

Aleksei Jakuhin

Pitsitiilimuuraus ja teräsrakenteiden toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

14.10.2020

Tekijät	Aleksei Jakuhin
Otsikko	Pitsitiilimuuraus ja julkisivun teräsrakenteiden toteutus
Sivumäärä Aika	41 sivua + 3 liitettä 14.10.2020
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Talonrakentaminen
Ohjaajat	Lehtori Markus Immonen (Metropolia AMK) Työpäällikkö Kari Liimu – Tero Seppänen (YIT Suomi Oy)
<p>Tämä opinnäytetyö on toteutettu YIT Suomi Oy:lle.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Helsingin Jätkäsaarella sijaitsevalla työmaalla julkisivumuurausten ja teräsrakenteiden työtä. Työn tavoitteena oli tehdä sen aikataulullisesti ja laadullisesti sekä laatia kyseisille työvaiheille tehtäväsuunnitelmat.</p> <p>Opinnäytetyö suoritetaan Jätkäsaarella olevassa Atlantinkaaren työmaalla, työn rajauksena pidetään pysäköintitalon ja PT-kaupan muurausta sekä julkisivun teräsrakenteiden toteutusta. Tutkimusaineistona on käytetty rakennustyömaalla kerättyä tietoa kuten projektipankin asiakirjat, arkkitehtikuvat, rakennepiirustukset.</p> <p>Rakennukseen on tullut umpimuurausta ja pitsitiilimuurausta sekä pitsitiilimuurausta kannattavat teräsrakenteet.</p> <p>Opinnäytetyön ensimmäinen osio käsittelee julkisivumuurausten tehtäviä ja ajallista suunnittelua yleisellä tasolla, toinen osio pitsitiilimuurausten työnkulkua, sekä teoreettista osiota.</p> <p>Käytännössä työn tarkoituksena oli pohtia, miten pitsitiilimuuraus eroaa tavallisesta umpimuurauksesta, sekä tutkia pitsitiilimuurausten teoreettista puolta ja mitä haasteita se tuo itse rakentamisessa.</p> <p>Työn edetessä havaittiin, että pitsitiilimuuraus onkin aika haastava sekä rakennesuunnittelun että arkkitehtisuunnittelun osalta. Projektin kokemukset olivat kuitenkin pääosin myönteisiä, arkkitehdin mukaan Atlantinkaaren Pysäköintilaitos ja PT-kauppa on yksi suurimmista pitsitiilirakennuksista maailmassa.</p>	
Avainsanat	Pitsitiilimuuraus, teräsrakenteet

Authors	Aleksei Jakuhin
Title	Perforated Masonry and Facade Steel Construction
Number of Pages	41 pages and 3 appendices
Date	14.10.2020
Degree	Construction Site Management
Degree Programme	Bachelor of Construction Management
Specialization option	Building Construction
Instructors	Markus Immonen Senior Lecturer (Metropolia) Kari Liimu, Construction Manager (YIT Finland) Tero Seppänen, Construction Manager (YIT Finland)
<p>The study was commissioned by YIT Suomi Oy.</p> <p>The aim of the thesis was to study the process of façade masonry and steel structures on a construction site in Jätkäsaari, Helsinki. The aim at the construction site was to complete the study on time and qualitatively, to draw up task plans for the work phases in question during the construction process. The building has steel structures that support solid masonry as well as a perforated masonry façade.</p> <p>The study introduces the tasks and timetable planning of the façade masonry on a general level, as well as describes the perforated masonry workflow and the theoretical framework. The work process and planning of the steel structures are also presented.</p> <p>The purpose of the study was to consider how perforated masonry differs from ordinary solid masonry, to study its theoretical background and what challenges it brings to the construction as such.</p>	
Keywords	Perforated masonry, facade steel construction

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Kohteen yleistiedot	1
1.2	Aikataulu	2
1.3	Suunnitelmissa määritetyt asiat	3
2	Julkisivumuurauksen toteutus	4
2.1	Tehtävän suunnittelu	4
2.2	Ajallinen suunnittelu	5
2.3	Työ ja ympäristöturvallisuus	5
2.4	Laatu	6
3	Pitsitiilimuuraus teoriassa	6
3.1	Rei'itetyllä muurausmenetelmällä tehtyjen seinien rakenteelliset aspektit	7
3.2	Rei'itetyn muurauksen kantavuus	8
4	Pitsitiilimuuraus Atlantinkaaren pysäköintilaitoksella	10
4.1	Tehtävän suunnittelu	12
4.2	Ennen työn aloittamista	12
4.3	Työn aloitus	14
4.4	Työn aikana	16
4.4.1	Muuraustilanne 1	17
4.4.2	Muuraustilanne 2	18
4.4.3	Muuraustilanne 3	19
4.4.4	Muuraustilanne 4	20
4.4.5	Muuraustilanne 5	21
4.5	Muuraustelineet ja Mastolavat	22
4.6	Tiilet	22
4.7	Laasti	22
4.8	Työn jälkeen	23
4.9	Ajallinen suunnittelu	26
4.10	Työ ja ympäristöturvallisuus	26
4.11	Laatu	28
5	Teräsrakenteiden toteutus	29

5.1	Teräsrakenteiden liittyminen julkisivumuuraukseen	29
5.2	Ajallinen suunnittelu	29
5.3	Aikataulu	29
5.4	Ennen työn aloittamista	30
5.4.1	Mallikatselmuksessa nousi esiin seuraavat huomiot	30
5.4.2	Kuumavalssatun ja kylmävalssatun kulmaraudan ero	31
5.5	Työn aloitus	31
5.6	Työn aikana	32
5.7	Työn jälkeen	32
5.8	Laatu	33
6	Tulokset	35
7	Muurauksen yhteenveto ja johtopäätökset	37
	Lähteet	39
	Liitteet	42

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia Helsingin Jätkäsaarella sijaitsevilla työmaalla julkisivumuurausten sekä terästukirungon toteuttamista. Muuraus sekä julkisivun teräsrakenteiden työt tehdään YIT Suomi Oy:n työmaalla. Työn tavoitteena on tehdä aikataulullisesti ja laadullisesti sekä laatia kyseisille työvaiheille tehtäväsuunnitelmat. Rakennukseen tulee umpimuurausta ja pitsitiilimuurausta, sekä pitsitiilimuurausta kannattavat teräsrakenteet.

Työn toteuttamisessa on käytetty työmaalla tehtyjä havaintoja työn edetessä sekä suunnitelmien ja piirustusten analysointia ennen töitä sekä töiden aikana. Työn tarkoituksena on saada työmaalla niin laadulliset, taloudelliset kuin aikataululliset tavoitteet. Pysäköintitalon julkisivu on pitsimäistä tiilipintaa ja kaupan sisäänkäynnin eteen rakennetaan tiilireliefi.

1.1 Kohteen yleistiedot

Kohteena on Atlantinkaaren pysäköintilaitos. Se käsittää Atlantinkaaren pysäköintilaitos ja PT-kauppa nimisen rakennushankkeen, projektissa rakennetaan maantasokerrokselle PT-kauppa ja yläpuolelle 8 pysäköintikerrosta osoitteeseen, Länsisatamankatu 35, Helsinki. (Kuva 1.1) Rakennettavan kiinteistön omistavat Jätkäsaaren pysäköinti Oy ja Lidl Suomi Ky.



Kuva 1.1 Atlantinkaaren Pysäköintilaitoksen ja PT-kaupan sijainti kartalla (Google Maps 18.02.2020)

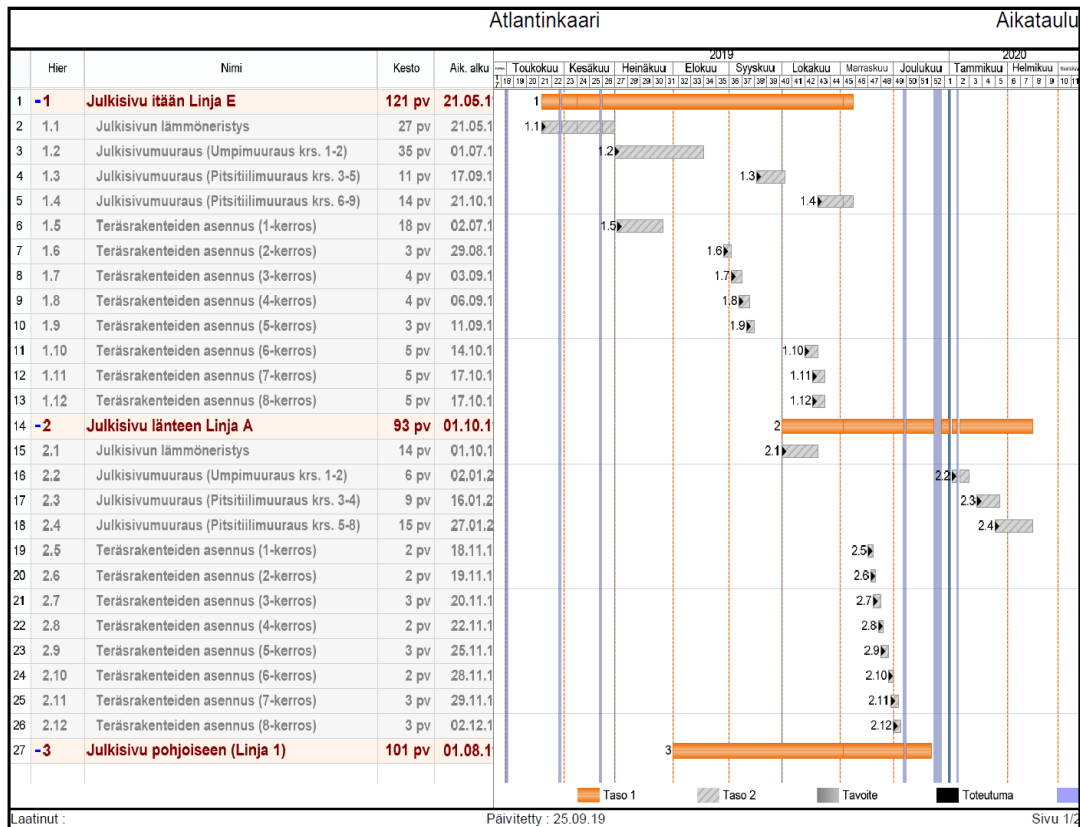
Hankkeessa rakennetaan rakennus, jonka ensimmäisessä kerroksessa toimii päivittäistavarakauppa tarvittavine teknisine tiloineen. Myymälän yläpuoliset kerrokset on suunniteltu paikoituskäyttöön. Poikkeuksena edelliseen on toisessa kerroksessa sijaitsevat sosiaalitulat.

Rakennus perustetaan teräsporapaalujen varaan. Paaluhatut tehdään teräsbetonista paikalla valaen. Rakennuksen alapohja on ryömintätalallinen palkkilaatasto. Rakennuksen runko (pilarit, palkit ja laatta) on teräsbetonirakenteinen paikallavalurakenne. Rakennuksen runko jäykistetään jäykistysseinillä. Tasorakenteet tehdään paikalla valaen jälkijännitettyinä laattapalkkirakenteina ja ne toimivat jäykkänä levynä välittäen kuormat jäykistäville seinille tasaten niiden siirtymiä. Palkit ja laatat jälkijännitetään tartunnattomin rasvapunosin. Tasot koostuvat kahdesta lohkoista, jotka valetaan erikseen. Porrashuoneiden kuilut ovat irti pysäköintitasoista. Jäykistävät seinät sekä luiskat valetaan, kun tasojen jännittäminen on suoritettu. Rakennuksen porrashuoneet ja hissikuilut tehdään itsekantavina paikallavalettuina teräsbetonirakenteina. Rakennuksen julkisivut tehdään sekä perforoituna ja umpeen muurattuna tiiliseinänä että metallisäleikköseinänä. Julkisivurakenteet tuetaan tiilimuurausten osilta haponkestävään ja metallisäleikköseinien osalta sinkittyyn teräsrunkoon. Eteläisen metallisäleikköseinän yhteyteen tulee myös viherseinä-vaijerijärjestelmä. Teräsrungon liitoksissa otetaan huomioon julkisivurakenteen ja rakennuksen rungon erilaiset muodonmuutokset ja lämpöliikkeet. Julkisivun lisäksi kohteessa kantavia teräsrakenteita on sokkelien terästuissa, liukuportaan palkeissa sekä vesikatolla porrashuoneen rungossa ja vesikatonsäleikköjen teräsrungossa. Täydentäviä teräsrakenteita ovat muurattujen väliseinien tuet, sisäverhoussäleikköjen rungot, savunpoisto-/rasvakanavan tukirunko, teräksiset portaat ja asennuslattiat, teräksiset kaiteet ja tolpat. [15.]

1.2 Aikataulu

Kohteen rakennustyöt alkoivat huhtikuussa 2018 ja kohteen oli tarkoitus valmistua 2019 marraskuussa, mutta suunnitelmapuutteiden vuoksi valmistumista oli siirretty 2020 maaliskuuhun. Julkisivujen muuraustyön alustava aloitus oli huhtikuu 2019, mutta kun aikataulua oltiin jäljessä muutenkin, niin julkisivumuurausta päästy aloittamaan vasta

heinäkuun ensimmäisellä viikolla. Julkisivu muurauksen eteneminen oli paljon kiinni sekä julkisivun terästuntojen että julkisivueristeen asennuksista. Julkisivumuuraukselle ja teräsrakenteiden asennuksille oli laadittu aikataulu, esitetty (kuva 1.2 ja kuva 1.3



Kuva 1.2 Julkisivumuurauksen aikataulu.

vastaavasti). Alun perin muuraukselta oli tarkoitus aloittaa mahdollisimman aikaisin keväällä 2019. [18.]

1.3 Suunnitelmissa määritetyt asiat

Yleisesti noudatetaan RT-RakMk 21353 (tiilirakenteet) ja RT82-10510 (Tiilirakenteet).

Julkisivumuuraukselta varten on edellytetty laadunvarmistusta varten koevedot muuraukselle sekä teräsrungon jälkikiinnityksille.

Aloituspalaverissa tulee ottaa esille vähintään laatuvaatimukset, aikataulu, aloitusedellytykset, resurssit, suunnitelmat ja ongelmiin varautuminen. Muissa viikoittaisissa palavereissa aiheita käsitellään tarpeen mukaan. [9.]

2.2 Ajallinen suunnittelu

Tehtävän ajallinen suunnittelu tehdään laatimalla kyseiselle työvaiheelle aikataulu. Varsinkin julkisivutöissä pitää jakaa jokainen julkisivu omaan lohkoon. Julkisivun ajallisessa suunnitelmassa pysymiseen vaikuttavat monet eri tekijät, kuten hyvää projektinjohdollista osaamista sekä tietojen, taitojen, välineiden ja tekniikoiden hallinta. Ajallinen suunnittelu on tärkeää rakennushankkeen onnistumisen kannalta.

Jos perusedellytykset julkisivu työhön ovat kunnossa, vaikuttaa aina muurauksen tyyppi ja mahdolliset muurauksen kannattavat rakenteet sekä työmaan aluesuunnitelma työn nopeuteen. Perusedellytykset muuraukselle ovat materiaalien saatavuus, työpisteen puhtaus ja valmius, materiaalien kuljetusreittien valmius ja suunnitelmien saatavuus. Jos perusedellytykset eivät ole kunnossa, ei julkisivutöitä voida aloittaa. [20.]

2.3 Työ ja ympäristöturvallisuus

Ennen varsinaisen työn aloitusta jokaisella urakoitsijalla pitää olla urakan työturvallisuussuunnitelma sekä putoamissuunnitelma tehtynä. Julkisivu töissä suurimmat riskit työturvallisuudessa syntyvät putoamissuojauksesta ja suojavälineistä. Julkisivut ovat usein aika korkeita, jolloin putoamisesta aiheutuva vaara voi olla hengenvaarallinen. Muurausta sekä julkisivutöitä suoritetaan usein telineillä ja mastolavoilla. Henkilökohtaistensuojavarusteiden lisäksi (turvakengät, silmäsuojaus, työasu ja suojakypäri) on muurarin käytettävä joissakin tilanteissa valjaita. [14.]

Koko YIT:n organisaatio on mukana vastaamassa työturvallisuudesta. Työturvallisuuden vastuut ja tehtävät oman organisaation eri tasoilla sekä yhteistyökumppaneiden vastuut ja tehtävät on määritelty turvallisuusperiaatteissamme. Jokaisella YIT: laisella on velvollisuus noudattaa työturvallisuusohjeita ja puuttua laiminlyönteihin.

Kaikissa YIT:n työkohteissa ja työmailla noudatetaan yhteisiä turvallisuuskäytäntöjä:

- Ennaltaehkäistään tapaturmia työturvallisuus- ja työlajikohtaisella suunnittelulla
- Tehdään työlajikohtaiset suunnitelmat, tehdään turvallisuushavainnot
- Käytetään henkilökohtaisia suojavälineitä, jotka suojaavat parhaiten työn vaaroilta
- Jokaisella on oikeus asianmukaiseen työhön perehdyttämiseen ja opastukseen
- Säännölliset turvallisuuskoulutukset, jokaisella on työturvallisuuskortti
- Työmaillamme on selkeät toimintatavat työturvallisuuden takaamiseksi. [17.]

2.4 Laatu

Muurauksen ja terästukirakenteiden laatuvaatimukset ovat työmaakohtaiset kuten myös laadunvalvonnan tarve.

Teräsrakenteisiin yleensä vaaditaan CE-merkintään oikeuttavat dokumentit. Teräsrakenteiden mukana urakoitsijan pitää toimittaa kaupallisten tuotteiden suoritustasoilmoitukset DoP, (=Declaration of Performance) tai nettiosoitteet kyseisten dokumenttien sijainnista sekä myös hitsaus sekä laadunvalvontadokumentit. [11.]

3 Pitsitiilimuuraus teoriassa

Rei'itetyllä muurausmenetelmällä tehdyllä kiinteällä tiiliseinällä on kahden vierekkäisen tiiliyksikön väliset raot ovat joko aukkoja tai täytettynä ei-kantavalla materiaalilla, esimerkiksi lasitiileillä. Rei'itetylle muurausseinälle on ominaista ilman, melun, valon ja lämmön siirtyminen. Rei'itettyjä seiniä on käytetty etenkin kuumissa ilmastoissa, joissa auringon osittainen estäminen oli toivottavaa, mutta ilmavirtaus kuitenkin mahdollistaa sisätilojen ilmanvaihtoa ja jäähdytystä.

Verrattuna yleiseen muuraukseen, rei'itetyllä muurauksella on suhteellisen pieni massa, joka johtaa rei'itetyn muuriseinän alhaiseen tiheyteen. Yhtälö (3.1) määrittää rei'itetyn

muurauksen tiheyden tiiliyksikön tiheydestä ja pituudesta ja aukon pituudesta, ottamatta huomioon laasti ja muut rakennusmateriaalit: [10.]

$$\rho_{Mw} = \frac{\sum m}{\sum V} = \frac{\sum m_s + \sum m_L}{\sum V_s + \sum V_L} = \frac{\sum m_s}{\sum V_s + \frac{l_L}{l_s} \sum V_s} = \frac{\sum m_s}{\sum V_s \left(1 + \frac{l_L}{l_s}\right)} = \frac{\rho_s}{1 + \frac{l_L}{l_s}} \quad (3.1)$$

missä,

ρ_{Mw} – rei'itetyn muurauksen tiheys

m – massa

V – tilavuus

m_s – yhden tiilen massa

m_L – aukon massa = 0

V_s – yhden tiilen tilavuus

V_L – aukon tilavuus

l_L – aukon pituus

l_s – yhden tiilen pituus

ρ_s – yhden tiilen tiheys

3.1 Rei'itetyllä muurausmenetelmällä tehtyjen seinien rakenteelliset aspektit

Tavanomaiseen muuraukseen verrattuna, rei'itetty muuraus on rakenne, jossa tiilien liitoksissa on aukko, jolloin koko rakenteessa ei esiinny jännityssiirtymiä. Tiiliyksiköiden jännitys (σ) kasvaa välisien aukkojen pituuksien kasvaessa, vaikka vain rei'itetyn seinän oma paino on läsnä, kuten yhtälössä (3.2) on esitetty:

$$\sigma = \frac{g}{l_s - l_L} \quad (3.2)$$

missä g on gravitaatiovakio.

Kasvattamalla aukon pituutta kuorma siirrettävää tiilien kosketuspinta-ala vähenee kaksinkertaisesti samoin kuin omasta painosta johtuva kuormitus, yhtälö (3.3).

$$p_L = \frac{l_L}{l_s + l_L}; p_c = \frac{l_s - l_L}{l_s - l_L} \quad (3.3)$$

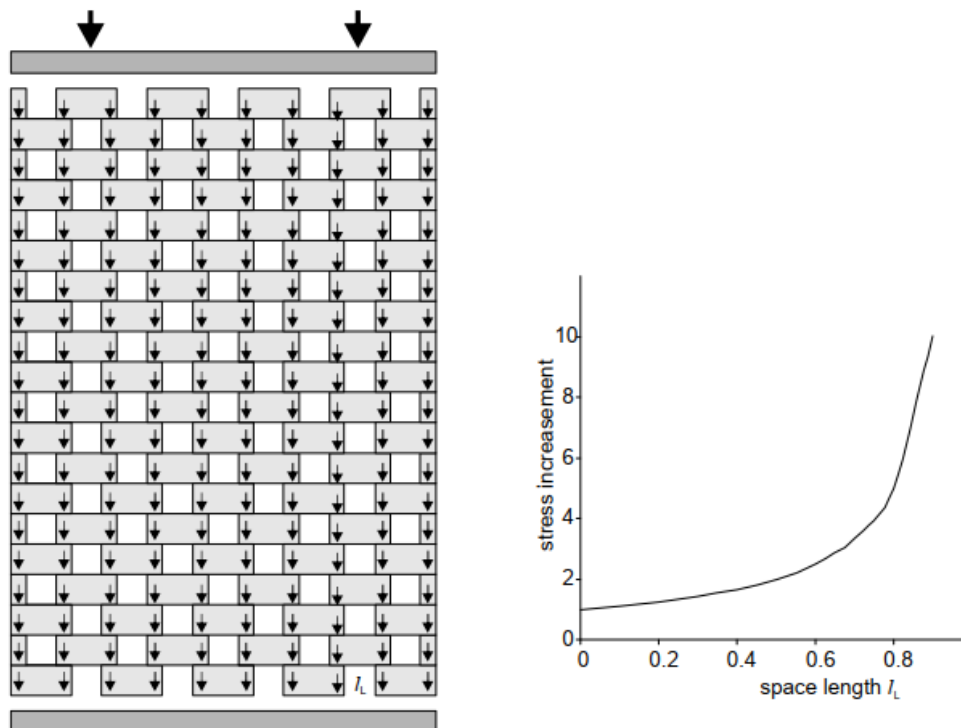
missä,

p_L – aukon pituuden suhde

p_c – kosketuspinta-alan suhde

Kuvassa 3.1 on esitetty jännityksen kasvu aukkojen pituuden kasvaessa rei'itettyssä seinässä verrattuna muurattuun seinään ilman aukkoja. [10.]

Rei'itettyä muurausta pääasiassa käytetään kuormimattomana rakenteena. Sen sovellukset ovat julkisivut (kuormimattomat) ja erilaiset rakennuksen arkkitehtoniset



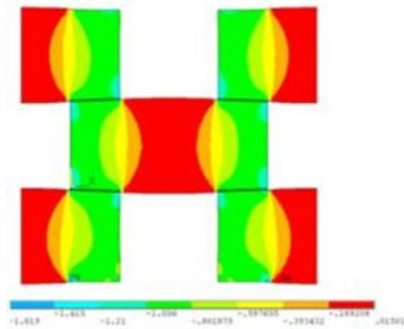
Kuva 3.1. Rei'itetyn muuratun seinän kuorman jakautuminen.

sisustus elementit. [10.]

3.2 Rei'itetyn muurauksen kantavuus

Rakenneosana rei'itetyn muurauksen potentiaali on varsin kevyt rakenne, kuitenkin sille vähäisillä äänen, palon ja yksityisyysuojan vaatimuksilla. Rei'itetyn seinän sovelluksina on ei-kantavat sisäseinät, omakotitalojen portaikot ja rakennusten ei-kantavat ulkoseinät niin sanotut ulkoverhousseinät - tarkoituksena on kevyt esteettinen rakenne.

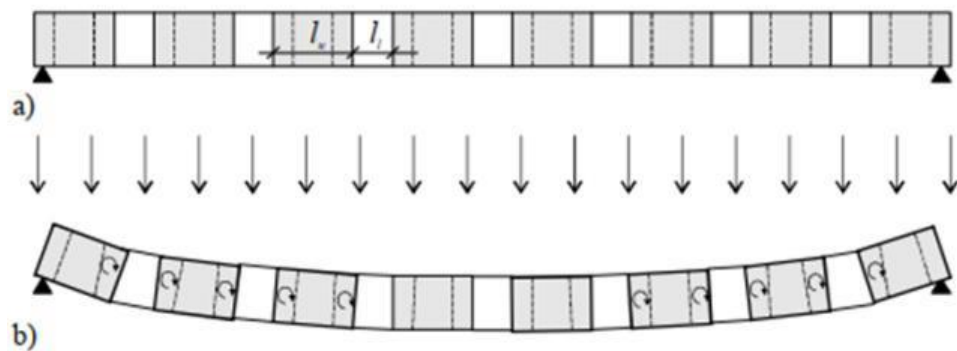
Rei'itetyn muurauksen rakenteellista käyttäytymistä ei kuitenkaan voi korreloida perinteiseen muuraukseen. Kunkin puristusjännityksen alaisen tiiliyksikön puristuminen tapahtuu reunan sivuilla, kun taas tiiliyksikön keskialue pysyy kuormittamattomana (kuva 3.2). [10.]



Kuva 3.2. Puristusjännitys tiilien pystysuunnassa.

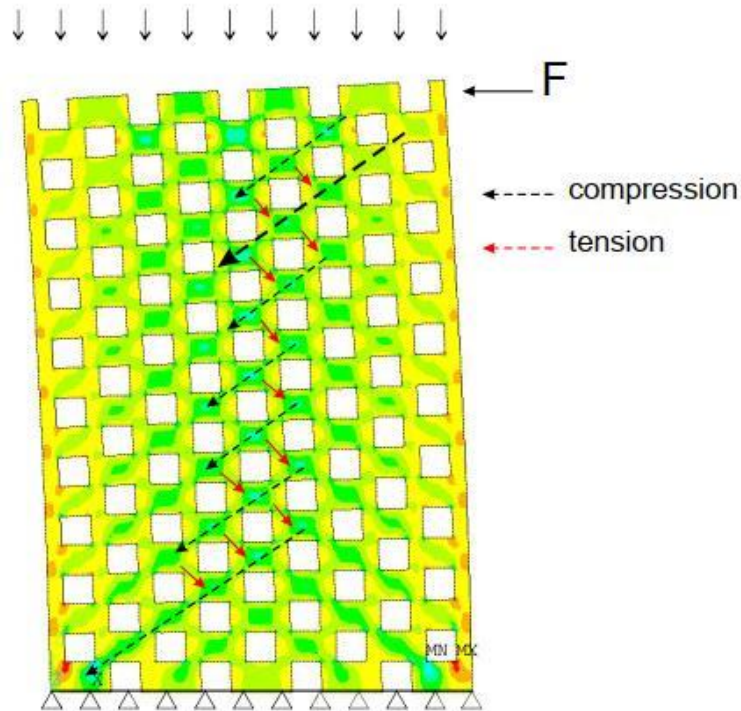
Rei'itetyllä muurauksella on pienemmät kosketuspinnat vaakasuorissa liitoksissa siirtämään leikkaus- ja puristusjännityksiä, joten jännitys kasvaa verrattuna perinteiseen muuraukseen.

Kun kyseessä on tason ulkopuolella tapahtuva ja liitosten suuntainen taivutus, rei'itetystä muurausseinäelementissä esiintyy puhdas leikkauskierto (kuva 3.3). [10.]



Kuva 3.3. Leikkauskierto, joka johtuu tason ulkopuolella tapahtuvasta taivutuksesta a) kuormittamaton seinä b) deformatu seinä

Toisin kuin perinteisesti muuratusta seinissä, joissa vaakasuunnassa koko seinäelementin tiileissä esiintyy jännitys- ja leikkausvoimat, rei'itetystä muuratusta seinässä jännitys- ja leikkausvoimat esiintyvät yksittäisissä tiileissä (kuva 3.4). [10.]



Kuva 3.4. Puristusjännitys rei'itetyn seinän pystysuunnassa.

Seuraava kriittinen asia on voimavaikutuksen siirto rei'itetyn seinän "aukon poikkileikkauksen" läpi. Rei'itetyllä muurausseinällä on vain kiinteä kulma diagonaalivoimien siirtämiseksi. Yleensä voimavaikutus kulkee yläkulmasta diagonaalisesti alakulmaan, joten voimavaikutuksen on kuljettava aukkojen ympäri, mikä on mahdollista vain tiiliyksiköiden ylimääräisellä taivutusjännityksellä. [10.]

4 Pitsitiilimuuraus Atlantinkaaren pysäköintilaitoksella

Kohteen pitsitiilijulkisivu on voimakkaasti tuulisella maastoluokan 0 (Avomeri tai merelle avoin rannikko) ja I (Järvet tai tasanko, jolla on enintään vähäistä kasvillisuutta eikä tuuliesteitä) alueilla ja on poikkeava toteutukselta ja vaativuudeltaan tavanomaisiin muurattuihin julkisivuratkaisuihin nähden. Vastaavassa laajuudessa tehtyä pitsitiilimuurausta ei ole Suomen olosuhteissa aiemmin toteutettu. Rakennuksen julkisivut tehdään sekä umpeen muurattuna (kuva 4.1) ja perforoituna tiiliseinänä (kuva 4.2) että metallisäleikköseinänä (kuva 4.3). Yhteensä talon muuraus neliöitä on noin 4000 m². [4.]



Kuva 4.1. Umpeen muurattu tiiliseinä (malli)

Tiilityypiksi on valittu Wienerberger Graniitinkirjava Makasiini, RT 285mm x 135mm x 60mm reikä sekä umpitiili. Muurauslaastiksi valittiin tavallinen ML 5 100/600. Tiiliä ei kuitenkaan päälle sudita saumalaastilla. [16;18.]



Kuva 4.2. Pitsitiiliseinä (malli)



Kuva 4.3. Metallisäleikköseinä

4.1 Tehtävän suunnittelu

Tehtäväsuunnitelman pitää sisältää aikataulu, laatu, tehtävän sisältö, aloitusedellytykset. Muurausta voidaan jakaa lohkottain, eli tehdään tehtäväsuunnitelma jokaiselle rakennuksen sivulle, muurauksen eteneminen jaetaan töihin, jotka tapahtuvat ennen varsinaista muurausta, niin että kaikki muurausta edeltävät työvaiheet tehty ja aloitus hetkellä sekä sen aikana että myös sen lopussa. Tärkeintä on, että muurareille on tarpeeksi mestaa ja ettei ne joudu hyppimään paikasta toiseen, mikä on aika yleistä.

Aikataulussa tulee huomioida myös säästä aiheutuvat viivästykset, työkohteiden edeltävät työvaiheet, kuten muurauksen terästukirakenteiden asennus sekä villoitus. Aikataulu tulee jakaa tarpeeksi pieniin osiin, jotta mahdollinen viivästyminen aikataulusta on huomattavaa ajoissa ja korjaaviin toimenpiteisiin voidaan ryhtyä. [9;18.]

4.2 Ennen työn aloittamista

Ennen varsinaisen muurauksen aloittamista tehtiin mallityö. Arkkitehti ja rakennesuunnittelija kävi hyväksymässä tiilien ja sauman ulkonäköä. Umpeen muurattu



Kuva 4.4 Umpeen muurattu tiiliseinä (Malli 1)



Kuva 4.5. Pitsitiiliseinä (Malli 1)

seinämallista valittiin malli 1 (kuva 4.4). Pitsitiiliseinämallista valittiin malli 1 (kuva 4.5) Pitsitili on reikätiili, Wienerberger makasiini 285x135x60. Tiili valmistetaan erikoisrei'ityksellä (kuva 4.6), jossa on päissä isommat ovaalireiät raudoitusta varten ja keskellä kuusi neliönmuotoista reikää pystytuuletusta varten. Raudoitus pystyre'i'issä RST-tankoja 7 mm. [16;18.]



Kuva 4.6. Pitsitiilien erikoisrei'itys

Pystysauma 20 mm, vaakasauma 15 mm raudoitukset ja muuraussidelaput piilotettu saumaukseen. [7]

Muurauslaastiksi Arkkitehti valitsi tavallisen ML 5 100/600. Tiiliä ei kuitenkaan päälle sudita saumalaastilla, niin kuin kuvassa (4.7) ja (4.8). Mallissa tiilet on muurattu kuvista poiketen, niin että sidontareiät täsmäsivät toisiinsa. Tiilet tullaan kuitenkin muuraamaan kuvien mukaan niin, että sidonta reiät ovat hieman limittäin toisiinsa nähden. Muurauksen tekninen malli tehtiin muurauksen edetessä. [7;18.]



Kuva 4.7. Pitsitiiliseinä (Malli 2)

4.3 Työn aloitus

Ennen varsinaisten töiden aloitusta pidettiin aloituspalaveri. Aloituspalaveri pidettiin ennen, kuin urakoitsijan työntekijät tulivat työmaalle, ja varsinainen muuraus lähti käyntiin. Työtä aloitettaessa myös työntekijöille selvitettiin käytettävät työmenetelmät



Kuva 4.8. Umpeen muurattu tiiliseinä (Malli 2)

sekä työn tekemiseen ja lopputulokseen liittyvät vaatimukset, kuten tiiliseiden määrä, saumojen tiiviys ja tuuletusraon puhtaana pitäminen. Aloituspäivästä käytettiin YIT:n omaa työvaiheen aloituspäiväpohjaa. [18.]

Aloituspäivästä läpikäytiin seuraavat kohdat:

- Työkohte.
Ennen varsinaista muurausta työkohteen mesta ei ollut valmis muurareille, sokkeleita puuttui eteläsivulla, mistä oli tarkoitus muurausta aloittaa, sokkeleiden vesieristys oli vielä vaiheessa sekä julkisivun lämmöneristys oli vasta käynnissä. Julkisivumuuraus on alkanut osissa, ei niin kuin oli suunniteltu.
- Työryhmä ja työnjohto.
Työvaiheen työnjohtajan tehtävät ja vastuu sekä työmaahan perehdyttäminen kuului minulle.
- Suunnitelmat ja suunnitelmatilanne.
Rakennepiirustukset, joista selvisi muun muassa liikuntasamat, ilmarako, tuuletusreiät sekä pitsitiiliseinän varjomuuraukset sekä savunpoistoaukko ja ikkunat käytiin läpi.
- Työturvallisuus, päällekkäistyöskentely, käytettävät materiaalit ja kalusto.

- Kaikkia rakennepiirustuksia ei ollut saatavilla muurauksen alkaessa, niitä jouduttu kyselymään arkkitehdiltä ja rakennesuunnittelijalta muurauksen edetessä.
- Laatuvaatimukset.
Muuraustyöryhmän kanssa käytiin läpi varsinkin pitsitiili seinälle vaaditut laatuvaatimukset.
- Katselmukset.
Ennen muurausta, tehtiin pitsi sekä umpitiilen malli, jonka arkkitehti ja rakennesuunnittelija kävi katsomassa ja hyväksymässä tiilen ja sauman ulkonäköä. [18.]

4.4 Työn aikana

Työn aikana julkisivumuurauksessa ja varsinkin pitsitiilimuurauksessa tulee keskittyä työn suunnitteluun, materiaalien ja laadun seurantaan. Työn suunnittelussa tulee ottaa huomioon työryhmän tarpeet ja nopeus. Materiaalien ja laadun seuranta työn aikana on työn ajallisen ja laadun takaamiseksi välttämätöntä.

Työn aikana seurataan, että rakenteet ovat pystysuoria ja tasaisia sekä tiilikerrokset vaakasuoria ja oikein limitettyjä. Lisäksi varmistetaan, että tuuletusrako sekä kosteuden poistoraot toimivat ja liikuntasaumamat ovat suunnitelmien mukaiset.

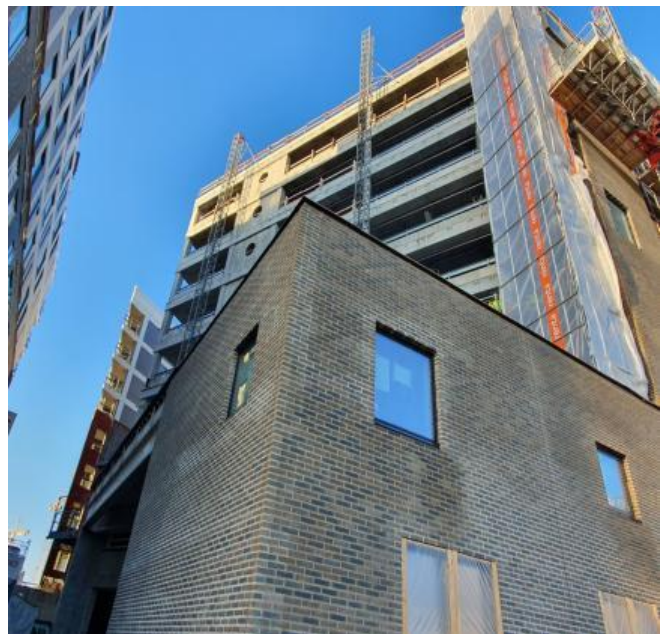
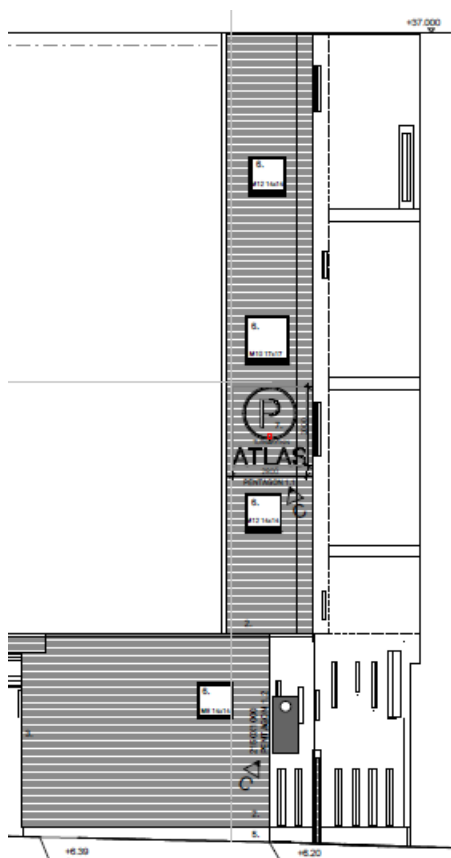
Muuraustyö vaatii suunnittelua työn aikana, jotta se toimii saumattomasti. Muuraus suoritetaan lähes poikkeuksetta yksi muurausväli kerralla ylös asti. Muurausväli on yleensä liikuntasauvojen tai talon nurkkien välinen matka. Kun suunnittelussa tiedetään tämä, on muurausrakka helppo lohkoa. Lohkojen neliöt tulee laskea, jotta muurauksen etenemisestä voidaan päätellä tilattavien materiaalien tarve ja suoritus aika aikataulun laatimista ja seuranta varten.

Tarvittavien hankintojen aikataulua pitää laatia hyvissä ajoin ja ottaa huomioon eri tuotteiden toimitusaikoja. Pahimmassa tapauksessa tuotteen pitkän toimitusajan takia, koko julkisivumuuraus myöhästyy pahasti aikataulusta. Pitää ottaa huomioon myös tuotantotehtaiden loma-ajat, silloin tuotteiden toimitusaika voi venyä yllättävän pitkäksi.

Lohkotyön päätyttyä tarkastetaan, että tiilimuuraus on sopimusasiakirjojen laatuvaatimusten mukainen. [18;23.]

4.4.1 Muuraustilanne 1

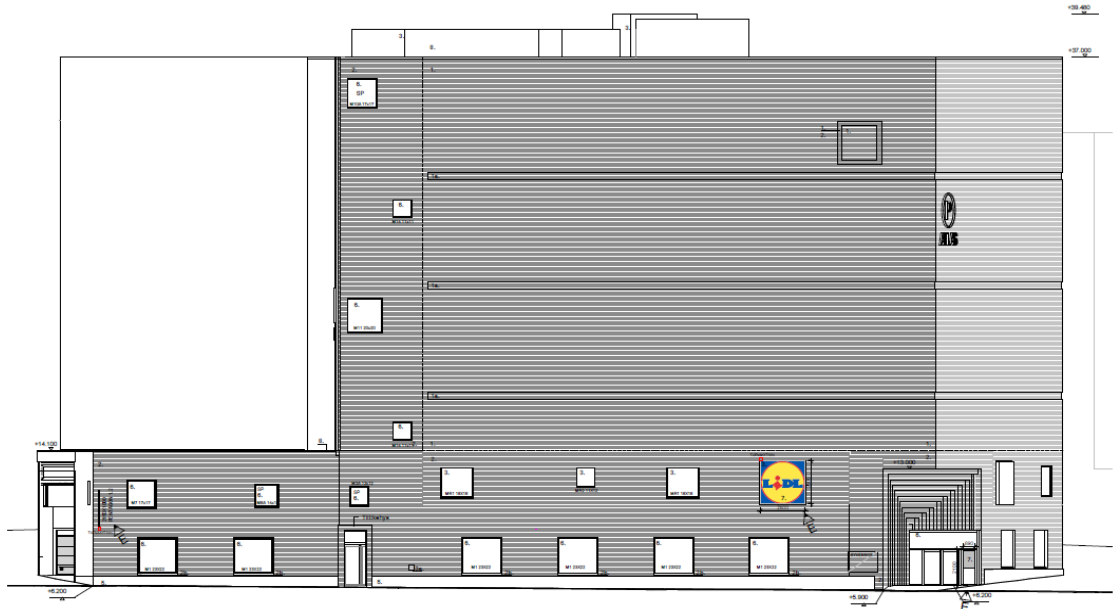
Muurausta on aloitettu vasta heinäkuun alussa Lidlin sosiaalitulojen (eteläinen julkisivu) umpimuurauksella. Muurauksen alkaessa työmaalle ei vielä toimitettu ikkunoiden tiilipalkkeja eikä (nurkka)muototiiliä, jonka seurauksena muuraus venyi aikataulusta. [18;20;23.]



Kuva 4.9. Muuraustilanne 1

4.4.2 Muuraustilanne 2

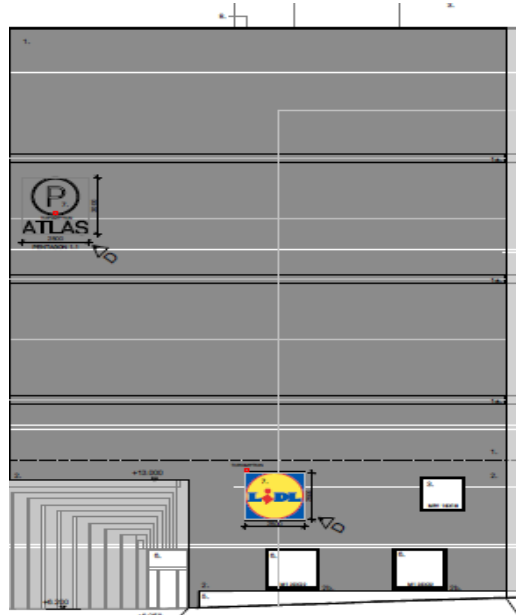
Muuraus jatkui Lidlin sos. tilojen itäiselle julkisivulle umpimuurauksella, P1 kerroksesta ylöspäin P8 kerrokseen asti muuraus jatkui pitsitiilimuurauksena. Pitsitiilimuurausta aloittaessa muuraus alkoi vähitellen hidastua puutteellisen teräsrungon takia. 7-kerrokselle tuli myös pitsitiilikehys (liite 1). [18;20;23.]



Kuva 4.10. Muuraustilanne 2

4.4.3 Muuraustilanne 3

Talon koillissivua on muurattu syyskuusta joulukuuhun ulottuvalla jaksolla. Pääsisäänkäyntiä on muurattu kaikkein viimeisenä ennen kohteen luovutusta. Valomainoksen kohdalla on käytetty kapeampaa tiiltä sekä enemmän muuraussiteitä. [18;20;23.]



Kuva 4.11. Muuraustilanne 3

4.4.4 Muuraustilanne 4

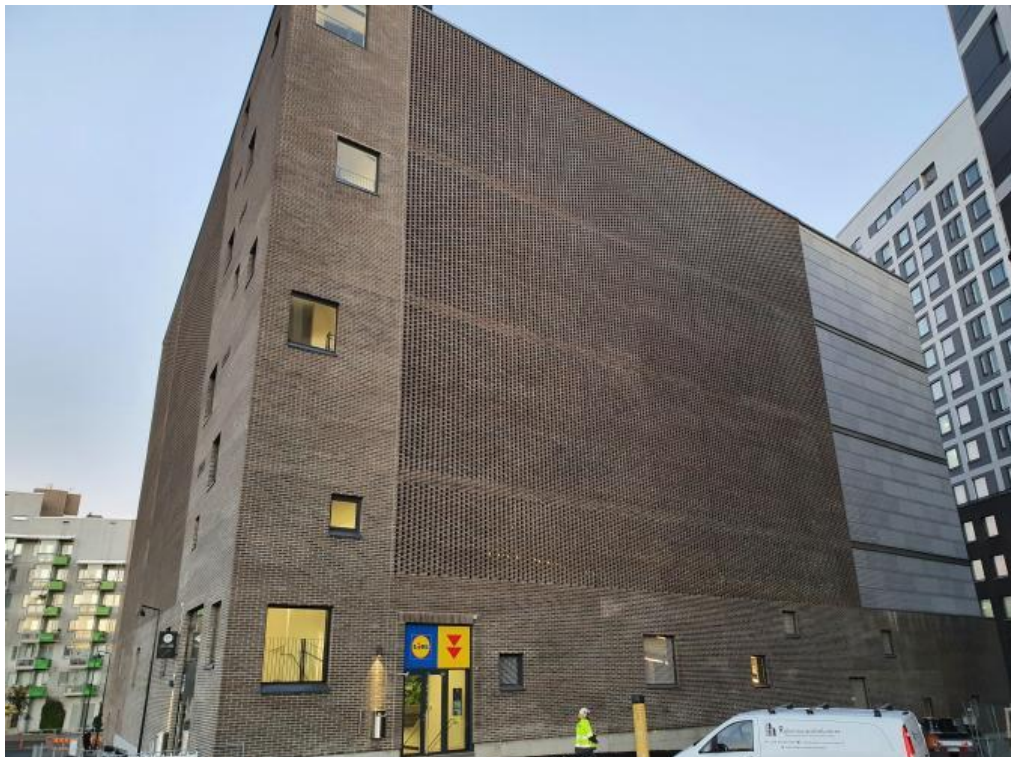
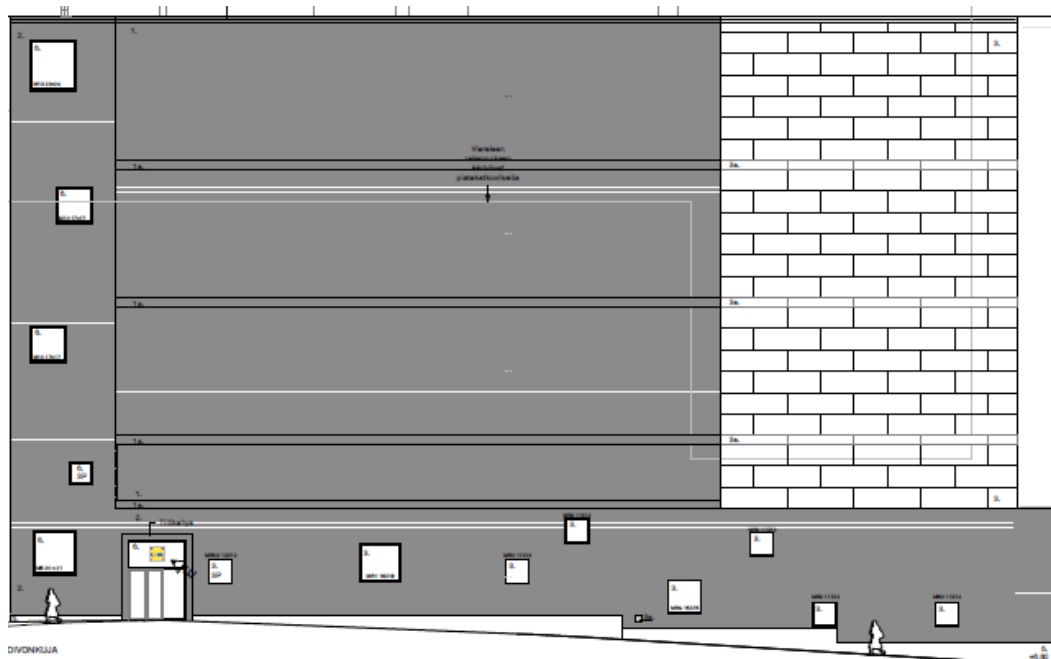
Pohjoissivulla muurarit joutuivat hypätä rakennuksen nurkkaan porrashuoneen kohtaan, siellä mestat olivat valmiina ja teräsrungon asentajat pystyivät asentamaan samaan aikaan teräsrungon osia, siellä missä muurareita ei ollut eikä syntyisi päällekkäistyöskentelyä. Savunpoisto aukkojen periaatekuva (liitteessä 3). [18;20;23]



Kuva 4.12. Muuraustilanne 4

4.4.5 Muuraustilanne 5

Länsijulkisivua on muurattu kaikkein viimeisenä. Koko länsijulkisivulle ei tullutkaan pitsiiliseinää vaan talon loppupäähän oli asennettu myös metallisäleikköseinää. Pitsiilimuurauksen periaate on (liitteessä 2). [18;20;23.]



Kuva 4.13. Muuraustilanne 5

4.5 Muuraustelineet ja Mastolavat

Muuraustelineet ja mastolavatyöt ovat lähes aina muurauksen aikana tapahtuvia työvaiheita. Mastolava on parempi vaihtoehto telineille, mutta toisin kuin telineet, joutuu mastolavaa aina siirtämään muurauksen mukana eteenpäin. Mastolavan siirtäminen keskeyttää muurauksen poikkeuksetta. Näin ollen on hyvä aikatauluttaa siirrot ja sovittava aina muurareiden kanssa, missä he pystyvät muuraamaan muilla sivuilla. Mastolavojen korotukset sekä huollot on myös sovittava hyvissä ajoin muurareiden kanssa. Varsinkin talvella mastolavoille joutuu tekemään sääsuojat, sekä laittamaan tarvittaessa lämpöpuhaltimet. Tuuli vaikuttaa myös mastolavoilla työskentelyyn. Mastolavalle ja telineille on määritetty maksimi tuulennopeus, joka on Max. sallittu tuulennopeus 12,7 m/s, jolloin työskentely on sallittu. [3;21.]

4.6 Tiilet

Tiilien varastointialueen löytäminen on helppoa, koska tiilien varastointialue ei vaadi huomattavaa määrää työtä täyttääkseen sille asetetut vaatimukset. Tiilien varastointialueen on oltava tasainen ja kantava. Nopea keino saada hyvä alusta tiilille on asettaa ne vanerien päälle ja tehdä vanereista kulkuväylä tavarahissille ja mastolavoille. Vanerin tulee kuitenkin olla tarpeeksi vahvaa ja kosteuden kestävä.

Talvella tiilien varastointialueen löytäminen ja tekeminen tuo omat haasteensa, varsinkin kun niille pitää keksiä myös jonkinlainen sääsuoja, esimerkiksi telttä tai pressutalli, telttan asettaminen ja lämpöpuhaltimien asennus telttan sisään on kaikkein paras keino saada tiilet suojattua pakkaselta ja sateelta, kuten YIT:n työmaalla oli toteutettukin. [16;22.]

4.7 Laasti

Laastia tilatessa tulee ottaa huomioon, että painesiiloon tilattava täyttö on noin 16 tonnia kuiva-ainesta siilon koon mukaan. Siilolle aina katsotaan sopiva paikka työmaalla, jotta se olisi sekä muurarille että muille urakoitsijoille hyvä. Siilon tulee olla siirron aikana tyhjä, muuten sitä ei saa siirtää mihinkään. Painesiilon ja säkkitavarasiilon välinen ero on se, että painesiilosta hankala tietää paljonko laastia on vielä jäljellä. Säkeillä täytettävään siiloon voi aina katsoa täyttöluukusta, mutta painesiilossa tämä ei ole

mahdollista. Talvella myös siilolle joudutaan tekemään sääsuoja, jotta saataisiin kottikärryt ja siilon ohjauskeskus varastoitua lämpimään, myös muurausveden letkulle joudutaan tekemään jonkinlainen suoja, ettei se pääse pakkasella jäätymään. Varsinkin syksyllä ja talvella julkisivumuuraus vaatii aina suojan vesisateelta ja lumelta. Julkisivu töissä on aina huomioitava sade ja lämpötila. Vesisateessa muur§1aaminen ei onnistu, sillä laastiin satava vesi tekee siitä muurauskelvotonta. Talvella joudutaan sitten käyttämään talviolosuhteisiin soveltuvaa laastia. Julkisivun muurauksen mastolavat tulee lämmittää vähintään laastin minimi muurauslämpöarvon yläpuolelle. [3;6;7.]

4.8 Työn jälkeen

Muurauksen jälkeen on tarkistettava, että muuraus täyttää laadulliset määräykset. Muurauksesta on erityisesti tarkistettava:

- Tuuletusreiät ja tuuletusrako puhtaiksi laastipurseista
- Saumojen koko ja pinta
- Tiilien limityksissä on ollut välillä heittoa. (kuva 4.14) [18.]



Kuva 4.14. Toteutunut pitsitiilimuuraus

- Tiilien kunto ja jako

Tiilien kuntoa tarkasteltiin rakennusvalvonnan toimesta, rakennusvalvonta oli huolissaan yksittäisten tiilien kunnosta, josta ilmeni halkeamia, kyseinen tiili on poltettu tiili, ja siihen voi syntyä pieniä halkeamia, mikä on normaalia. (kuva 4.15) [18.]



Kuva 4.15. Tiilien kunto ja jako

- Muurauksen raudoitus

Jokaiseen pitsitiileen ovaalireikään laitettiin 7mm ja 180mm pitkä RST-harjateräksen tangot, tankoja meni koko pitsitiiliseinään yhteensä noin 70 000 kappaletta. (kuva 4.16) [18.]



Kuva 4.16. Muurauksen raudoitus

- Muuraussiteiden kiinnitys seinään

Muuraussiteille on tehty koevetotestit, mistä on saatu hyvät tulokset. (kuva 4.17) [18.]



Kuva 4.17. Muuraussiteiden kiinnitys seinään

- Muuraussiteiden ja tiilisankojen suoruus

Muurarit joutuivat käyttämään linjalaseria asennettaessa muuraussiteitä betoniseinään, jotta tiilisanka osuisi pitsisaumaan ja olisi suorassa. (kuva 4.18) [18.]



Kuva 4.18. Muuraussiteiden ja tiilisankojen suoruus

- Työpisteen siisteys

Muurarit joutuivat itse siivoamaan laastipurseet sekä laastijätteet mitä oli päässyt tiili ja betoniseinään väliin. (kuva 4.19) [18.]



Kuva 4.19. Työpisteen siisteys

4.9 Ajallinen suunnittelu

Ajallinen suunnittelu on tärkein osa julkisivumuurauksen tehtäväsuunnitelma, koska se sisältää useita eri työvaiheita, mastolavojen asentaminen, korotus, lämmöneristeiden asennus. Ajallisella suunnittelulla varmistetaan tehtävän alkaminen ja valmistuminen ajallaan.

Epäonnistunut ajallinen suunnittelu ja ohjaus johtavat muurauksen myöhästymiseen, kustannusten kasvamiseen ja laatuvirheisiin. [18;20.]

4.10 Työ ja ympäristöturvallisuus

Muuraustyössä suoritettava valvonta on hyvä kohdistaa työturvallisuuteen ja laatuvaatimuksiin. Työturvallisuudessa suurimmat puutteet yleensä löytyvät suojainten käytöstä ja putoamissuojauksesta. Aina ennen kuin uuden seinän tai lohkon muuraus

aloitetaan, on hyvä käydä tarkastamassa työpisteen työturvallisuus. Ennen muurausta on seuraavat lähtötiedot oltava kunnossa. [14.]

- Työturvallisuus

Suurimmat työturvallisuusriskit liittyvät putoamissuojakseen ja suojavälineisiin. Julkisivut ovat usein aika korkeita, jolloin putoamisesta aiheutuva vaara voi olla hengenvaarallinen.

- Mestän valmius

Kaikki muurausta edeltävät työvaiheet pitäisi olla valmiina, ennen seuraavaa työvaihetta.

- Kalusto (mastolavat, telineet)

Muurauksen tapahtuessa telineiltä tai mastolavalta on putoamisonnettomuudet suuri potentiaalinen vaara. Muuraustelineet jamastolavalla on oltava putoamissuojaus kaiteet kaikilla sivuilla.

- Materiaalit (tiilet, laasti, yms.)

Työmaaliikenne aiheuttaa usein vaaranpaikkoja muuraustyöskentelylle, jos muurauksen materiaalien kulkureitti kulkee työmaaliikenteen tien poikki. Näin tiilien varastointipaikkaa pitää valita minimoimalla vaaratilanteita.

- Päällekkäistyöskentely

Julkisivu muurausta on aina otettava huomioon muihin töihin. Ennen kuin uutta seinää tai lohkoa aletaan muurata, on työpisteellä kaikki edelliset työt pitää olla tehtynä, jotta ei syntyisi päällekkäistyöskentelyä.

- Olosuhteet

Mastolavalla Max. sallittu tuulennopeus 12,7 m/s, jolloin työskentely on sallittu. Muuraus on altis ympäristön aiheuttamille työturvallisuus puutteille. Yleisiä turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat työmaaliikenne, kulkusillat, telineet, mastolavat, ja sääolosuhteet.

- Ympäristöturvallisuus

Ympäristölle merkityksellistä on muurauksesta syntyvät rakennusjätteet. Jätehuolto tulee myös olla hoidettu kivi- ja laasti jätteille. Näin työympäristöön ei jää rakennusjätteenä laastia tai tiilenpaloja. [14.]

4.11 Laatu

Pitsitiilimuurauksessa pystykuormat siirtyvät limittyvien saumojen osalta alas aina kantaviin sokkeleihin asti. Teräsrungolla muurauksen taustalla tuetaan seinän kohtisuorat vaakakuormat sekä nurjahdus tuetaan muuraukset.

Pitsitiilimuurauksen pinnan laatutaso koskee molempia suuntia sillä molemmat pinnat jäävät näkyviin.

Teräsrungon kohdalla muuraussiteet on asennettava kohtisuorasti muurausta kohden. Vaakakuormat eivät välttämättä siirry teräsrungolle, mikäli siteet ovat vinossa.

Muurauslaastista tehtiin koekappaleet kelpoisuuden varmistamiseksi.

Muuraustyössä ja varsinkin pitsitiilimuurauksessa pitää erityisesti ottaa huomioon

- Tiilien ja laastin laatu
- Liikuntasaumojen mitat, leveys yms., pitsitiilisaumojen suoruus
- tuuletusvälit, vedenpoistot

Julkisivumuurauksen laatu kohdistetaan muuraustyön kaikkiin vaiheisiin. Tavoitteena on saada muuraustyön laadusta hyvä lopputulos. [18;23.]

5 Teräsrakenteiden toteutus

5.1 Teräsrakenteiden liittyminen julkisivumuuraukseen

Julkisivurakenteet tuetaan tiilimuurausten osilta haponkestävään ja metallisäleikköseinien osalta sinkittyyn teräsrunkoon. Metallisäleikköseinän yhteyteen tulee myös viherseinä-vaijerijärjestelmä. Teräsrungon liitoksissa otetaan huomioon julkisivurakenteen ja rakennuksen rungon erilaiset muodonmuutokset ja lämpöliikkeet.

Projektin teräsrakenteet suunnitellaan normien SFS-EN 1990 SFS-EN 1991 sekä SFS-EN 1993 mukaan. Teräsrakenteiden valmistus ja asennus suoritetaan standardin SFS-EN 1090-2 mukaan. Pöyry Finland Oy toimii kohteen teräsrakenteiden pääsuunnittelijana ja laatii teräsrakenteiden urakkakyselyä ja valmistusta varten tarvittavat suunnitteluasiakirjat. [5;12.]

5.2 Ajallinen suunnittelu

Tehtävän ajallinen suunnittelu tehdään laatimalla kyseiselle työvaiheelle aikataulu. Varsinkin julkisivutöissä pitää jakaa jokainen julkisivu omaan lohkoon samalla tavalla kuin muurauksessa.

Kun julkisivua on tekemässä monta urakoitsijaa, niin erityisen tärkeää jakaa kaikki julkisivut asennusjärjestyksessä, jotta ei syntyisi päällekkäistyöskentelyä tässä tapauksessa muurareiden kanssa. [20.]

5.3 Aikataulu

Aikataulullisesti kohde on ollut muutenkin haastava, sillä koko talon runkovaihe on viivästynyt ja muuraustyöt olivat päällekkäin terästuki asennuksen kanssa. Töiden yhteensovittaminen muurauksen kanssa on ollut haastavaa, muurauksen terästuet ei ole asennettu ajallaan, jonka takia muuraus on viivästynyt aika pahasti. Urakoitsijaksi on valittu kansainvälinen urakoitsija, jolla on ollut resurssipula koko heidän urakan ajan, jonka takia heidän työnsä olivat aina myöhässä, lisäksi asennuksen aikana on tullut

paljon asennusvirheitä ja muutostöitä, jotka viivästyttivät terästuen asennusta entisestään. [18.]

5.4 Ennen työn aloittamista

Aloituspalaverissa sovittiin työn toteutukseen liittyvistä asioista, palaverissa käytiin läpi asennus- ja laatusuunnitelmat; varastoinnin, säilytyksen ja suojausten hoitaminen; vastuuhenkilöt, laadunvarmistus- ja työturvallisuusasiat, aikataulu sekä työajat. Aloituspalaverista tehtiin muistio, johon kirjattiin mahdolliset muutokset. Muistio liitettiin työmaa-asiakirjoihin.

Ennen varsinaisten töiden aloitusta pidettiin aloituspalaveri. Aloituspalaveria pidettiin 1.7.2019. Töiden aloitus oli tarkoitus aloittaa heti seuraavana päivänä. Ennen varsinaisten töiden aloitusta urakoitsija kävi tekemässä malliasennuksen teräsrakenteista, jota rakennesuunnittelija kävi katsomassa ja antamassa kommentit. Teräsrakenteiden Mallikatselmus oli pidetty 3.7.2019, jossa oli mukana arkkitehti ja rakennesuunnittelija. [18.]

5.4.1 Mallikatselmuksessa nousi esiin seuraavat huomiot

Putkien jatkokset oli hitsattu umpeen, kulmia tehty hitsaamalla itse eikä tehdasvalmisteiset kuten suunnitelmissa oli esitetty, taivutettujen kulmien materiaalipaksuus liian ohut taivutuksen kohdalta, sekä kierretangot ja pultit olivat liian lyhyitä. Suunnitelmien mukaan kaikkien kulmarautojen olisi pitänyt olla kuumavalssattuja, eikä kylmävalssattuja, mitä on huomautettu katselmuksessa.

Urakoitsija ehdottanut muutosta vaihtaa kulmaraudat kuumavalssatuista kylmävalssattuihin teräsosiin. Rakennesuunnittelija ei hyväksynyt urakoitsijan ehdottama muutosta. Rakennesuunnittelijan ja tilaajan kanta oli se, että rakenne tulee tehdä suunnitelman mukaisesti kuumavalssatuista teräsosista.

Urakoitsijalle oli lähetetty moneen kertaan reklamaatio työn viivästyisestä sekä tästä aiheutuneet seuraamukset. Mikäli urakoitsija myöhästyy aikataulusta, pääurakoitsija joutuu vaatimaan täysimääräisesti viivästyksestä johtuvat kustannukset urakoitsijalta.

Kustannukset koostuivat nostimien vuokrista, muuraustyön keskeytymisestä, saumaustyön keskeytymisestä sekä talvilisätöistä. (talvimuuraus) [18.]

5.4.2 Kuumavalssatun ja kylmävalssatun kulmaraudan ero

Kuumavalssauksella tarkoitetaan myllyprosessia, jossa valssataan terästä uudelleenkiteytyslämpötilaa korkeammassa lämpötilassa; lämpö, joka yleensä ylittää 930°C. Kun teräs on uudelleenkiteytymislämpötilan yläpuolella, se voidaan muotoilla helposti, ja terästä voidaan valmistaa paljon suurempina kokoina. Kun teräs jäähtyy, se kutistuu hieman, mikä antaa vähemmän valmiin tuotteen koon ja muodon hallinnan kylmävalssattuihin verrattuna. [1;2.]

Kylmävalssattu teräs on pääosin kuumavalssattua terästä, jota on jatkojalostettu. Terästä prosessoidaan edelleen kylmäpelkistyslaitoksissa, joissa materiaali jäähdytetään (huoneenlämpötilassa), jota seuraa hehkutus ja/tai karkaisu. Tämä prosessi tuottaa terästä, jolla on lähemmät mittatoleranssit ja laajempi pintakäsittelyvalikoima. [1;2.]

Kylmävalmistettujen tankojen on tyypillisesti vaikeampi työskennellä kuin kuumavalssattujen hiilen pitoisuuden vuoksi. Tätä ei kuitenkaan voida sanoa kylmävalssattujen levyjen ja kuumavalssattujen levyjen osalta. Näiden kahden tuotteen kanssa kylmävalssatussa tuotteessa on alhainen hiilipitoisuus ja se on yleensä hehkutettu, mikä tekee siitä pehmeämmän kuin kuumavalssattu levy. Kuumavalssattuun teräkseen verrattuna kylmävalssatun teräksen lujuus kasvaa lähes 20% venytyskarkaisun avulla. Kylmävalssattu teräs mahdollistaa erittäin tarkkojen muotojen luomisen. Koska prosessi suoritetaan huoneen lämpötilassa, teräs ei kutistu, kun se jäähtyy, kuten se tapahtuu kuumavalssatulla prosessilla. [1;2.]

5.5 Työn aloitus

Aloituspalaverissa on olennaista, että työn kaikki osapuolet ovat selvillä mitä työ sisältää laajuuden, laadun ja tavoitteiden suhteen. Aloituspalaveri parantaa tiedonkulkua ja varmistaa työn aloituksen edellytykset kaikille osapuolille. Aloituspalaveri kannattaa järjestää hyvissä ajoin ennen työn alkua. Silloin voidaan varmistaa kaikki epäselvyydet

ja ratkaista kaikki ongelmat. Usein ongelmia tulee heti asennuksen alussa, jotka vaativat rakennesuunnittelijan sekä arkkitehdin näkemystä sekä nopeaa ratkaisua. [18.]

5.6 Työn aikana

Alla kuvassa on pitsitiiliseinän terästukirunko (kuva 5.1), josta koko pitsitiiliseinä tuetaan, terästukirungon asennus ja julkisivumuurauksen yhteensovittaminen oli kaikista vaikeinta, koska terästukirungon piti asentaa ennen muurausta. Muurareilla usein ei ollut tarpeeksi mestaa, minkä vuoksi he joutuivat hyppimään paikasta toiseen, sekä terästukirungon asentajilla oli vaikeuksia asentaa terästukiputkia epätasaisen betonin takia. [18.]



Kuva 5.1. Pitsitiiliseinän terästukirunko

5.7 Työn jälkeen

Jokaisen julkisivu teräsrungon asennuksen jälkeen pidetty mallikatselmus, rakennesuunnittelija kävi tarkistamassa ja jos ilmeni jotain puutteita tai virheitä, jouduttu

korjaamaan ja kutsua koolle seuraavan katselmuksen. Kun rakennesuunnittelija oli hyväksynyt kaikki korjaukset, sen jälkeen muuraus on voinut jatkua. [18.]

5.8 Laatu

Atlantinkaaren kohteeseen oli Rakennusvalvontaviraston toimesta asetettu hitsauskoordinaattori. Teräsrakenteiden valmistajan piti laatia seuraavat projektin laadunhallintaa koskevat dokumentit ja toimittaa ne tilaajalle ennen työn aloitusta.

Asennushitsaukset: Yritykseltä joka ko. työtä suorittaa

- hitsaajien pätevyystodistukset
- hitsaavan yrityksen WPS: ät (hitsausohjeet ko. työlle)
- materiaalitodistukset lisäaineesta, jota hitsaustyössä käytetty

Konepaja valmistus: Yritykseltä joka ko. rakenteet on valmistanut

- (EN 1090-2 / EXC2- luokka)
- CE- todistukset ja DoP (suoritustasoilmoitus) konepajalla valmistetuista rakenteista
- konepajakuvat sekä piirustukset

Työssä on pyritty noudattaa voimassa olevia rakentamista koskevia Suomen lakeja, asetuksia ja normeja sekä suomalaisten viranomaisten ohjeita ja määräyksiä siltä osin, kuin ne koskevat valmistusta, työturvallisuutta ja muuta toimintaa. [5;13.]

Mikäli piirustuksissa on ristiriitaisuuksia, niin tilaaja yhdessä vastaavan teräsrakennesuunnittelijan kanssa määrittelee, mitä ohjetta noudatetaan. Myös dokumenttientulkintaongelmista on ilmoitettava. [8.]

Hitsauskoordinaattori kävi muutaman kerran työmaallamme tarkistamassa kaikki teräsrakenteet, tuloksena oli kaikki rakennepiirustusten mukaiset rakenteet, mm haponkestävää materiaalia niin kuin piti olla, RHS- putkista löytyi 316L (Hitsauslisäaine haponkestävien stabiloitujen tai stabiloimattomien terästen hitsaukseen) tehdasmerkintöjä. [8;25.]

Huolen aiheen kuitenkin löydettiin hitsien ruostumista, hitsauskoordinaattorin mukaan kyseistä teräsputkea ei ole hapotettu valmistuksen/hitsauksen jälkeen vaan jätetty niin kuin se on tullut jo asennusvaiheeseen. Sen jälkeen oltiin yhteydessä valmistajaan, jotta ainakin loput valmistuksessa olevista rakenteista hapotettaisiin. Asennetut rakenteet jouduttiin taas peitata työmaalla.

Teräsrungon asennusta varten on edellytetty laadunvarmistusta varten koevedot tehtäväksi koeveto-ohjeen mukaisessa laajuudessa muuraussiteille sekä teräsrungonjälkikiinnityksille. Kaikki suoritettavat koevedot olivat hyväksytyt.

Työn edetessä rakennesuunnittelijalta ja rakennusvalvonnalta tuli muutama huomautus, teräsrungon toteutuksen osalta ei ole noudatettu konepajasuunnittelun aloituspalaverissa sovittua rungon tarkemmittausta betonirungon ja tiiliseinän sijaintien osalta, jonka mukaan rungon linja määritellään. Teräsrunko on suunniteltu ja asennettu teoreettisten mittojen mukaan ja poikkeamia on aiheutunut linjan osalta ja liitoksia on väkisin sovitettu. Puutteellisesta konepajasuunnittelusta ja asennuksesta johtuen on



Kuva 5.2. Välikappaleet teräsrunгон ja betoniseinän välissä

jouduttu lisäämään teräsrunkoa varten kiinnityskappaleita (kuva 5.2) lisää ulokkeen kohdalla sijaitsevaan ripustettuun tiiliseinään. [18;25.]

6 Tulokset

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda mahdollisimman kattava ja laaja tietolähde hankkeen pitsitiilijulkisivun toteutuksesta. Koko hanke oli haastava suunnitelmapuutteiden vuoksi sekä aikataulussa pysyminen.

Pitsitiilijulkisivun työtoteutuksessa ilmenneet suurimmat ongelmat johtuneet rakenne- ja arkkitehtisuunnitelmien puutteellisuudesta ja viivästyksistä ja runkourakoitsijan töiden virheistä ja viivästymisistä.

Suurimmaksi ongelmaksi syntyi betonirungon ja tiiliseinän sijaintien osalta. Kun aloitettiin asentamaan teräsrunkoa, huomattiin että betonirungossa on poikkeamia suunnitelmiin nähden. Talon runkovaiheessa olisi pitänyt tehdä betonirungon tarkemmittauksia, joita ei ole tehty. Puutteellisesta julkisivun teräsrunгон tarkemmittauksesta on todennäköisesti aiheutunut kyseiset poikkeamat julkisivun linjoissa. Teräsrunko oli suunniteltu ja tarkoitus asentaa teoreettisten mittojen mukaan ja poikkeamia on aiheutunut linjan osalta ja

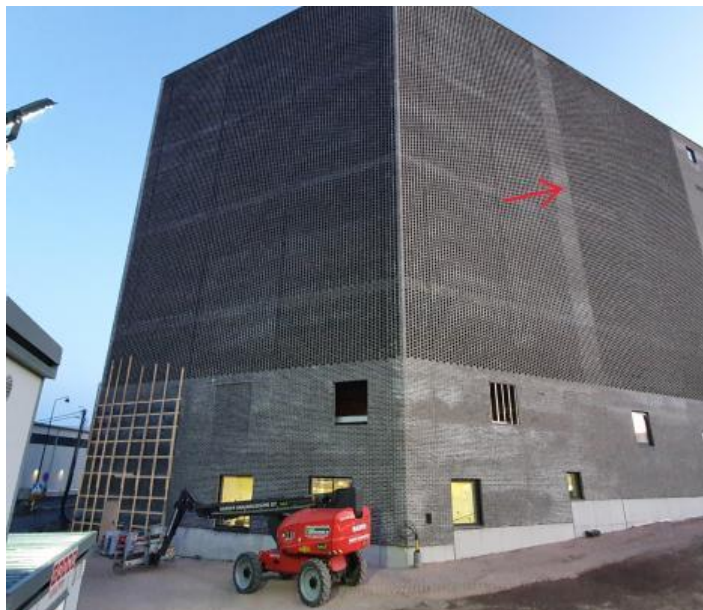
liitoksia oli väkisin sovitettu. Tästä syystä julkisivumuurausta muurattu ulompana kuin suunnitelmissa oli esitetty.

Muuraukseen liittyen ongelmia ilmeni myös muuraussiteiden sekä tiilisankojen vinoudesta, rakennesuunnittelijan mukaan muuraussiteen ja tiilisankojen olisi oltava kohtisuorassa tiiliä nähden, jos ne olivat vinossa, ne eivät välttämättä ottaa tiiliseinästä tulleet vaakakuormat. Näin myös koko tiiliseinän vahvuus heikkenee. Ongelmat ratkaisemiseksi jouduttiin lisäämään siteiden määrää sekä käyttämään laseria siteen oikeaan paikan varmistamiseksi. Pitsitiilimuurauksen laatuun liittyen oli erityistä huomiota. Pitsitiilimuurauksen pinnan laatutaso koskee molempia suuntia sillä molemmat pinnat jäävät näkyviin. Laatutasoa jouduttiin parantamaan merkittävästi, sillä laastijätettä on päässyt tuuletusrakoihin sekä teräsrungon L-profiilien päälle.

Muurareiden osalta on sattunut myös muutama virhe, josta yksi on rakennuksen pohjoissivulla tiilien jaossa tekemä mittavirhe. Kuvassa 6.1 näkyy että pitsitiilien jako on hieman tihennetty. Kyseistä virhettä olen huomannut, kun muurari on saanut muurattua yhden kerroksen verran pitsimuurausta. Olemme heti järjestäneet vastaavan mestarin kanssa katselmuksen, jossa kutsuttiin arkkitehdin sekä rakennesuunnittelijan työmaalle. Vaihtoehtona oli purkaa muurattua seinää ja muurata kyseistä seinää oikealla tiilien jaolla, mutta tiukan aikataulun vuoksi tästä olemme luopuneet. Varmistettiin kuitenkin arkkitehdin sekä rakennesuunnittelijan osalta, että voidaan jatkaa muurausta kyseisellä mittavirheellä.

Aikataulullisesti koko julkisivumuuraus olikin haastavaa, kun muuraus jatkui läpi talven. Jonakin päivinä muuraus on edennyt todella hitaasti sääolosuhteiden takia. Kohteessa on pidetty päiväkirjaa muuraustöiden viikoittaisesta etenemisestä, jokaisen viikon päätteeksi olen pitänyt valvojat sekä kohteen vastaavaa mestaria ajan tasalla.

Laadullisesti urakoitsijalla oli kaikki suunnitelmat ja laatumääräykset tiedossa koko julkisivumuurauksen ajan, kaikki suunnitelmamuutokset olen heti lähettänyt urakoitsijalle. Ongelmien ilmestyessä järjestettiin urakoitsijan, rakennesuunnittelijan sekä arkkitehdin kanssa katselmuksia, josta yritettiin löytää ratkaisuja.



Kuva 6.1. Pitsitiilimuurauksen tiilenjako mittavirhe

Suuremmilta ongelmilta julkisivumuurauksen kohdalla vältyttiin, mutta tiukka aikataulu ja suunnitelmamuutokset aiheuttivat myös kiireitä muurauksen kohdalla.

7 Muurauksen yhteenveto ja johtopäätökset

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia pitsitiilimuurauksen työnkulkua ja siihen liittyviä ongelmia sekä pitsimuurauksen teoriaosuutta.

Työn suorittamisen jälkeen suoritettavat tarkastukset osoittivat, että työn jälki oli hyvää, vaikka muurareilla syntyi virheitä muurauksen edetessä, joita jouduttiin korjaamaan. Työmaalla valvontakonsultit kävivät riittävästi ja rakennuttajakin oli tyytyväinen saavutettuun tasoon.

Muuraustyöt saatiin päätökseen hyvissä ajoin ennen kohteen luovutusta, vaikka välillä tuntui, ettei ehditä, ja taloudellisestikin pysyttiin työvaiheissa niille annettujen resurssien sisällä.

Yhteenveto pitsitiilimuurauksen toteutuksesta on, että vaikka koko hankkeen aikataulu, laatu sekä talouspuoli on kärsinyt, niin tästä on tullut hyvää oppia, tehdyistä virheistä sekä ylempien toimihenkilöiden että myös mestareiden osalta. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että jatkossa kaikkien virheiden ja ongelmien minimoimiseksi tarvitaan aina

kattavat suunnitelmat sekä urakoitsijoiden yhteistyökykyä. Näin saadaan kaikille osapuolille hyvät asetelmat. Mielestäni aihe oli todella mielenkiintoinen ja onnistuin sen johtamisessa.

Lähteet

1. Kuumavalssatun ja kylmävalssatun kulmaraudan ero
<http://www.nationalmaterial.com/hot-and-cold-rolled-steel/> > Luettu 13.9.2019
2. Kuumavalssatun ja kylmävalssatun kulmaraudan ero
<https://svcmistry.org/fi/dictionary/what-is-the-difference-between-hot-rolled-steel-and-cold-rolled-sheet-what-are-its-properties/> > Luettu 15.2.2020
3. VTT Rakennus ja yhdyskuntateknikka, Hannu Koski; Tampere, 2003
https://wienerberger.evianet.fi/download.php/download/Document_data/369/Kerrostalon_julkisivumuuraus_opas.pdf?wbid=2 > Luettu 18.11.2019
4. elementtisuunnittelu.fi verkkosivut
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/Haku?term=kuormat%20ja%20suunnittelu%20perusteet> > Luettu 13.3.2020
5. Eurokoodit, rakenteiden suunnitteluperusteet
<https://www.eurocodes.fi/suunnitteluperusteet/en1990-eurokoodi-rakenteiden-suunnitteluperusteet/> > Luettu 20.9.2019
6. Saint-Gobain Weber verkkosivut
<https://www.fi.weber/muuraus-ja-rakennelaastit/muurauslaastit/webervetonit-ml-5-muurauslaasti-m100600> > Luettu 28.9.2019
7. Saint-Gobain Weber verkkosivut
<https://www.fi.weber/muuraus-ja-rakennelaastit/varilliset-ja-erikoismuurauslaastit/webervetonit-ml-5-varillinen-muurauslaasti-m100600>
>Luettu 30.8.2019
8. Impomet Oy asiantuntijayritys, impomet.com, Haponkestävien terästen hitsaukseen
<https://www.impomet.com/tuotteet/hitsauslisaaaineet/ruostumattomien-terasten-hitsaus/er-316l> > Luettu 20.2.2020

9. Rakennustieto.fi verkkosivut
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020503.pdf> > Luettu 25.5.2019
10. Sebastian Ortlepp, Heinäkuu 2014 9. kansainvälinen muurauskonferenssi
Rei'itetty muuraus - kevytrakenne,
<https://www.researchgate.net/publication/278675620> > Luettu 29.11.2019
11. Suoritustasoilmoitus DOP dokumentti
<https://www.rft.be/en-gb/page/about-rf-t/faq/faq-ce/declaration-of-performance-dop-difference-declaration-of-conformity-doc> > Luettu 15.1.2020
12. Suomen standardisoimisliitto verkkosivut, sfs.fi
<https://www.sfs.fi/aihealueet/eurokoodit/julkaisut?showall=1> > Luettu 25.9.2019
13. Suomen standardisoimisliitto verkkosivut, sfs.fi
https://www.sfs.fi/aihealueet/rakentaminen/teras- ja_alumiinikokoonpanojen_ce-merkinta > Luettu 2.2.2020
14. Tiili-info verkkosivut
<https://www.tiili-info.fi/rakentaminen/tyoturvallisuus/> > Luettu 28.10.2019
15. Uuttahelsinkia verkkosivut, uuttahelsinkia.fi
<https://www.uuttahelsinkia.fi/fi/uutiset/2017-10-30/arkkitehtuuria-ja-laatuajatkasaareen-pysakointitaloihin> > Luettu 15.5.2019
16. Wienerberger Oy Ab verkkosivut
<https://www.wienerberger.fi/inspiroidu-tiilesta.html> > Luettu 15.9.2019
17. YIT Oyj:n kotisivut
<https://www.yitgroup.com/fi/kumppaneille/tyoturvallisuusperiaatteet> >Luettu 16.4.2019
18. Kohteen projektipankki: Projektin RAK ja ARK piirustukset, kohteen aikataulukaaaviot
19. Rakennustieto verkkosivut, Ratu kortisto Ratu 0485 > Luettu 28.9.2019

20. Rakennustieto verkkosivut, Ratu kortisto Ratu KI-6031 > Luettu 8.10.2019

21. Rakennustieto verkkosivut, Ratu kortisto RT 82-10510 > Luettu 15.10.2019

22. Rakennustieto verkkosivut, Ratu kortisto RT 82-11006 > Luettu 11.10.2019

23. Rakennustieto verkkosivut, Ratu kortisto RT-RakMk 21353 > Luettu 1.12.2019

24. Saint Gobain Weber (Kiskosiilon ohjeet) > Luettu 2.7.2019

25. Rakennustieto verkkosivut, Ratu kortisto SIT 22-610077 > Luettu 13.8.2019

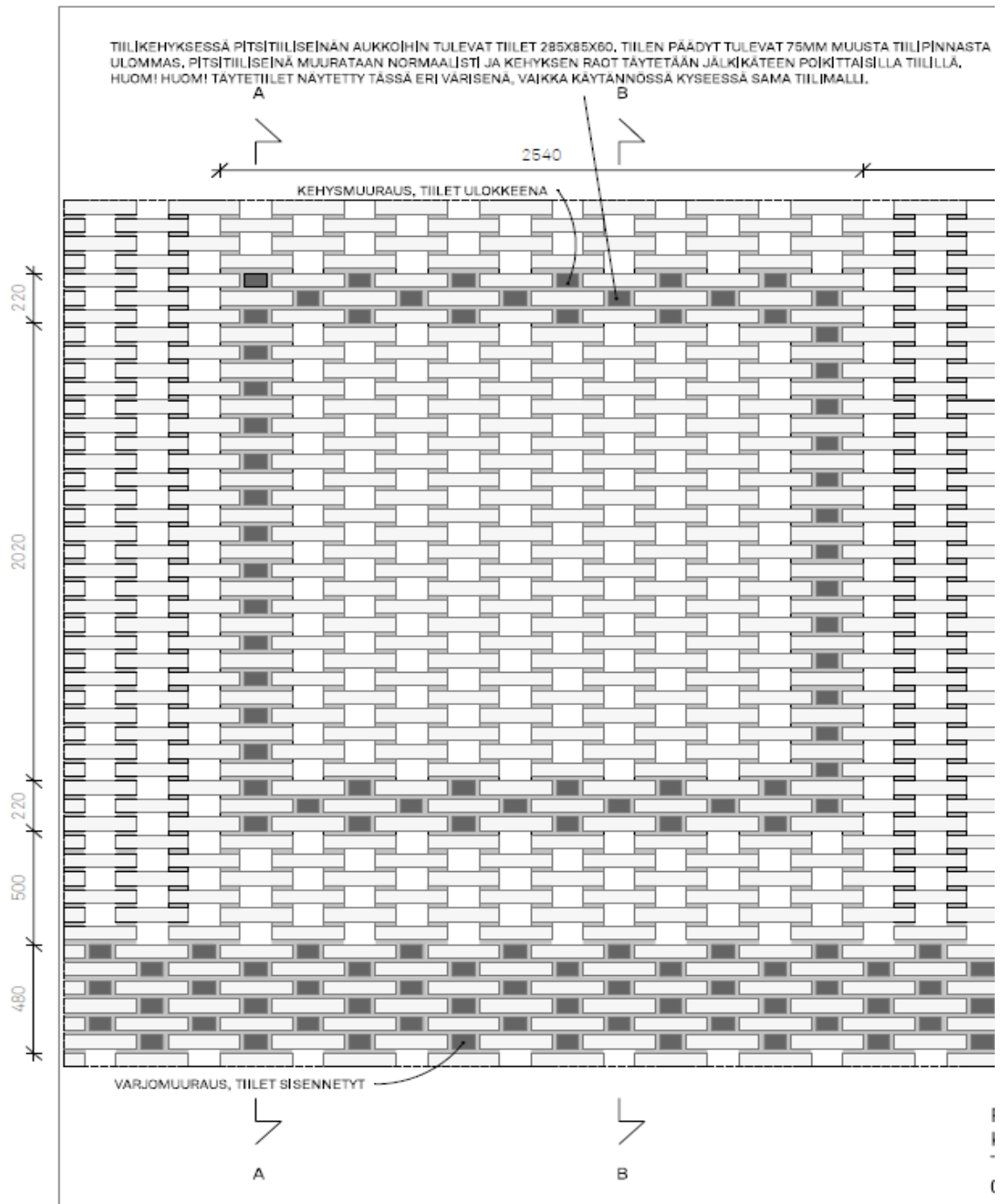
Liitteet

Liite 1. Pitsitiiliseinän tiilikehys

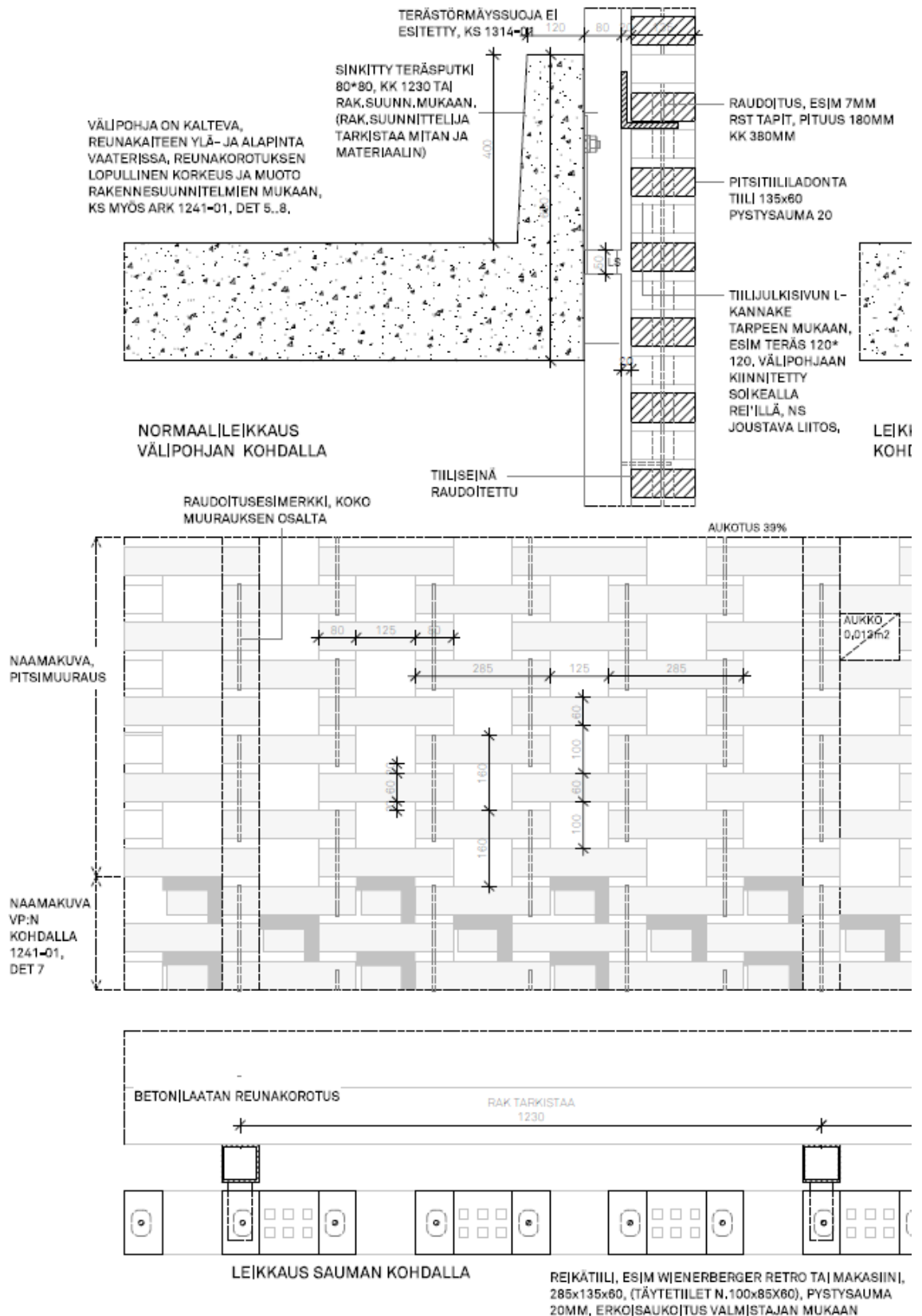
Liite 2. Pitsitiilimuurauksen periaatekuva

Liite 3. Savunpoisto aukkojen tiiliraot

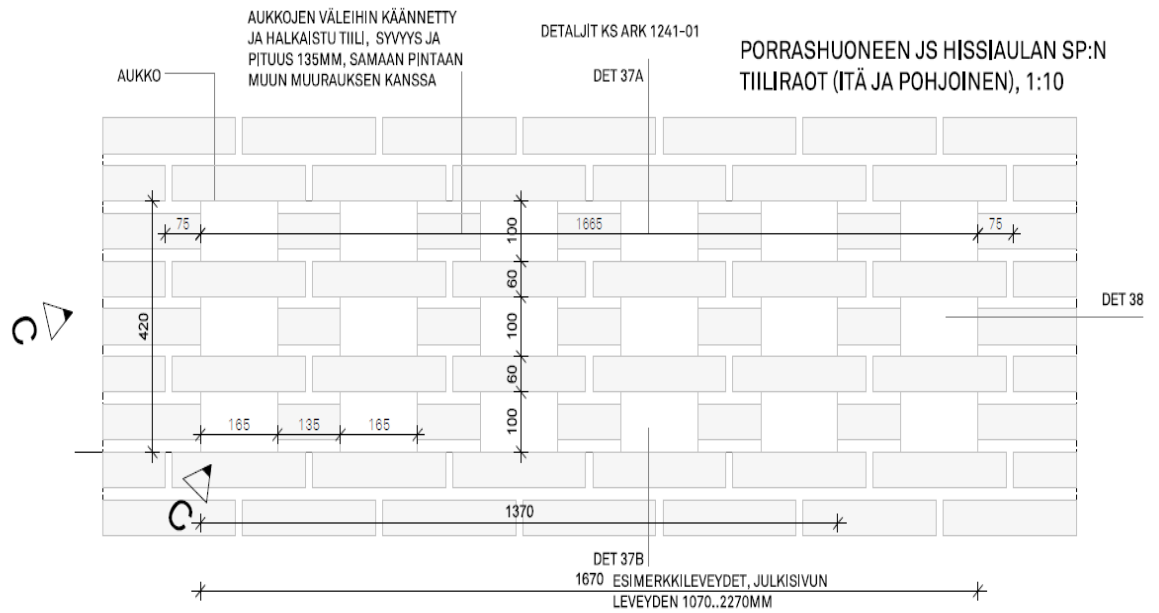
Liite 1



Liite 2



Liite 3

**PITSIMUURAUUS**

TIILI ON REIKÄTIILI, ESIM WIENERBERGER RETRO TAI MAKASIINI, 285x135x60, TIILI VALMISTETAAN ERIKOISREI'ITYKSELLÄ JOSSA ON PÄISSÄ ISOMMAT OVAALIREIÄT RAUDOITUSTA VARTEN JA KESKELLÄ KUUSI NELIÖMUOTOISTA REIKÄÄ PYSTYUULETUSTA VARTEN. MIKÄLI TIILIVALINTA ON MAKASIINI, TIILIMUURAUKSEN AUTOHALLIN PUOLI MAALATAAN, MYÖS TOLPAT, TIILEN SISÄPINNAN VÄRITYKSEN TAKIA.

RAUDOITUS JA TERÄSTOLPAT

RAUDOITUS PYSTYREI'ISSÄ RST-TANKOJA 7 MM, TYPE B600KX, PITUUS 300..400 MM, TIILIMUURAUUS KIINNITETTY LAPPUKIINNIKKEILLÄ TERÄSPILAREIHIN SÄÄNNÖLLISELLÄ JAOLLA, VALMISTAJAN OHJEEN MUKAISESTI. TUULIKUORMAT OTETAAN VASTAAN TERÄSTOLPILLA, TUULIKUORMAMITOTUKSESSA HUOMIOIDAAN REIKIEN VAIKUTUS. TOLPILLA EI OTETA MISSÄÄN NIMESSÄ AJONEUVOJEN TÖRMÄYSKUORMAT

MUURAUKSEN SAUMAUUS

PYSTYSAUMA 20MM, VAAKASAUMA 15MM. RAUDOITUKSET JA MUURAUSSIDELAPUT PILOTETTU SAUMAUKSEEN.

PYSTYLIIKUNTA-SAUMAT OVAT NS SIKSAK-MALLI, ELI JOUSTAVA SAUMAUUS SEURAA NORMAALTIILISAUMASTA, EI SAHATTUJA PYSTYROILOSAUMAUKSIA.

JULKISIVU MUURATAAN TÄYTEEN SAUMAAN SITEN, ETTÄ LAASTI PURSUA MUURATTAESSA HIEMAN ULOS SAUMASTA, SAUMA MUOTOILLAAN JA TIIVISTETÄÄN PÄÄSTÄ VIISTETYLLÄ HIEMAN SAUMAA LEVEÄMMÄLLÄ PUURIMALLA NIIN, ETTÄ SAUMASTA TULEE TIILEN REUNAN MUOTOJA SEURAAVA JA ULKONÄÖLTÄÄN VAIHTELEVA, SAUMA VOI MENNÄ PAIKKA PAIKOIN HIEMAN MYÖS TIILEN PÄÄLLE PYÖRISTÄEN SAMALLA TIILEN REUNAMUOTOA, VARSINAINEN MUURAUSTYÖ VOIDAAN ALOITTA TYÖMAALLE TEHDYN ARKKITEHDIN HYVÄKSYMÄN MALLIMUURAUKSEN JÄLKEEN.

NISSÄ TAPAUKSISSA JOSSA ON NS PEHMENNETTY SAUMA, SAUMAA VOIDAAN PEHMENTÄÄ TEKEMÄLLÄ SAUMAN MUOTOILUN JÄLKEEN, SAUMAN HIEMAN KUIVUTTUA, JOUHIHARJAA KÄYTTÄEN, (TÄSTÄKIN TEHDÄN MALLIMUURAUUS)

NISSÄ TAPAUKSISSA JOS ON VIELÄ ENEMMÄN SAUMAN PÄÄLLE MENEVÄÄ JÄLKEÄ, VOIDAAN YLIPURSUNNUT LAASTI VAIHTOEHTOISESTI HIERTÄÄ KOSTEALLA KOVALLA HIERTOLATALLA LEVEÄMMÄKSI.