainen 2018.

Kuvassa 14. Ruotsissa maaliskuussa 2018 valmistumassa oleva filigranvälipohjarakenne.

4.1.4 Työnaikainen tuenta

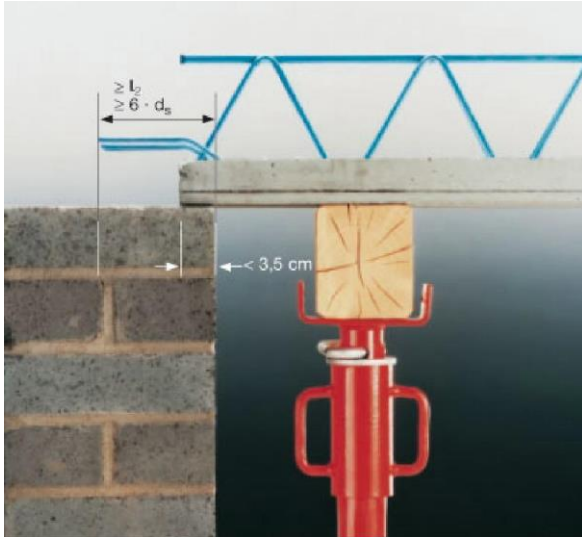
Väliaikaisten tuentojen tarkoituksena on kantaa elementtien ja yläpuolisen rakennevalun paino. Huomioon tulee ottaa betonin viruma, jota voidaan vähentää käyttämällä kevennettyä tuentaa, kunnes rakennevalun lujuus on saavuttanut 70% suunnittelulujuudesta. Kuvassa 14. Ruotsissa maaliskuussa 2018, työnaikainen tuentamalli.



Kuva 15. Työnaikainen tuenta. Kuva: Sami Kotilainen 2018.

Rakennesuunnittelija merkitsee tasopiirustuksiin laattojen tuennan suurimman etäisyyden toisistaan ja vastaa tuennan toimivuudesta kohteessa. Elementtiasennuksen työnjohtaja valitsee tuentajärjestelmän, joka täyttää rakennesuunnittelijan asettamat kuormitusvaatimukset. Rakennesuunnittelija määrittelee ns. muotipurkulujuuden, jolloin väliaikaiset tuennat voidaan poistaa.

Kooltaan suuremmat kuin 400 mm varaukset on tuettava lisätuilla. Lisätuet asennetaan laatan poikkisuuntaisesti. Ilman lisätueta filigran-laatta voi taipua enemmän kuin viereiset laatta-elementit. Osa väliaikaisista tuista on jätettävä tukemaan alempia kerroksia, mikäli alemmat kerrokset eivät ole vielä saavuttaneet suunnittelulujuutta. Kylmissä olosuhteissa joudutaan varautumaan yhden lisäkerroksen tuentakalustoon, koska betonin lujuudenkehitys hidastuu radikaalisesti alle 5°C jälkeen.



Kuva 16. Lisätuenta elementin pätyyn. [8]

Mikäli laatta tukeutuu seinäelementtiin vähemmän kuin 35mm on se tuettava lisätuilla elementin päädystä kuvan 14 mukaisesti.

4.1.5 Työturvallisuus

Elementtiasennuksen valmisteluun kuuluu elementtiasennussuunnitelman luominen yhteistyössä asennustyönjohtajan, päätoteuttajan ja elementtisuunnittelijan kanssa. Suunnitelmassa tulee ottaa huomioon mahdolliset erityispiirteet, kuten talviolosuhteiden työmenetelmät ja työturvallisuus. Työturvallisuusriskit on arvioitava ennen elementtiasennuksen aloittamista ja havaitut riskit on raportoitava suunnittelijoille, asennusryhmälle ja vastaavalle mestarille.

Elementtien asennussuunnitelmassa selvitettävät asiat:

- Elementtien kuljetus, vastaanotto, purku ja varastointi
- Elementtien tunnuksot, painot ja mitat
- Putoamissuojaukset ja työtasot
- Henkilösuojaimet

- Nousutiet
- Asennusjärjestys
- Asennustoleranssit
- Väliaikainen tuenta ja vähimmäistukipinnat
- Liitokset ja hitsaukset
- Nosturityyppi, nostotehot ja ulottumat.

Rakennuksen ulkokehän putoamissuojaukselle on kaksi käytännöllistä vaihtoehtoa. Ensimmäinen vaihtoehto on kiinnittää putoamissuojaus välipohjaelementtiin, mutta tästä seuraa häiriötä tulevalle raudoitukselle ja betonoinnille. (Kuva 15) Seuraava vaihtoehto on kiinnittää putoamissuojaus suoraan ulkoseinäelementin päälle, joka onnistuu hyvin betonijulkisivuelementin päälle. Jälkimmäinen vaihtoehto on käytännöllisempi, koska muuten suojakaidetolppa häiritsee filigran-laatan raudoitusta ja valua.



Kuva 17. Putoamissuoja filigran-välipohjaelementissä. Kuva: Sami Kotilainen 2018

Kuvassa 17, Ruotsissa 2018 maaliskuussa putoamissuoja kiinnitettynä filigran-elementtiin.

4.2 Ontelolaattavälipohjan työmaatekniset menetelmät

Ontelolaatat ovat esijännitettyjä teräsbetonilaattoja, jotka ovat kevennetty laatan pituussuuntaisilla pyöreillä aukoilla. Ontelolaatan esijännitysteräksket kulkevat laatan alapinnassa.

Ontelolaatat valmistetaan elementtitehtaassa liukuvalukoneella. Ontelolaattojen valmistamiseen käytetään erittäin lujaa C40 – C70 luokan betonia. Laattoja on mahdollista käyttää jopa 20 metrin jänneväleillä. [2]

4.2.1 Ontelolaattojen kuljetus ja purku

Ontelolaatat kuljetetaan elementtirekalla elementtitehtaalta työmaalle. Ontelolaatat ovat kuljetuksessa kahdessa rivissä ja päällimmäisenä ovat kavennetut ontelolaatat. Laattakuorma on asennusjärjestyksessä, mutta kavennetut elementit ovat kuljetuksen päällimmäisenä ja nämä saatetaan joutua välivarastoimaan ennen niiden asennusta.



Kuva 18. Elementtien toimitus autokuljetuksella. Kuva: Sami Kotilainen 2018.

Elementtien toimituksien on pyrittävä olemaan aina täysiä autokuormia, jolloin kuljetuskustannukset saadaan optimoitua. Täyden kuorman paino on noin 30 tonnia.

Työskentelykorkeuden ylittäessä kaksi metriä on kuormanpurkuun järjestettävä asianmukainen putoamissuojaus. Putoamissuojaus voidaan järjestää auton mukaisella työtasolla tai autoon kiinnittyvällä putoamissuojaus turvatolpalla ja valjailla.



Kuva 19. Työskentelytaso elementtien purkua varten. Kuva: Sami Kotilainen 2017.

4.2.2 Ontelolaattojen nosto

Ontelolaattaelementit nostetaan nostosaksilla, jotka nostavat elementin sen pituussuuntaisesta nostourasta. (Kuva 20)



Kuva 20. Ontelolaatan nostosakset. Kuva: Sami Kotilainen 2017.

Nostosaksissa on varmuusketju, joka kiinnitetään ennen nostoa tai viimeistään elementin ollessa 100 mm korkeudessa. Varmuusketju irrotetaan vasta laatan ollessa muiden kerroksen laattojen tasolla. Varmuusketjua ei saa käyttää elementin nostoon. [2]



Kuva 21. Kavennetun ontelolaatan nosto. Kuva: Sami Kotilainen 2018.

Kavennetut ontelolaatat tai erikoislaatat nostetaan elementin päällä olevista nostolenkeistä. [2]

4.2.3 Asennus

Ontelolaatta-asennuksessa on noudatettava elementtivalmistajan antamia ohjeita.

Ontelolaattojen asennus suositellaan aloitettavaksi keskeltä rakennusta pitäen työsuunnan rakennuksen ulkoreunoille. Laatat asennetaan tasopiirustuksissa määritetyille paikoille.



Kuva 22. Ontelolaatan asennus. Kuva: Sami Kotilainen 2017.

Laattojen tukeutumispituus seinään on yleensä noin 50 - 60mm riippuen seinän materiaalista ja ontelolaattaelementin paksuudesta. Korkeammat ontelolaattaelementit vaativat suuremman tukeutumispinnan. Pienin sallittu tukipinta riippuu elementin korkeudesta ja sen valmistajasta. [2]

4.2.4 Työturvallisuus

Elementtityössä työturvallisuuden merkittävin osa on putoamisen ennalta estäminen. Elementtiasennuksen aikana joutuu välttämättä poistamaan kaiteita, mutta tällöin alueelle kulku on estettävä ulkopuolisilta ja elementtiasentajilla on oltava käytössä henkilökohtaiset turvavaljaat.

Suurimmat vaarat asennustyössä ovat:

- Putoamisvaara
- Kuorman purku
- Nostoihin liittyvät vaaratekijät
- Kavennettujen / erikoislaattojen nosto ja asennus

Laatoissa olevat varausaukot ovat peitettävä heti elementin asennuksen jälkeen.

Laatoissa voidaan käyttää putoamissuojaustappia, joka mahdollistaa putoamissuojakaiteen turvallisen asentamisen. Yleensä putoamissuojakaiteet asennetaan ulkoseiniin suunniteltuihin kaidevarauksiin.

4.2.5 Putoamissuojaus

Putoamissuojaus on suunniteltava ennen elementtien asentamista ja samalla varmistettava putoamissuojauksen kelpoisuus rakennuskohteen rakenteisiin. Putoamissuojauksen suunnittelusta vastaa rakennushankkeen päätoteuttaja. [2]



Kuva 23. Holkkiasenteinen kaide. Kuva: Sami Kotilainen 2018.

Hyväksytyjä suojakaiteita ovat holvireunakaide, ontelolaattakaide, harjakattokaide, villanvälikaide, vesikattokaide ja pinta- tai holkkiasenteiden kaide (Kuva 23). Kaiteiden väliosan materiaalina voidaan käyttää puutavaraa tai metalliosia.

4.3 Ontelo- ja Filigran-välipohjarakenteiden eroavaisuudet

Filigran-välipohjarakenteeseen kuuluu useita työvaiheita, joita ei ole tai ovat vähäisiä verrattuna ontelolaattarakenteeseen. Lisätyövaiheet hidastavat runkovaiheen aikataulua. Paikalla valetun betonin kuivuminen tulee ottaa huomioon sisävalmistustöiden aikatalutusta tehdessä.

Filigran-välipohjarakenteen eroavaisuudet verrattuna ontelolaattavälipohjarakenteeseen:

- Filigran-laatan suurempi fyysinen koko
- Väliaikaisen tuennan suurempi tarve (määrä ja tuenta-aika)
- Betonoinnin suurempi määrä (Esim. 350m² kokoisessa välipohjassa filigran 70m³ betonia, ontelolaattavälipohjassa määrä on 30m³.)

- Raudoituksen suurempi määrä (Ontelolaatassa vain saumaraudoitus)
- LVIS tekniikan upottaminen rakennevaluun
- Logistiikka (Ontelolaatta on paikallinen tuote, kun filigran-laatta on Saksasta.)
- Resurssien suurempi tarve (Tuenta, betonointi sekä raudoitus.)

Suurin hyöty filigran-laatasta on LVIS-tekniikan upottaminen valuihin, mikä vähentää timanttitöiden tarvetta ja vähentää huoneistojen ala-kattojen määrää. (Kuva 24.)



Kuva 24. LVIS-tekniikka asennettuna filigran-välipohjarakenteeseen. Kuva: Sami Kotilainen 2018.

Tarkemmin välipohjien eroavaisuudet ovat koottuna kohdan 5.1 taulukoissa 1 ja 2.

5 Kustannukset

Kustannuksissa käsitellään filigran- ja ontelolaattavälipohjarakenteesta koituvia kustannuksia pääurakoitsijalle. Kustannukset ovat jaoteltu kustannuslajien mukaisesti, jonka tarkoituksena on, että jatkossa työnaikainen kustannusseuranta helpottuisi.

5.1 Kustannusseuranta

Kustannusseurantataulukko toteutettiin Excel-tilukkolaskentaohjelmalla, mihin on kustannuslaji tyyppisesti lajiteltuna kaikki välipohjaan kohdistuvat kustannukset. Kustannuslaji 3, eli alihankinta on lajiteltuna määrä- ja tuntiperusteisiin töihin, joka selventää alihankinta kustannuksia. Taulukossa ei ole otettu huomioon talo 80 mukaisen jaottelun 8-9 pääryhmien kustannuksien määräytymistä (Työmaan käyttö ja yhteiskustannukset).

Taulukko 2. Kustannuseurantataulukko ontelolaatta-välipohjarakenteesta.

KL 2 Materiaali		Määrä yksikköä	Yks	Eur/yks	Tulevat kustannukset
Ontelolaatat					0
Kuorilaatat					0
Raudoitteet (ontelo)					0
Raudoitteet (kuorilaatat)					0
Pystysaumabetoni					0
Holvibetoni					0
Puutavara (Tukkolaudoitus)					0
Tuentakalusto (Holvi)					0
Työturvallisuus materiaali					0
Radiaattori lämmitys					0
Kph reunavalut					0
Kph (paikallatshdyt)					0
				YHT.	0

KL3 Alihankinta	Tuntiperusteiset työt				Määräperusteiset työt			Tulevat kustannukset
	Menehki h/yks	Määrä yksikköä	Kok.menehki h	l / h	Määrä yksikköä	Yksikkö	l / yksikkö	
Elementtiasennus KL ja OL (Sis. Työnjohton, tukkolaudoitus, pystysaumapumppaus, onteloraudoitus ja betonointi)			0,00					0
Holvituenta (kuorilaatat) (kuuluu urakkaan)			0,00					0
Raudoitus (schöck parvekkeet) (50h/kerros)			0,00					0
Työturvallisuustyöt			0,00					0
Parveke tuenta (kuuluu urakkaan)			0,00					0
Betonointiin liittyvät suojaus ja iskityöt			0,00					0
Plasano (25mm=45kg=45kg/m ²), 1550 m ²			0,00					0
Reunavalut			0,00					0
LVI-työt (Radiaattori)			0,00					0
Kph (paikallatshdyt)			0,00					0
Sähkö-työt			0,00					0
Timanttityöt			0,00					0
								YHT. 0

Ontelolaatta välipohjarakenteen kustannukset saatiin vain osittain selvitettyä, koska opinnäytetyön aikataulu sekä kohdeyrityksen työkohte oli vasta valmistunut elementtivaiheesta ja kaikkia laskuja ei ollut saatavilla

5.2 Säästöpotentiaalit

Merkittävä säästöpotentiaali on kahden rakennuksen samanaikaisella rakentamisella. Tällä saavutetaan työryhmän saumaton työskentely.

Mahdollisuuksia kustannussäästöihin on myös välipohjan paksuuden optimoinnilla. Tämä havaittiin Ruotsissa olevassa hankkeessa, jossa käytettiin välipohjan paksuutena 270mm. Suomessa on suunniteltu välipohjan korkeudeksi 390mm.

6 Johtopäätökset

On selvää, että filigran-välipohjarakenne vaatii resursseja paljon enemmän, kuin vastaava ontelolaattavälipohja. Filigran-välipohjarakenteen kannattavuudesta uudishankkeissa on selvitettävä työnaikaisella seurannalla ja jälkilaskennalla. Elementtien logistiikkaherkkyys on otettava huomioon aikataulua tehdessä.

Mikäli filigran-laattaelementtejä aiotaan käyttää tulevaisuudessa eri kohteissa, olisi järkevää, että elementit valmistettaisiin Suomessa. Tämä alentaisi kuljetuksesta johtuvia kustannuksia ja helpottaisi mahdollisia elementteihin liittyvien yksityiskohtien selvitystä työmaalla. Näihin yksityiskohtiin lukeutuu mm. suomenkielinen kommunikointi elementtienvalmistajan kanssa.

Tutkimustyön vertailua tehdessä ei havaittu merkittäviä etuisuuksia filigran-laatan käyttöönottoon.

7 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää vertailukelpoiset välipohjaratkaisut, kustannuseurantataulukko ontelolaatta ja filigran-välipohjaratkaisuista sekä vertailla niitä keskenään. Tavoitteena oli myös tukea kohdeyrityksen tavoitetta alentaa tuotantokustannuksia. Näihin tavoitteisiin päästiin hyvin.

Tutkimuksessa tutustuttiin alan tuottajiin, kirjallisuuteen, internet sivustoihin ja Saksan elementtitehtaalta saatuihin dokumentteihin. Konkreettiset havainnot tehtiin sekä Vantaalla että asuinkerrostalotyömaalla Ruotsissa, joissa taltioitiin valokuvia ja työmaateknisiä työvaiheita.

Mahdollisissa jatkotutkimuksissa tulisi ottaa selvää filigran-laattaelementin lisensoimisesta Suomalaiselle elementtivalmistajalle sekä selvittää esitettyjen säästöpotentiaalien toteuttamiskelpoisuudet.

Lähteet

- 1 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta, <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090205?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=elementti#L5P21>. Luettu 21.1.2018
- 2 Elementtisuunnittelun verkkosivut, <http://www.elementtisuunnittelu.fi/>, luettu 15.3.2018
- 3 Rakennustiedon kortti, Välipohjarakenteita RT 83-10902, luettu 16.3.2018
- 4 Ympäristöministeriön verkkosivut, <http://www.ym.fi/rakentamismaaraykset>, luettu 20.1.2018
- 5 Mid-State Filigran Systems verkkosivut, <https://www.filigraninc.com>, luettu 20.2.2018
- 6 Rakennustiedon kortti, Paikallavaletut Betonirunkorakenteet RT 82-10814, luettu 15.2.2018
- 7 Filigran concrete, https://en.wikipedia.org/wiki/Filigran_concrete, luettu 12.2.2018
- 8 Verlegeanleitung dokumentti, <http://abi-beton.de/>, luettu 5.3.2018
- 9 Verlegeanleitung elementdecken dokumentti, <https://www.bwf-betonwerke.de/>, luettu 10.3.2018
- 10 Montageanleitung dokumentti, Kieswerk GmbH & Co.KG, luettu 15.3.2018
- 11 Mestarityö, Kuorilaatan käyttö yläpohjarakenteessa, Ville Salapuro, luettu 2.1.2018

