

Opinnäytetyö

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

Rakennusmestari, AMK

2021

Roosa Ranki

# KAAREVAN JULKISIVUMUURAUKSEN HAASTEET

Roosa Ranki

## KAAREVAN JULKISIVUMUURAUKSEN HAASTEET

Arkkitehtuurisesti moderneja asuinkerrostaloja suunnitellaan ja rakennetaan yhä enemmän. Julkisivuihin tuodaan moniulotteisia ja kaarevia muotoja, jolloin julkisivumateriaali täytyy valita muotoihin sopeutuvaksi. Paikalla muurattu julkisivu on yksi vaihtoehto kaarevissa muodoissa, koska muurattu julkisivu on eriytetty julkisivurakenne ja näin kaareva muoto saadaan muurattua muun seinärakenteen ulkopuolelle. Haasteena kaarevan muodon muurauksessa on muun muassa ensimmäisen tiilirivin sommittelu oikeaan muotoon ja sen linjassa muuraaminen loppuun asti.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kaarevan muotoisen julkisivumuurauksen haasteista. Työn teoreettisessa osassa käsitellään yleisesti julkisivumuurauksen vaiheita, materiaaleja ja esitetään case-kohteen ongelmakohdat. Opinnäytetyön lopussa esitetään kehotusehdotuksia, miten kyseiset ongelmat pystyisi ratkaisemaan. Työhön tietoa löytyi työmaalla työskenteleviltä työmaahenkilöiltä, parista kirjasta sekä internetistä.

Julkisivumuuraus on laadullisesti, taloudellisesti ja ajallisesti iso kokonaisuus, minkä suunnitteluun tulisi varata tarpeeksi aikaa. Työvaiheena muuraus on kallis ja pitkä ajanjakso, kun tähän lisätään vielä kaareva muoto, on aikatauluun ja kustannuksiin perehdyttävä tarkemmin. Kaareva muoto julkisivumuurauksessa tuo haasteen työturvallisuuteen liittyen, koska työskennellään korkealla sekä materiaalit ja työvälineet ovat painavia. Yhteistyö työmaahenkilöiden ja muurareiden välillä täytyy toimia, jotta kaarevan julkisivumuurauksen läpivienti olisi sujuvaa.

Hyvällä suunnittelulla edesautetaan työvaiheen toteutumista aikataulullisesti ja taloudellisesti. Työnjohdon pitää hahmottaa julkisivumuurauksen urakan kokonaisuus ja työmaa-alueen logistiikka.

### ASIASANAT:

julkisivumuuraus, kaareva julkisivu, uudisrakennus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Construction Management | Bachelor of Construction Management

2021 | 40 pages

Roosa Ranki

## CHALLENGES OF CURVED FACADE MASONRY

Architecturally more modern apartment buildings are being designed and built in higher volume. Multidimensional and curved shapes are introduced into the facades, in which case the facade material must be chosen to adapt to the shapes. On-site built masonry facade is one option for curved shapes, as they are not incorporated into the wall structure, but rather built separately. Challenges in curved facades include composing the first row of bricks into its correct shape and keeping it in the correct line throughout.

The aim of this thesis was to determine the challenges of curved facade masonry. The theoretical part of the thesis deals in general with the stages and materials of facade masonry and presents the problems with a case example. At the end of the thesis, suggestions are presented on how these problems could be solved. Information about the work was retrieved from people working on the construction site, literature, and the Internet.

Facade masonry is a large entity in terms of quality, economy and time. Enough time should be set aside for its design. As a work phase, masonry is expensive and requires a long period of time, especially with the addition of a curved shape. Due to this, the schedule and costs need to be studied more in-depth. The curved shape poses a challenge also in terms of occupational safety, as work is completed at heights with heavy materials and tools. Good coordination between the site workers and masons is required for the work to be smooth from start to finish.

Good design contributes to the realization of the work phases on schedule and on budget. Construction management must understand the totality of the facade masonry scope and logistics on site.

### KEYWORDS:

Facade Masonry, Curved, New Building

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2 TYÖN TILAAJA JA ESIMERKKIKOHDE</b>	<b>7</b>
2.1 Peab Oy	7
2.2 Kakolanmäki	9
<b>3 JULKISIVUMUURAUUS</b>	<b>11</b>
3.1 Materiaalit	11
3.1.1 Tiilet	12
3.1.2 Laasti	14
3.1.3 Muuraussiteet ja -kannakkeet	15
3.2 Muuratun tiilirakenteen suunnittelu	16
3.3 Valmistelevat työt	17
3.3.1 Työmaajärjestelyt ja laastinvalmistusmenetelmän valinta	18
3.3.2 Nosto- ja siirtokalusto	18
3.3.3 Mittaukset	19
3.4 Muuraustyö	20
3.4.1 Ensimmäinen tiilirivi	20
3.4.2 Laastin levitys ja muurauksen tukeminen	21
3.4.3 Aukkoylitykset	22
3.4.4 Saumojen siistiminen ja viimeistely	23
<b>4 JULKISIVUMUURAUKSESSA HAVAITUT HAASTEET</b>	<b>25</b>
4.1 Suunnittelun haasteet	25
4.2 Työmaa-alue	27
4.3 Aikataululliset haasteet	30
4.4 Työturvallisuuden haasteet	31
4.5 Rakenteellisia haasteita	32
<b>5 JULKISIVUMUURAUKSEN KEHITYSKOHDAT</b>	<b>35</b>
5.1 Suunnittelu	35
5.2 Työmaa-alue	36
5.3 Työturvallisuus	36
<b>6 YHTEENVETO</b>	<b>38</b>

## KUVAT

Kuva 1. Työmaa-alue.	8
Kuva 2. Havainnekuva esimerkkikohteen ensimmäisestä vaiheesta.	8
Kuva 3. Kakolanmäen vaiheita kuvattuna aikajanalla.	10
Kuva 4. Esimerkkejä tiilien eri värisävyistä.	13
Kuva 5. Tiilen erilaisia pintoja.	14
Kuva 6. Havainnekuva Amu-aukkopalkista.	16
Kuva 7. Esimerkkikuva saatavalla olevasta mastolavasta.	19
Kuva 8. Saatavilla olevia muuraussiteitä.	22
Kuva 9. Amu-aukkopalkin asennuksesta havainnekuva.	23
Kuva 10. Tiilien pinta harjataan puhtaaksi.	24
Kuva 11. Työmaa-alueen aluesuunnitelma.	26
Kuva 12. Tiililetkojen varastointipaikka työmaalla.	28
Kuva 13. Laastisiilon sijainti työmaalla.	29
Kuva 14. Havainnekuva mastolavan ja kaarevan muodon haasteellisuudesta.	32
Kuva 15. Arkkitehdin suunnittelema piirustus ranskalaisesta parvekkeesta.	33
Kuva 16. Ranskalaisen parvekkeen muurattava uloke jätetty pois.	34

# 1 JOHDANTO

Julkisivumuurauksessa käytetyn tiilen ominaisuudet ovat pysyneet kilpailukykyisenä jo vuosituhansien ajan. Tiilen historia Suomessa ulottuu 1200-luvulle, jolloin ensimmäiset tiilirakenteet on muurattu arkeologisten löytöjen perusteella. Tiili on materiaalina ollut ensimmäisenä käytössä kirkon muureissa, josta se on siirtynyt ajan mittaan linnojen julkisivuihin ja aatelisten kartanoihin. Tänä päivänä ekologisuutta ja kestävä ratkaisua haetaan yhä enemmän sekä uudis- että korjausrakentamisessa. Tiilen pitkän historian ja ominaisuuksien vuoksi julkisivumuurauksen suosio on kasvanut viime aikoina huomattavasti.

Rakentamisessa siirrytään koko ajan modernimpaan ilmeeseen ja näin ollen arkkitehdit suunnittelevat yhä monikulmaisempia ja kaarevia rakennuksia sekä ratkaisuja julkisivuissa. Erilaiset muodot tuovat toteutusvaiheessa haasteita työmaalla, koska kaikkia asioita ei osata ottaa huomioon muuraustyössä. Opinnäytetyön aiheena on kaarevan julkisivumuurauksen haasteet uudisrakentamiskohteessa. Aihe tuli ajankohtaiseksi työharjoittelujakson aikana, kun esimerkkikohteen työmaalla aloitettiin rakentamaan kaarevan muotoista asuinkerrostaloa.

Opinnäytetyön esimerkkikohteena käytetään Peab Oy:n uudisrakennuskohdetta Turun Kakolanmäellä. Työssä kerrotaan yleisiä julkisivumuurauksen vaiheita ja materiaaleja, tuodaan esille Kakolan työmaalla havaittuja ongelmia ja miten ongelmat olisi voitu välttää sekä pohditaan ongelmakohtien kehittämistä.

Opinnäytetyön tarkoituksena ja odotettavana tuloksena on tarkastella kaarevan julkisivumuurauksen ongelmakohtia, jotta muuraustyö saataisiin sujuvoitumaan ja näin välttäisiin suurimmilta keskeytyksiltä. Työhön kerättiin tietoa verkosta, omista ja kollegoiden kokemuksista sekä kirjallisuudesta. Kotimaisesta kirjallisuudesta ei kuitenkaan löytynyt tietoa kaarevan muotoisen julkisivumuuraukseen liittyen.

## 2 TYÖN TILAAJA JA ESIMERKKIKOHDE

Opinnäytetyön tilaajana toimii Peab Oy ja kohteena on Kakolan alueen työmaa. Peab-konserni on yksi Pohjoismaiden suurimmista rakennusyhtiöistä, jolla on vankka ja pitkä kokemus asunto- ja toimitilarakentamisesta. Vastuullisuus ja välittäminen ovat Peabin toiminnalle tärkeitä tekijöitä, joiden avulla Peab tavoittelee paikkaa alan parhaana työnantajana. Kakolan alueella on myös pitkä ja värikäs historia takana, mitä kirjoitetaan koko ajan uudelleen.

### 2.1 Peab Oy

Peab Oy on kahden ruotsalaisveljeksien vuonna 1959 perustama yritys. Aluksi yhtiö keskittyi jätekuljetuksiin ja maatalouskoneisiin, mutta ajan myötä siitä tuli rakennusyhtiö. Yhtiö kasvoi tasaista tahtia seuraavat vuosikymmenet ja vuonna 1993 veljekset ostivat huomattavasti suuremman rakennusyhtiön. Kaupan myötä Peabista tuli hetkessä kotimaassaan yksi alan suurimmista toimijoista. Uuden aseman myötä, lisäkasvua oli luonnollista hakea myös ulkomailta. Suomeen Peab tuli vuonna 1999. Vuonna 2003 Suomen toiminnolle saatiin lisäpotkua hankkimalla keskisuuri pohjalainen rakennusyhtiö Seicon Oy:n. Molempien taustoissa oli paljon yhtymäkohtia, kuten käytännönläheisyys, yritteliäisyys ja vahva halu kasvaa. Tällä hetkellä Peab Oy työllistää 15 000 alan ammattilaista, kolmessa eri maassa. Rakentaessaan taloja, toimistoja, kauppakeskuksia ja siltoja Peab rakentaa tulevaisuuden yhteiskuntaa. (Peab 2021.)

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävänä kohteena on kolmikerroksinen 79 asunnon kerrostalo Kakolanmäellä (kuva 1). Kerrostalo rakennetaan kahdessa vaiheessa. A-puolen rakennukset aloitettiin marraskuun alussa vuonna 2020 ja B-puolen vuoden 2021 alussa.



Kuva 1. Työmaa-alue (Peab Oy 2020).

Kerrostalon kantava runko on pääosin betonirakenteinen. Julkisivut ovat kaikki muurat-  
tuja (kuva 2). Kohde on haastava, sillä rakennusvaiheessa tilaa on vähän tontin pienuu-  
den ja kallioisuuden vuoksi. Oman haasteensa tuo myös kerrostalon muoto, joka on kaa-  
reva.



Kuva 2. Havainnekuva esimerkkikohteen ensimmäisestä vaiheesta (Peab Oy 2020).



## 2.2 Kakolanmäki

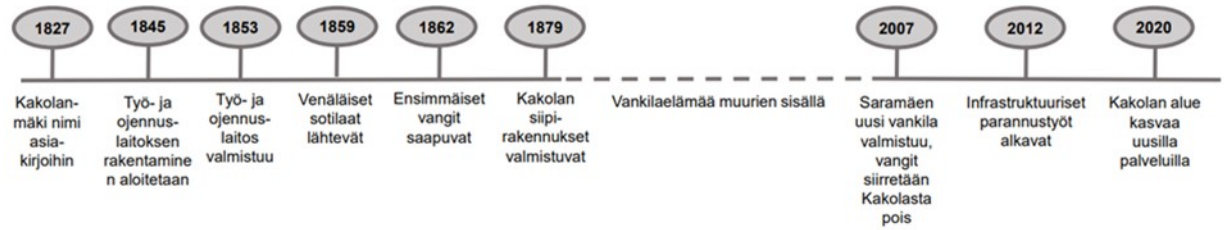
Aina 1600-luvulle asti Kakolanmäki tunnettiin Tallimäkenä, sillä siellä sijaitsivat Turun linnan hevostallit. Kakolan-nimestä on olemassa monia arvauksia, mutta varmaa tietoa erikoisesta nimen alkuperästä ei ole. Mäen kupeessa oli aikoinaan sairaala, jossa hoidettiin mielisairaita potilaita. Lounaismurteessa sana kako tarkoittaa mielenvikaista, joten nimen arvellaan liittyvän tähän. Vuoden 1827 Turun palon jälkeen Kakolanmäki nimi ilmestyi asiakirjoihin. (Kakola 2021.)

Kakolanmäelle alettiin rakentamaan vuonna 1845 keisari Nikolai I määräyksestä työ- ja oijennushuonetta. Laitoksen rakentaminen teetettiin Turun linnassa sijainneen vankilan vangeilla ja se valmistui vuonna 1853. Samaisena vuonna alkoi Krimin sota, jonka seurauksena venäläiset sotilaat majoitettiin Kakolaan. Kun viimeiset venäläiset sotilaat lähtivät pois, työ- ja oijennuslaitokseksi suunniteltu rakennus muutettiin rangaistusvankilaksi. Tämän muutoksen johdosta vankilaan mahtui vähintään 300 vankia. Kakolan uudistamista alettiin miettimään melkein heti, kun laitos oli otettu käyttöön vankilana. Kakolan vankila sai kaksi siipeä lisää. Kakolassa vankilaelämää vietettiin melkein 145 vuotta, joten Kakolan vankien historiasta löytyy monia erilaisia tarinoita. Kakolan vankilan vanhanaikaisuudesta ja ongelmallisesta sijainnista alettiin puhua 1980-luvulla, jonka seurauksena vuonna 1999 päätettiin rakentaa uusi ja modernimpi vankila korvaamaan Kakolanmäen vankila kokonaisuuden. Kakolanmäki hiljeni vuonna 2007, kun Turun uusi vankila otettiin käyttöön. (Kakola 2021.)

Kakolan historia kiinnosti suurta yleisöä, jonka vuoksi Kakolan omistajat antoivat matkailuorganisaatiolle luvan järjestää opastettuja kierroksia. Matkailuoppaat vetivät neljän vuoden aikana monia vankilakierroksia, joiden johdosta Kakolassa vieraili 50 000 turistia. Vuonna 2012 alueella alkoivat infrastruktuurin parannustyöt ja vuonna 2015 vankilakokonaisuutta aloitettiin muuttamaan. (Kakola 2021.)

Kakolan alue houkuttelee sekä rakennuttajia että ostajia, sen historian ja upeiden maisemien vuoksi. Alueelle on rakennettu monia erilaisia asuinkerrostaloja ja arvoasuntoja perinteitä kunnioittaen. Rakentaminen on aloitettu Turun sataman puolelta ja levinnyt kovaa vauhtia Lääninvankilan ja Turun keskustan suuntaan. Tällä hetkellä asuinkerrostaloja rakennetaan viimeisille tonteille, joiden arvioidaan valmistuvan parin vuoden sisällä. Alue kasvaa myös palveluiden muodossa, joita on tällä hetkellä ravintola, leipomo,

pienpanimo, myymälä ja vuonna 2020 lopulla avattu hotelli. Tulevaisuudessa Kakolan alue tulee palvelemaan monia eri kohderyhmiä (kuva 3).



Kuva 3. Kakolanmäen vaihteita kuvattuna aikajanaalla.

## 3 JULKISIVUMUURAUUS

Asuinkerrostalojen ulkoseinät tehtiin aina 1960-luvulle saakka pääosin muuraamalla, joten paikalla muurattu tiili on ollut jo pitkään perinteinen julkisivuratkaisu. Tästä johtuen muuratulla tiilellä on pitkät ja hyvät kokemukset. 1960-luvun jälkeen seurasi vilkas elementtirakentamisen aikakausi, joka kesti noin 20 vuotta. Paikalla muuraaminen ja tiilen käyttö alkoi kasvamaan uudelleen 1990-luvun puolessa välissä ja on siitä asti säilyttänyt suosionsa. Kerrostalojen julkisivuista tänä päivänä noin 50 prosenttia on paikalla muurattua tiiltä ja se on edelleen yleisin julkisivumateriaali. (Kivitalo 2021a.)

Uudet kerrostaloalueet ovat kaupunkikuvaltaan ja arkkitehtuurisesti moderneja. Rakentamisessa otetaan myös yhä enemmän huomioon elinkaarikustannus, joka lisää muurattujen julkisivujen käyttöä uusilla kerrostaloalueilla. Tiilijulkisivu on pitkäaikainen ja melkein huoltovapaa, mistä johtuen asuminen ja omistaminen on edullista. Monien asiantuntijoiden mielestä tiilijulkisivu koetaan esteettisesti hyvin aikaa kestäväksi, koska se vanhenee kauniisti ja tasaisesti. (Kivitalo 2021a.)

Arkkitehtuurisesti moderneja rakennuksia suunnitellaan ja rakennetaan yhä enemmän ja enemmän. Kaarevia muotoja on tuotu suunnitelmiin ja arkkitehtuuriin. Paikalla muuratuista kaarevista julkisivuista ei juurikaan löydy kirjallisuutta, vaikka sellaisia rakennuksia on jo jonkin aikaa rakennettu.

Suomalaisarkkitehtien suunnittelema hotelli- ja kongressikeskus Paasitorni palkittiin vuonna 2014 tiiliarkkitehtuurin erikoispalkinnolla. Tiiltä on käytetty todella luovalla tavalla osana arkkitehtuuria. Tuon ajan arkkitehtuurista rakennus poikkeaa paljon tavanomaisesta, koska rakennuksen muoto on lähes kauttaaltaan kaarevalinjainen. Myös muuraus on toteutettu perinteistä muurausta vaativampana, johtuen pitsimäisestä muuraustavasta. (Wienerberger 2021a.)

### 3.1 Materiaalit

Julkisivumuurauksessa tarvitaan erilaisia materiaaleja kestävä, suojaavan ja tukevan lopputuloksen takaamiseksi. Julkisivun värimaailma saadaan luotua suunnitelmissa esitettävien tiilien ja saumojen väreillä. Suunnitelmissa on saatettu myös kertoa, miten tiilet

ladotaan, jolla saadaan erilaista ilmettä luotua julkisivuun. Muurauksen tukemiseksi tarvitaan muuraussiteitä, joiden avulla muuraus tuetaan kantavaan rakenteeseen. Julkisivussa olevien ikkunoiden ja muiden aukkojen ylitykseen on saatavilla erilaisia palkkeja ja kannakkeita.

### 3.1.1 Tiilet

Tiilen historia yltää tuhansien vuosien taakse. Suomessa ensimmäiset tiilirakenteet on muurattu 1200-luvun alussa arkeologisten löytöjen perusteella. Tiiltä on käytetty ensimmäisenä kirkon muureissa, josta materiaalin käyttö laajentui kirkkojen ja keskiaikaisten linnojen julkisivumateriaaliksi. 1600-luvulla tiilen käyttö yleistyi kartanoiden ja kaupunkitalojen rakentamisessa. Askaisissa sijaitseva Louhisaari on Suomessa ensimmäisenä tiilestä rakennettu aatelisinna. Yksityishenkilöiden omistamat tiilirakennukset olivat pitkään vain varakkaiden omistuksissa. Vaurastuminen kauppiaiden ja teollisuusmiesten keskuudessa alkoi näkyä 1800-luvulla, jolloin Suomen kaupunkeihin alettiin rakentamaan enemmän yksityisiä rakennuksia, joista lähes kaikki olivat tiilirakenteisia. (Wienerberger 2021b.)

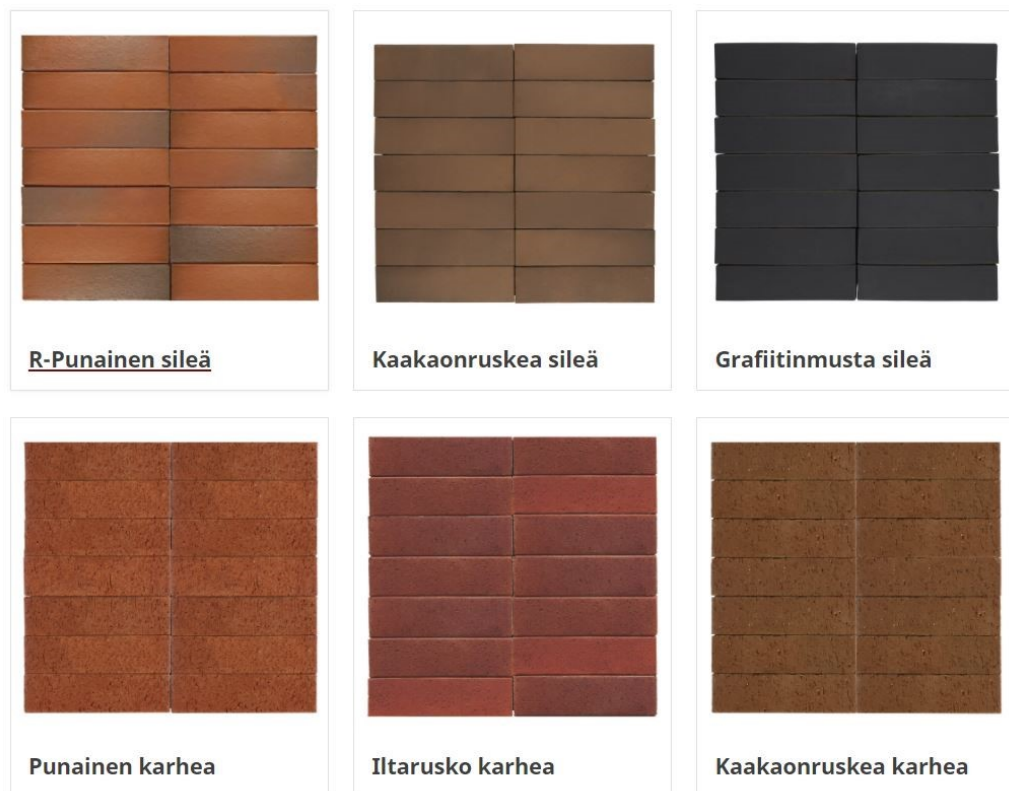
Tiilenvalmistuksen tekniikka on kehittynyt ajan saatossa, mutta itse lopputulos, yhdellä kädellä käsiteltävä muurattavaksi tarkoitettu rakennustarvike, on säilyttänyt alkuperäiset ominaisuutensa ja luonteensa. Tänä päivänä tiilestä löytyy paljon erilaisia väri- ja pintavaihtoehtoja. Valmistuksessa käytetään ainoastaan puhtaita luonnonraaka-aineita, kuten savea, hiekkaa ja vettä. Rakennusmateriaalina tiili on turvallinen, koska se ei pala, lahoa eikä ruostu. Materiaalina tiili on nopea kuivumaan, mikä pienentää rakennusaikaisia kosteusriskejä. Valmis tiilipinta on pitkälläkin aikavälillä lähes huoltovapaa. (Tiili-info 2021d.)

Poltetuista tiilistä Suomessa valmistetaan kahta tyyppiä: savitiiliä ja kalkkihiekkatiiliä. Tiilien erot johtuvat käytettävistä raaka-aineista ja valmistustavasta. Yleisemmin savitiiliä käytetään julkisivumuurauksessa ja kalkkihiekkatiiliä väliseinien rakenteissa, mutta niitä voidaan myös käyttää korvaamaan toisiaan. Kalkkihiekkatiili ei kuitenkaan sovellu olosuhteisiin, joissa vaaditaan kuumankestävyyttä. (Kivitaloinfo 2021d.)

Poltettuja savitiiliä valmistetaan useita eri tyyppisiä ja kokoja, kuten esimerkiksi reikätiiliä, muototiiliä ja täystiiliä. Suurin osa tiiliuotannosta on reikätiiliä, koska ne ovat keveämpiä, tasalaatuisempia ja säänkestävämpiä kuin täystiilet. Tiilessä olevien reikien lukumäärä

vaihtelee valmistus- ja lujuusteknisistä syistä. Reikätiili on ominaisuuksiltaan pakkasenkestävä, joten sitä käytetään kohteissa, joissa vaaditaan hyviä lujuusominaisuuksia. Täystiilet ovat enemmän tulisijojen, hormistojen ja savupiippujen muurauksiin käytettyjä erikoistiiliä. Muototiilet ovat taas erikoiskäyttöön tarkoitettuja, kuten esimerkiksi muurattuun seinään tulevien sähköputkitusten upotusta varten valmistettuja. (Kavaja 2010, 11.)

Poltetun savitiilen valmistuksessa käytetään massan pääraaka-aineena savea. Yleisimmät lisäaineet ovat hiekka, sahanpuru ja tiilimurska. Suomalainen savi muuttuu poltettaessa punaiseksi, mikä johtuu saven suuresta rautapitoisuudesta ja pienestä kalkkiamäärästä. Väriä pystytään hiukan muuttamaan säätämällä polttolämpötilaa ja lisäämällä lisäaineita savimassaan (kuva 4). Tiilen pinta (kuva 5) saadaan käsittelemällä tiiliihiota ennen polttoa. (Kavaja 2010, 14.)



Kuva 4. Esimerkkejä tiilien eri värisävyyistä (Wienerberger 2021).



Kuva 5. Tiilen erilaisia pintoja (Tiili-info 2021).

### 3.1.2 Laasti

Laasti sitoo tiilet yhteen ja antaa rakenteelle tarvittavan lujuuden. Laastilla saadaan tasattua tiilien kokoerot ja myös tiivistettyä rakenteen pinta esimerkiksi vesisadetta vastaan. Laastin ja tiilien yhteistoiminnan pitää täyttää rakenteelle asetetut lujuusvaatimukset. Laasti koostuu sideaineiden, runkoaineen, veden sekä ilman seoksesta, jossa voi olla lisä-, väri- ja täyteaineita (Kavaja 2010, 25). Sideaineen perusteella laastit luokitellaan kalkkilaasteihin, kalkkisementttilaasteihin, sementtilaasteihin ja muuraussementtilaasteihin. Käyttötarkoituksesta riippuen laasteja valmistetaan muuraukseen, rappaukseen, saumauksiin ja laatoituksiin. Laastin ominaisuudet vaihtelevat myös käyttötarkoituksesta riippuen, kuten lujuus, tartunta, pakkasenkestävyys ja väri. (Kivitaloinfo 2021c.)

Kuivalaasti on yleisin työmailla käytetty muurauslaasti, koska työmaalla laastin joukkoon tarvitsee lisätä vain vesi. Laastiseokseen lisättävien lisäaineiden avulla pystytään vaikuttamaan muun muassa lujuuteen, väriin, tartuntaa ja pakkasenkestävyyteen. Nykyisin materiaaleille annetaan CE-merkintä, jonka avulla materiaali hyväksytään ominaisuuksiltaan ja laadultaan sille tarkoitettuun työhön. Julkisivumuurauksessa käytettävien materiaalien, kuten muurauslaastin tulee olla CE-merkittyjä. (Kivitaloinfo 2021b.)

### 3.1.3 Muuraussiteet ja -kannakkeet

Julkisivumuuraus painaa yleensä kymmeniä tonneja ja näin ollen siihen kohdistuu hyvin suuria vaakavoimia tuulenpaineesta ja imusta. Muuraussiteiden avulla nämä voimat siirretään rakennuksen runkoon. Muuraussiteet mitoitetaan eurokoodien mukaan kohdekohtaisesti ja niiden määrätarve on laskettava jokaiselle julkisivun rakennetyypille erikseen. Vähimmäismäärä neliometriä kohden lasketaan eurokoodin 6 yhtälön 6.20 mukaan (Heiliä 2017, 27–28).

Muuraussiteiden täytyy olla korroosionkestäviä, eikä vesi saa johtua niiden kautta seinän sisempiin kerroksiin. Yleensä muuraussiteitä asennetaan neljä kappaletta yhdelle neliometrille, ellei rakennepiirustuksissa toisin määrätä. Tällä laskentatavalla muuraussiteitä asennetaan joka neljänteen vaakasaumaan noin puolen metrin välein tai joka toiseen vaakasaumaan metrin välein. Muuraussiteiden määrää on lisättävä, jos rakenne tai kuormitus poikkeaa normaalista. Näitä tapauksia ovat esimerkiksi nurkka-alueet, aukkojen pielet ja pilarit. (Tiili-info 2021a.)

Julkisivuissa olevien ikkunoiden ja aukkojen ylityksiin on olemassa useita erilaisia tapoja. Ikkuna-aukkojen ylityksissä yleisin tapa on teräksinen kannatusprofiili, jolloin muurauksessa käytetään normaaleja tiiliä. Kannatusprofiilin sovitus ja tuenta tehdään työmaalla aukon mittojen mukaisesti noudattaen valmistajan ohjeita. Aukon koosta riippuen se voi tarvita työnaikaisen tuennan tai lisäraudoitteita. Kannatusprofiiliin lisäksi aukkojen ylitykset voi tehdä esimerkiksi tehdasvalmisteisen tiilipalkin tai teräsbetonipalkin avulla. Tehdasvalmisteinen tiilipalkki tilataan määrämittaisena tehtaalta ja teräsbetonipalkista jää aina palkki näkyviin. Kuormittamattomissa verhomuurauksissa voidaan tehdä työmaalla käsintehtyjä aukon ylityksiä. (Huhtiniemi & Knuutila 1993, 80–81.)

Kannatusprofiili valmistetaan teräsohutlevystä, jonka materiaalivaihtoehtoina ovat yleensä kuumasinkitty rakenneteräs tai ruostumaton teräs. Materiaalivaihtoehto valitaan kohteen vaatimustason mukaan. Kannatusprofiilista näkyviin jää ainoastaan alapinta, joka voidaan pulveripolttomaalata (kuva 6).



Kuva 6. Havainnekuva Amu-aukkopalkista (Rakennustieto Oy 2021).

### 3.2 Muuratun tiilirakenteen suunnittelu

Muurattu julkisivu muodostaa seinärakenteen ulkopuolelle ulkonäön antavan säänkestävän vaipan, tätä rakennetta kutsutaan eriytetyksi julkisivurakenteeksi. Julkisivu suunnitellaan pääosin itsensä kantavana ja perustuksiin tukeutuvana, tarvittaessa julkisivun osia voidaan kannatella kerroksittain rungosta konsoli- tai tiilipalkkijärjestelmien avulla. Julkisivun taakse on jätettävä tuuletusväli, joka on asuinkerrostaloissa useimmiten 40 millimetriä. Tuulensuojaeristeellä estetään haitallinen ilmavirtaus lämmöneristeessä. Muurattujen julkisivujen detaljien suunnittelussa on otettava huomioon rakenteen tuuletuminen ja veden pois johtaminen rakenteesta. Kohteen rakennesuunnittelija on aina vastuussa suunnitelmien vaatimustenmukaisuudesta, tästä johtuen suunnitelmat on laadittava aina rakennesuunnittelijan toimesta. (Tiili-info 2021c.)



## Eurokoodien mitoitus

Mitoitus on syntynyt yhdistelemällä eri maissa käytettyjen tiilirakenteiden mitoitusmenetelmiä. Muurattu julkisivu voidaan suunnitella eurooppalaisia rakennesuunnittelustandardeja, eurokoodeja ja näille vahvistettuja kansallisia liitteitä käyttäen. Eurokoodien avulla on pystynyt suunnittelemaan siitä asti, kun eurokoodien kansalliset liitteet on annettu ympäristöministeriön asetuksina. Eurokoodi-sarja koostuu tällä hetkellä 58 osasta, mikä sisältää kokonaisvarmuuden määrittämisperiaatteet, erilaiset kuormat, lämpö-, onnettomuus- ja nosturikuormitukset sekä yksityiskohtaiset ohjeet eri rakennusmateriaaleille. (Kivitaloinfo 2021a.)

Muurattujen rakenteiden mitoitus eurokoodien mukaan löytyy SFS-EN 1996 Eurokoodi 6: Muurattujen rakenteiden suunnittelu -standardista. Standardi on jaettu neljään osaan, joissa esitetään rakennusten suunnittelussa tarvittavat suunnittelusäännöt, käsitellään mitoitusta palotilanteessa sekä työsuoritukselle asetettuja vaatimuksia. Viimeistä osaa ei sovelleta Suomessa, koska standardissa käsitellään rakenneratkaisuja, jotka liittyvät eurooppalaiseen kerrostalorakentamiseen. (Kivitaloinfo 2021a.)

Mitoitus eurokoodin mukaan perustuu rajatilamitoitukseen osavarmuuslukumenetelmää käyttäen. Muurattuja rakenteita ei mitoiteta käyttörajatilassa vaan murtorajatilassa. Mitoitusvaiheessa on tarkastettava erilaisten taulukoiden tai mittasuhteiden perusteella, ettei käyttörajatila tule määrääväksi. (Kivitaloinfo 2021a.)

### 3.3 Valmistelevat työt

Ennen julkisivumuurausten aloittamista on varmistettava, että edeltävät työt on saatu valmiiksi ja työpiste on siisti sekä tasattu. Muuraustyöryhmälle on osoitettava kulkureitit, varastointi alueet sekä laastin valmistuspaikat. Siirto- ja nostokalusto on tarkistettava ennen työn aloittamista, myös sähkö- ja vesiliitäntöjen on oltava valmiina ja työpisteen lähettyvillä. Muuraustyön edetessä huolehditaan koko ajan materiaalien riittävydestä. (Kivitalo 2021b.)

### 3.3.1 Työmaajärjestelyt ja laastinvalmistusmenetelmän valinta

Julkisivumuurauksessa tarvittavien työtilojen ja materiaalien järjestelyissä kannattaa miettiä hetki parhaan ratkaisun löytämiseksi. Oikean ratkaisun myötä päästään sujuvaan työntekoon ja minimoidaan raskaat siirrot. Suojautuminen mahdollisilta sateilta on otetta huomioon muurauksen järjestelyitä pohtiessa. Ennen materiaalien tuomista työmaalle on suunniteltava tarvittavat työalueet ja mietittävä samaan aikaan tehtävien työvaiheiden vaatimukset. Muurauskalusto ja -materiaalit ovat todella raskaita, joten työalueiden ja teiden kantavuus on varmistettava ennen työn aloittamista. Muurauslaastit toimitetaan yleensä suursäkeissä, jotka sijoitetaan laastisekoittimen välittömään läheisyyteen. Laastisekoittimien sijainti kannattaa miettiä etukäteen huolella, jotta sekoittimelta on ajettava reitti kaikkiin muurauskohteisiin. (Mattila 2021, 423–424.)

Julkisivumuurauksessa käytettävä laasti on yleensä kuivalaasti, johon tarvittava vesimäärä lisätään vasta työmaalla. Kuivalaasti toimitetaan työmaalle joko tuhannen kilogramman suursäkeissä tai irtolaastina. Varastointi tapahtuu työmaalla silloissa, joita on saatavilla erikokoisina. Siilon alle on asennettu sekoitin, joten laastin valmistus tapahtuu helposti nappia painamalla. Työmaalle kuitenkin kannattaa siilon lisäksi varata tavallinen mylly, jos laastitäydennys unohdetaan tilata tai sekoitin rikkoutuu. Jos työmaa on suuri tai samanaikaisesti työskentelee useampi muuraustyöryhmä, kannattaa miettiä ja laskea kahden laastiaseman taloudellisuus. (Koski 2003, 15.)

### 3.3.2 Nosto- ja siirtokalusto

Kerrostalojen julkisivumuuraus voidaan toteuttaa kahdella tavalla, perinteisiltä rakennustelineiltä tai mastolavalta. Telineen vuokra on mastolavaan verrattuna melko halpa, mutta menetelmä tuo lisäkustannuksia pystytys- ja purkutöistä sekä materiaalien ylimääräisistä siirroista. Mastolavan vuokraaminen on kalliimpaa, mutta työskentely sen avulla on tehokkaampaa, koska tiilet ja laastikuorma voidaan kuljettaa suoraan mastolavalle varastointialueelta. (Kestävä kivitalo -työryhmä 2003, 116.)

Materiaalin kuljettaminen työmaalla riippuu työmaalla saatavilla olevista nostokalustoista. Työmailla on yleensä jonkinlainen nostokalusto saatavilla esimerkiksi kurottaja tai torninosturi, tällöin mahdolliset pysty- ja vaakasiirrot kannattaa suorittaa nostokalustolla.

Tiilien siirtäminen tapahtuu joko moottoroidulla tai työnnettävällä tiilikärryllä. Laasti kuljetetaan sekoitusasteelta kottikärryllä. Jos muuraustyö tehdään rakennustelineiltä, joudutaan tiilet ja laastit kuljettamaan työpisteelle rakennushissillä. (Kestävä kivitalo -työryhmä 2003, 117). Mastolavan pystyttäminen käy nopeasti ja työskentely on vaivatonta. Muutamilta toimittajilta on saatavilla myös sääsuoja mastolavan päälle, mikä kannattaa huomioida telinette tilattaessa. Ennen mastolavan (kuva 7) pystyttämistä on varmistettava pohjan tasaisuus.



Kuva 7. Esimerkkikuva saatavalla olevasta mastolavasta (Cramo 2021).

### 3.3.3 Mittaukset

Ennen muuraustyön aloittamista muurattava rakenne mitataan paikalleen työmaan mittapisteistä mittanauhalla tai optimistisilla mittalaitteilla. Mittapisteistä saadut mitat merkitään muurattavan rakenteen alustaan ja samalla tarkastetaan korkeuserot muurattavalta

matkalta. Alusta oikaistaan suoraksi laastikerroksella, jossa apuna voidaan käyttää ohjain auraa. Oikaisun jälkeen asennetaan muurausjohteet tai linjalauta, joiden avulla tarkkaillaan ja ohjataan koko muuraustyön ajan muuratun rakenteen kerroskorkeutta ja pystysuoruutta. Aukot ja muut ylitykset tulee huomioida tiilijakoa merkittäessä. (Ratu 0485 2019, 8–9.)

### 3.4 Muuraustyö

Muuraustyössä työvaiheisiin kuuluu tiilirivien sovittaminen, tiilen työstämien, laastin levittäminen, muurauksen sitominen runkoon, aukkojen ylitykset, saumaus ja viimeistely (Tiili-info 2021b). Tärkeimmät työvälineet julkisivumuurauksessa ovat muurauskauha, muurarin vasara, muurarin harja, linjalanka, vesivaaka, luoti, merkkkausnarurulla, kynä, mitta ja saumausrauta (Huhtiniemi & Knuutila 2010, 53–54). Kaarevan muodon muuraminen ei poikkea työn osalta suoran julkisivun muurauksesta.

#### 3.4.1 Ensimmäinen tiilirivi

Julkisivumuuraus erotetaan perustuksesta bitumikermikaistalla, johon kannattaa tehdä myös eristettä vasten pieni nosto. Sokkelin päälle ladotaan ilman laastia ensimmäinen tiilikerros. Näin tarkistetaan, että limitys menee hyvin aukkoihin ja seinän päätyihin nähdessä. Jos saumajako ei mene tasan, voidaan saumanvahvuutta muuttamalla säätää jako sopivaksi. Tässä kohtaa kannattaa ottaa myös huomioon mahdollisesti tulevat aukkohdat. Saumakohtat on sovittava limityssääntöjen mukaisesti ensimmäisessä ja myös seuraavissa tiilikerroksissa. (Kavaja 2010, 53.)

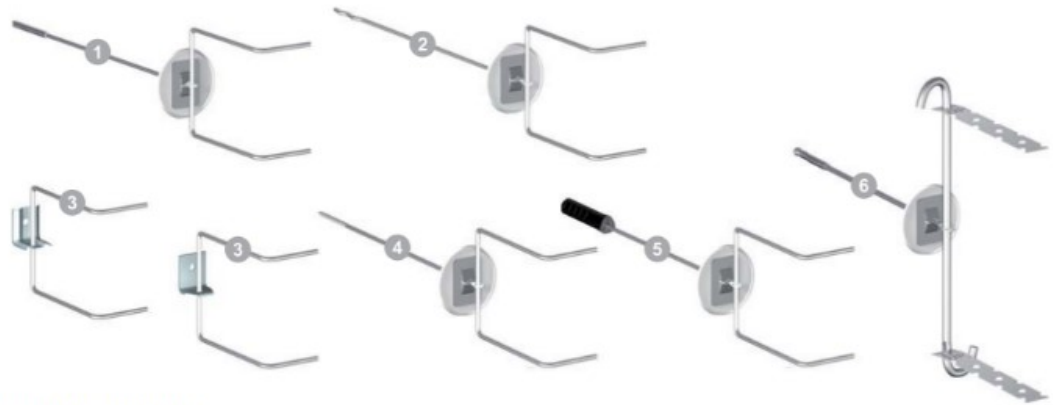
Muurattaessa jätetään ensimmäisestä tiilikerroksesta joka neljäs tai viides tiili pois. Tiili-aukkojen kautta pystytään alas pudonneet tiilipurseet puhdistaa muuraustyön edetessä, kun laasti on vielä tuoretta. Muurauksen valmistuttua puuttuvat tiilet muurataan paikoilleen ja näin koko seinä on valmis ja toimiva kosteusteknisesti. (Kestävä kivitalo -työryhmä 2003, 118.)

### 3.4.2 Laastin levitys ja muurauksen tukeminen

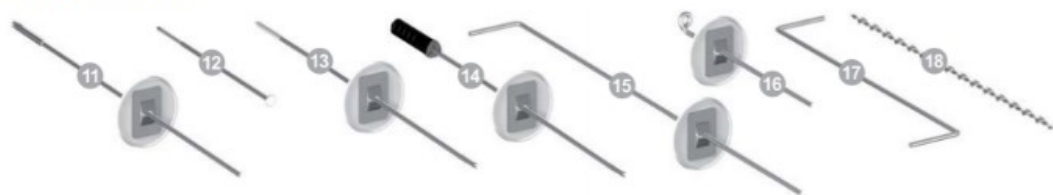
Muurauksen tärkeimpiä laatuvaatimuksia on, että tiilen väliset saumat ovat tiiviisti täynnä laastia. Vajaaksi jäävät saumat heikentävät rakennetta ja näin ollen aiheuttavat ulkoseiniin kosteusvaurioita. Julkisivumuurauksessa on kaksi tapaa levittää muurauslaastia. Nokkalaastin avulla tiilen päähän asetetaan laastia niin paljon, että kun tiili työnnetään paikoilleen sen pystysauma on varmasti tiivis. Toisessa tavassa muuraus tehdään ilman nokkalaastia, jolloin laasti levitetään pohjalle ja edellisen tiilen kylkeen. Pursunnut laasti poistetaan kauhalla. Yleisin tapa on käyttää nokkalaastia, koska ilman nokkalaastia tehty muuraus vaatii muurarilta enemmän kokemusta. (Kavaja 2010, 60–61.)

Julkisivumuuraus on aina tuettava rakenteeseen, riippuen rakenteen materiaalista on niillä omat muuraussiteet. Muuraussiteet mitoitetaan tuulenpaineen ja imun aiheuttaman puristuksen ja imun kestäviksi. Muuraussiteitä käytetään vähintään neljä kappaletta neliometriä kohti, ellei rakennepiirustuksissa ole toisin määrätty. Siteiden on oltava korroosionkestäviä. Betonirunkoisen talon muuraussiteet asennetaan yleensä jo betonimuotin tekovaiheessa tehtaalla. Muuraussiteet voidaan asentaa myös vasta työmaalla, jolloin langat työnnetään muottiin porattuihin reikiin. Siteitä voidaan myös tarvittaessa lisätä jälkikäteen työmaalla (Kavaja 2010, 71–80). Muuraussiteiden asentaminen kuuluu yleensä muurausrakkaan, mutta ne voidaan asentaa jo julkisivun lämmöneristysvaiheessa. Kuvassa 8 on esitetty erilaisia saatavilla olevia muuraussiteitä.

### Liikkeensallivat muuraussiteet



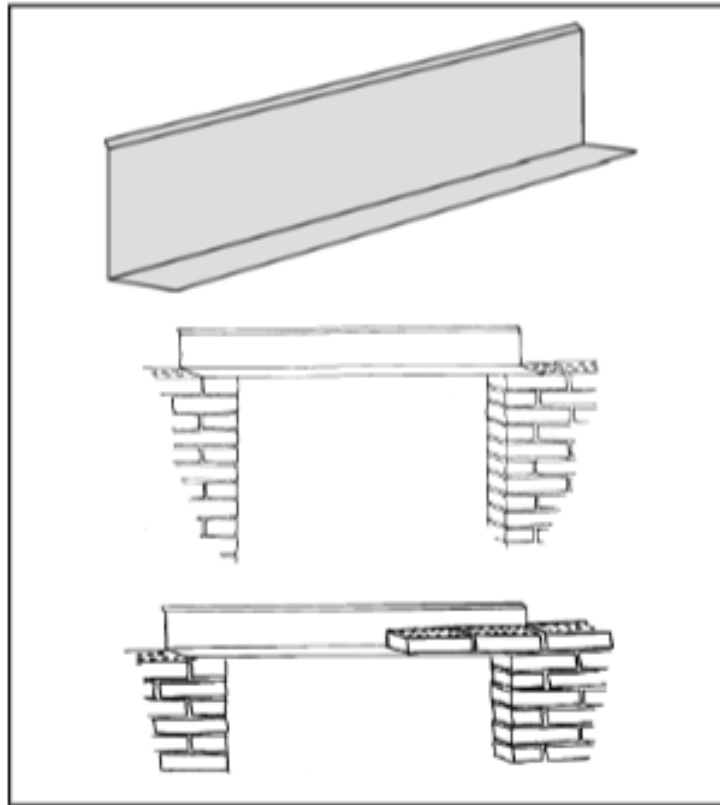
### Suorat muuraussiteet



Kuva 8. Saatavilla olevia muuraussiteitä (Amutek Oy 2017).

### 3.4.3 Aukkoylitykset

Ennen aukkoilytyksien asentamista täytyy varmistaa rakennesuunnittelijalta, mihin kohtiin muurausta palkki tai kannake on suunniteltu. Palkit ja kannakkeet ovat tehtaalla valmistettu aina kohdekohtaisesti määrittäen, joten asennusvaiheessa niitä ei saa enää lyhentää. Asennusvaiheessa on oltava tarkka, että palkki tai kannake asennetaan oikein päin. Aukkopalkin asennustapoja on kaksi, aukon sivuilla palkki tiilen päälle tai aukon sivuilla palkki laastin päälle. Jos palkki asennetaan tiilen päälle, tulee laastisauma palkin päälle ja tiilet näin ollen laastisauman päälle. Jos palkki asennetaan laastin päälle, tulee tiilet kuivana eli ilman laastia palkin päälle. Asennuksessa on huomioitava, että palkin selkä on tiiviisti tiiltä vasten. Muurauksen aikana palkki on tuettava taipumisen estämiseksi. Tuennan voi poistaa vasta, kun laasti on saavuttanut riittävän lujuuden (Amutek Oy 2013). Kuvassa 9 on esitetty Amu-aukkopalkin asennus.



Kuva 9. Amu-aukkopalkin asennuksesta havainnekuva (Amutek Oy 2013).

#### 3.4.4 Saumojen siistiminen ja viimeistely

Julkisivuja muurattaessa poistetaan saumoista pursunnut ylimääräinen laasti muurauskauhan reunalla. Muurausta jatketaan eteenpäin ja laasti annetaan kuivua saumaukseen sopivaksi. Jos laastin ei anneta kuivua tarpeeksi, tulee saumauksesta liian heikko. Märkä laasti myös tahraa tiilenpinnan helposti. Laasti ei saa myöskään kuivua liikaa, koska silloin laasti ei tasaannu enää kunnolla ja työ vaikeutuu. Sopiva kuivumisaika riippuu laastin ominaisuuksista, ilman lämpötilasta, tiilen vedenimuneudesta ja tuulisuudesta. Sopivan pehmeä laasti tasataan käyttäen apuna saumausrautaa, pitkin ja tasaisin vedoin. Saumauslaasti muotoillaan haluttuun syvyyteen ja muotoon. Julkisivumuurauksen saumoissa on tärkeää, että laasti tiivistetään myös tiilien lapepintoja vasten. (Kavaja 2010, 90.)

Saumaustyön jälkeen valmis, kuivunut seinä puhdistetaan roiskeista esimerkiksi harjalla (kuva 10) tai vesipesulla. Punaiset poltetut tiilet voidaan puhdistaa tarvittaessa laimealla suolahappoliuoksella. Nykypäivänä on saatavilla myös valmiita tiilipinnoille soveltuvia puhdistusaineita. (Kestävä kivitalo-työryhmä 2003, 118.)



Kuva 10. Tiilien pinta harjataan puhtaaksi (Rakennustieto Oy 2010).



## 4 JULKISIVUMUURAUKSESSA HAVAITUT HAASTEET

Esimerkkikohteessa julkisivumuuraus alkoi opinnäytetyön kirjoittamisen loppusuoralla, joten havaitut ongelmat liittyvät enemmän suunnitteluvaiheeseen kuin toteutusvaiheeseen. Opinnäytetyön kirjoittamisen aikana kirjoittajan työnkuva vaihtui toiseen, joten havainnot on tehty haastatellen työmaalla työskenteleviä työntekijöitä. Työmaa-alue oli haasteellinen sen ahtauden takia ja se toi ongelmia työn toteutusvaiheessa. Hyvä ongelmanratkaisukyky ja työmaalla työskentelevien henkilöiden yhteistyö ovat tällaisissa kohteissa erittäin tärkeitä asioita. Seuraavissa luvuissa tarkastellaan tähän asti havaittuja ongelmia tarkemmin.

### 4.1 Suunnittelun haasteet

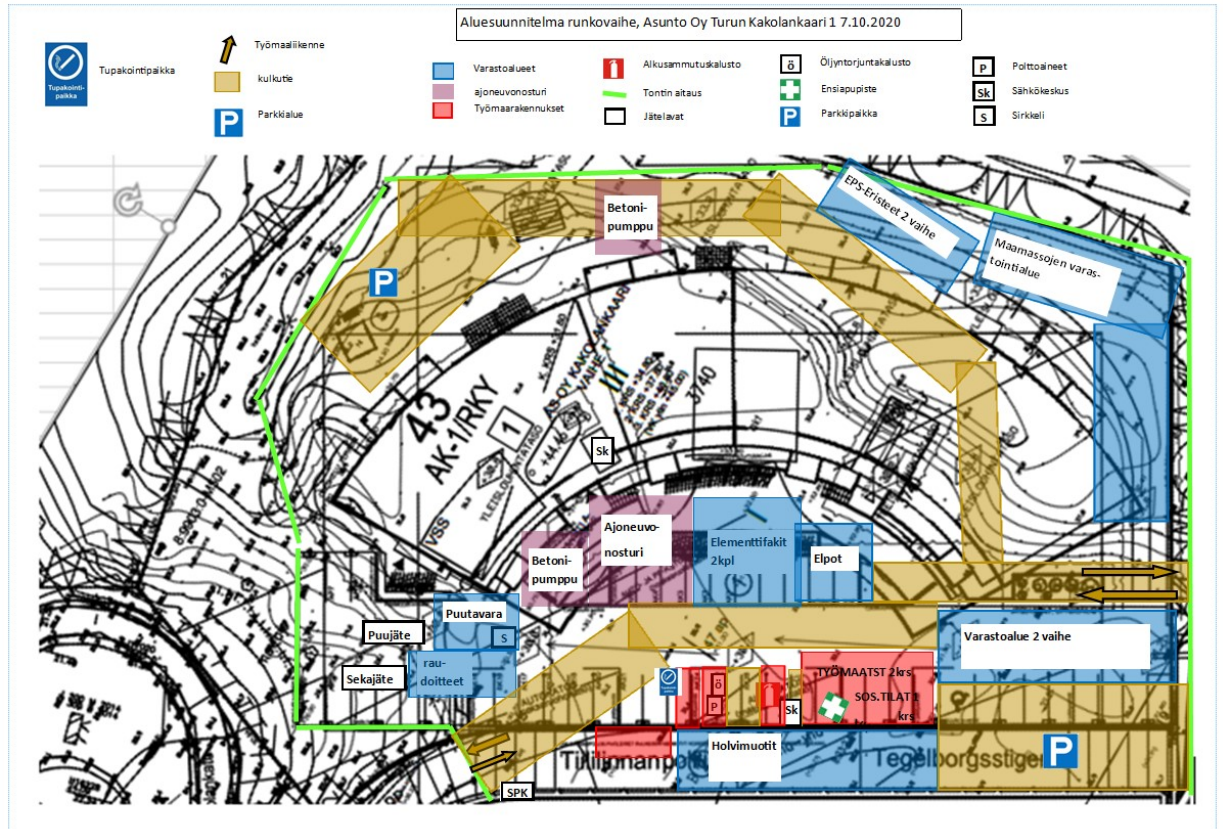
Työmaan suunnitteluun oli varattu hyvin aikaa ennen työmaan aloittamista. Työnjohto oli lähes kolme kuukautta toimistolla suunnittelemassa hanketta yhdessä suunnittelijaryhmän kanssa. Useimmissa rakennuskohteissa työmaan työnjohto siirtyy hankkeesta toiseen alle kuukauden varoitusajalla. Tässä kohteessa kuitenkin aikaa oli hyvin suunnitella ja miettiä erilaisia vaihtoehtoja, silti muutamia suunnitelmapuutteita tuli vastaan työn edetessä. Tässä luvuissa tarkastellaan ainoastaan julkisivumuuraukseen liittyviä suunnitelmapuutteita.

### Tehtäväsuunnitelma

Esimerkkikohteessa jokaisesta erityisseurattavasta työtehtävästä tehdään tehtäväsuunnitelma, jonka avulla pyritään varmistamaan tehtävän onnistuminen taloudellisesti, aikataulullisesti ja laadullisesti tehtävälle annetuissa puitteissa.

Tässä kohteessa kaarevan julkisivun muuraaminen oli yksi erityisseurattavista työtehtävistä. Lopullinen tehtäväsuunnitelma laadittiin vasta aliurakkaneuvottelujen jälkeen, joten kaikkia suunnitelmassa esille tulleita huomioita, ei pystytty huomioimaan aliurakkaneuvotteluissa. Tehtäväsuunnitelmaa laatiessa esille tuli työturvallisuuteen ja aikatauluun liittyviä huomioita.

Tehtäväsuunnitelmassa olisi voinut ottaa huomioon myös aluesuunnitelman julkisivumuurausten osalta. Esimerkkikohteessa noudatetaan yrityksen omaa pohjaa tehtäväsuunnitelmalle, ja siinä ei ole huomioitu aluesuunnitelmaa ollenkaan. Jos aluesuunnitelma julkisivumuurausten osalta olisi tässä kohtaan jo huomioitu, olisi välttytty muun muassa materiaalien varastointiongelmilta. Kuvassa 11 on viimeisin päivitetty aluesuunnitelma työmaa-alueelta, josta huomaa työmaa-alueen ahtauden.



Kuva 11. Työmaa-alueen aluesuunnitelma (Peab Oy 2021).

### Työnjohdon vaihtuvuus

Julkisivumuuraukseen suunniteltu työnjohtaja joutui jäämään pitkälle sairauslomalle, mikä toi omia haasteita työmaalle. Sairauslomalle jääneen työnjohtajan oli tarkoitus keskittyä ainoastaan julkisivumuuraukseen ja siihen liittyviin työtehtäviin. Julkisivumuurausten työvaiheen suunnittelu ja johtaminen jäi toisen työmaatoimihenkilön vastuulle. Tästä seurasi, että toinen työmaatoimihenkilö joutui perehtymään nopealla aikataululla työtehtävään ja piirustuksiin. Isoja haasteita tästä ei kuitenkaan syntynyt.

## **Materiaalimäärien laskenta**

Tässä kohtaa tuli konkreettisesti esille kohteen muoto. Kun on kyse julkisivumuurauksesta, tavallisesti materiaalmäärän pystyy helposti laskemaan arkkitehdin suunnittelemissa julkisivupiirustuksista. Esimerkkikohteeseen on kuitenkin kaarevan muotoinen, joten samalla tavalla arkkitehdin piirustuksista laskemalla ei saa määrää laskettua. Kaareva muoto tuo oman haasteensa, koska ulkokaarella menekki on isompi kuin taas sisäkaarella.

### **4.2 Työmaa-alue**

Yksi suurimpia haasteita julkisivumuurauksessa oli työmaa-alueen ahtaus. Yhtä suurta varastointialuetta ei ole käytettävissä. Rakennettava rakennus on myös pitkänomainen, joten varastointipaikka vaihtelee työvaiheen edetessä. Tämän lisäksi haasteita toi työmaan sijainti. Työmaa-alue sijaitsee Kakolanmäen huipulla, jonne johtaa ainoastaan yksi ajoreitti. Ajoreitti on mutkikas, käännökset ovat jyrkkiä ja samalla koko ajan nouseva. Tästä johtuen työmaa-alueelle pystyy ajamaan ainoastaan nuppikuormalla.

## **Materiaalien varastointi**

Julkisivumuurauksessa käytettävät materiaalmäärät ovat suuria tämän kokoisessa hankkeessa. Materiaaleja ei kuitenkaan käytetä samaan tahtiin työmaalta kuin esimerkiksi elementtejä, jotka voidaan saada jo yhdessä päivässä paikoilleen. Tästä johtuen varastointialuetta julkisivumuurauksen materiaaleille, tiilille ja laasteille olisi hyvä olla. Julkisivumuurauksessa olisi myös tärkeää, että tiililetkat olisivat työpisteen lähetyillä (kuva 12). Näin ollen työsaavutus on kohdillaan ja työ etenee aikataulun mukaisesti. Tässä kohteessa ei kuitenkaan ollut suuria varastointialuetta, joka toi oman haasteen. Julkisivumuuraus aloitettiin rakennuksen takaosasta, jossa ei ollut sillä hetkellä muita työvaiheita käynnissä, joten tilaa oli enemmän varastoida tiililetkoja. Muurausten edetessä työmaa-alueen ahtaus on todellisempi. Työpisteen lähetyillä ei ole enää suuria tai edes pieniä varastointialueita, vaan tiililetkat joutuu hakemaan kauempaa.



Kuva 12. Tiililetkojen varastointipaikka työmaalla.

### **Siilon sijainti**

Työmaa-alueen ahtauden vuoksi, myös siilon sijoittaminen toi haasteita. Rakennus-hanke on kohtalaisen suuri, kun ensimmäinen vaihe on saatu muurattua, olisi tarkoitus siirtyä muuraamaan toista vaihetta. Siilon siirtäminen työvaiheen edetessä tuo kustannuksia ja aikataulullisesti siirrot on otettava huomioon. Tästä johtuen siilon sijoittaminen tulisi miettiä huolella. Tällä hetkellä siilo on sijoitettu ensimmäisen vaiheen takaosaan, jolloin siilo palvelee hyvin takaosan muuraamista. Kun muuraustyö etenee, on laastisiilo väärässä paikassa ja matka siilolle pitenee. Tässä kohtaa laastisiilo tulee siirtää toiseen

paikkaan, jotta muuraustyö etenee aikataulullisesti. Siilon sijainnissa on otettava huomioon myös seuraava muurattava alue, jotta siilo palvelee mahdollisimman pitkään uudella sijainnilla. Vaikka tällä hetkellä siilon sijainti on muuraustyöhön katsottuna hyvä, on sijainti työturvallisuutta ajatellen riskialtis. Siilo sijaitsee lähellä tontin rajaa (kuva 13), joten siilon tarvitsema sähkö tulee jatkojohtoja pitkin siilolle. Jatkojohdot taas kulkevat maata pitkin, mikä pahimmillaan aiheuttaa kompastumisvaaran. Jatkojohdot tulee suojata suo- jakourulla, jotta kompastumisvaaraa ei ole.



Kuva 13. Laastisiilon sijainti työmaalla.

### 4.3 Aikataululliset haasteet

Rakentaminen on projektiluonteista, jossa aikataulusuunnittelu on rakentamisessa tärkeässä ja keskeisessä asemassa. Aikataulussa pysyminen on rakennustyömaalla kaiken a ja o. Jokainen työtehtävä on aikataulutettu ja jos yksikin jää jälkeen, vaikuttaa se koko työmaan työtehtäviin. Esimerkkikohteen työmaalla aikataulullisia haasteita julkisivumuuraukseen toi materiaalien tilaaminen ja muurareiden työsaavutus.

#### **Materiaalin tilaaminen**

Aikataulullisesti materiaalien tilaaminen toi haasteita. Julkisivumuurauksessa käytettyjen materiaalien toimitukset tuli hyvissä ajoin tilata toimittajalta. Työmaa-alueen ahtauden takia piti ottaa huomioon millaisissa erissä materiaaleja voi työmaalle tilata. Toimitusajat suunniteltiin alustavan työvaiheelle laaditun aikataulun mukaisesti. Aikataulun laadinnassa oli apuna arkkitehdin piirustukset, aliurakointifirman arvio työsaavutuksesta ja ratu-kortisto, näiden avulla laadittiin alustava aikataulu materiaalin tilaamiselle. Aikataulu oli alustava, joten materiaalitalauksien toimituspäivämääriä piti monta kertaa vaihtaa ja suunnitella aikataulu uudelleen. Työnjohdon ja muurareiden välinen kommunikointi on toimittava tällaisissa tilanteissa, koska muurareilla on suuri merkitys ja näkemys, koska he tarvitsevat lisää materiaaleja. Esimerkkikohteen työmaalla oli urakkaneuvotteluissa jo sovittu, että tiilien tilaamisen hoitaa tilaaja ja muurauslaastin tilaamisen hoitaa aliurakoitsijafirma.

#### **Toteutunut työsaavutus**

Julkisivumuuraus alkoi esimerkkikohteen työmaalla ajallaan, kuitenkin alkumetreillä huomattiin, että työ etenee hitaammin mitä aikatauluun oli varattu aikaa. Tässä kohtaa tulee vastaan taas julkisivun kaareva muoto. Muuraaminen ei ole niin yksinkertaista, kuin suoran seinän muuraaminen. Muurattava tiili on normaalin kokoinen, eikä pyöristetty mistään suunnasta. Kaareva muoto täytyy saada tehtyä muurauksen edetessä. Ensimmäisen tiilirivin sommitteluun meni enemmän aikaa kuin mitä aikataulullisesti oli ajateltu, joten muuraus jäi aikataulusta heti hieman jälkeen.

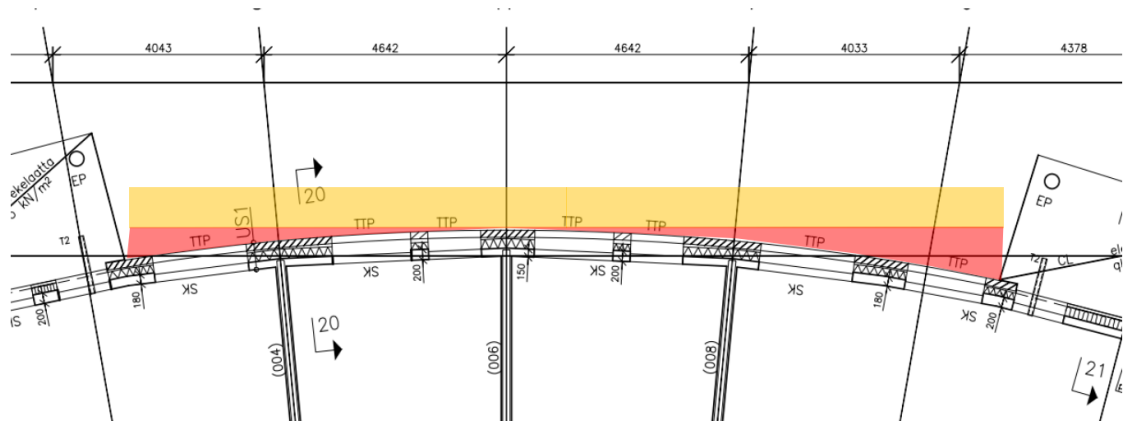
#### 4.4 Työturvallisuuden haasteet

Julkisivumuurauksessa työskennellään aina erilaisilla telineillä tai nostimilla. Työskentelykorkeus riippuen rakennettavan rakennuksen korkeudesta voi olla jopa 20 metriä. Korkealla työskentelyssä täytyy ottaa huomioon monia turvallisuuteen vaikuttavia asioita, kuten putoavat työkalut ja rakennusmateriaalit.

##### **Mastolavan työturvallisuus**

Mastolavojen käyttö on yleistynyt vuosien aikana sekä uudis- että korjausrakentamisessa. Se on todettu käyttökelpoiseksi juuri julkisivutoissa, koska sen leveä työskentelyalusta vaakasuunnassa ja pystysuuntainen liike mahdollistaa nopeaa ja helppoa työskentelyä.

Mastolavan tulee olla työturvallinen, koska työskentely tapahtuu korkealla. Normaalissa tilanteessa mastolavalle ei tarvitse tehdä mitään muutoksia julkisivumuurauksen työvaiheita varten. Esimerkkikohteessa kuitenkin julkisivun muoto on kaareva, mikä toi haasteen työturvalliseen työskentelyyn. Mastolava pystytetään niin lähelle julkisivua, ettei putoamisvaaraa ole. Kaarevassa muodossa se ei kuitenkaan ole mahdollista. Kuvassa 14 on karkeasti havainnollistettu, kuinka mastolava sijoitetaan kaarevaan osaan. Keltaisella on kuvattu kahta mastolavaa, jotka ovat vierekkäin ja kiinni toisissaan. Punaisella taas on kuvattu väliä, mikä jää mastolavan ja julkisivun väliin. Punaiselle kohdalle täytyy jokaisessa kohdassa rakentaa erikseen oma alusta mastolavan jatkeeksi, jotta putoamisvaaraa ei ole. Tämä tuo tietenkin aikatauluun haastetta, koska muoto vaihtelee jokaisessa kohdassa, joten alustaa täytyy muunnella aina kun mastolavat siirtyvät uuteen kohtaan. Myös sisäkaarelle mentäessä tulee haasteita saada mastolava työturvalliseksi, koska silloin mastolavan keskiosaan täytyy rakentaa alusta, jotta putoamisvaaraa ei ole.



Kuva 14. Havainnekuva mastolavan ja kaarevan muodon haasteellisuudesta (Peab Oy 2021).

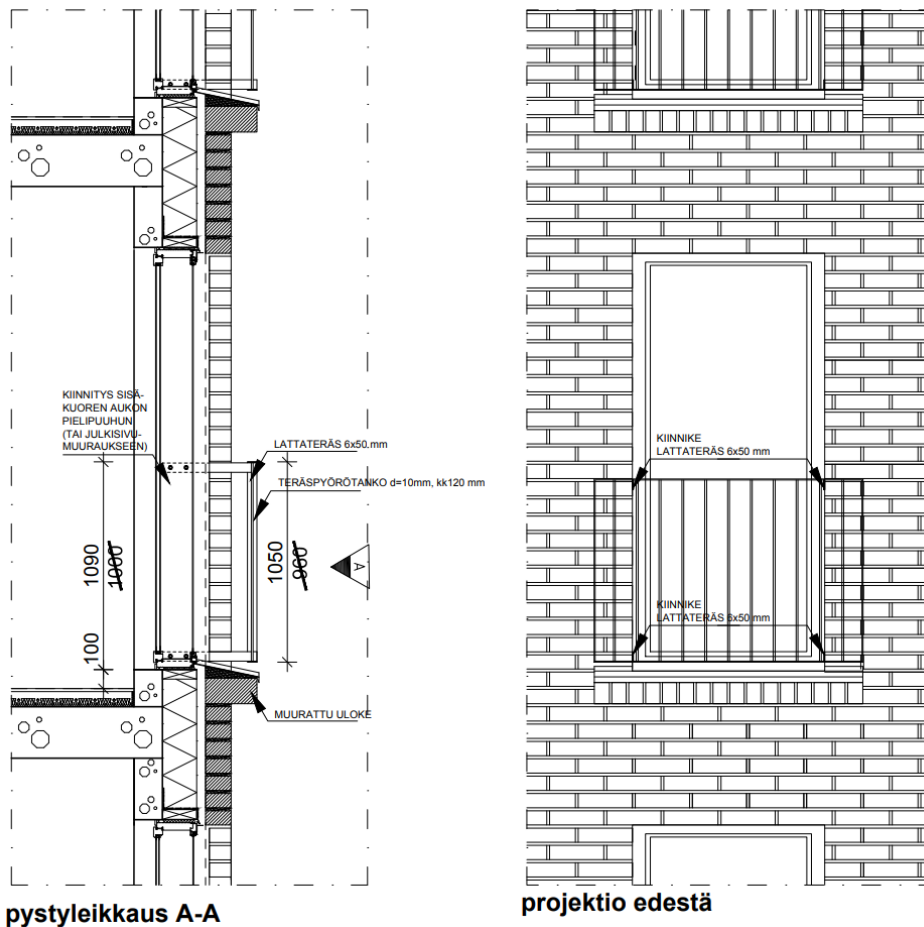
#### 4.5 Rakenteellisia haasteita

Julkisivumuurauksen alkuvaiheessa ei tullut vastaan suuria rakenteellisia haasteita. Elementit ovat asennettu kohdilleen, eivätkä pykällä saumojen kohdilta häiritsevästi. Urakkaneuvotteluvaiheessa oli kuitenkin tiedossa, että ranskalaisten parvekkeiden kohdalla tulee olemaan muurauksessa ongelmia.

#### **Ranskalaisten parvekkeiden alapuolinen muurattu uloke**

Arkkitehti on suunnitellut kohteeseen ranskalaisten parvekkeiden alapuolelle muurattavan ulokkeen, jonka päälle asennetaan tippapelti. Suunnitteluvaiheessa ja urakkaneuvottelussa sovittiin, että oikeanlainen toteutus suunnitellaan muurauksen yhteydessä. Tähän olisi pitänyt käyttää enemmän aikaa ja kysyä rakennesuunnittelijaltakin mielipidettä asiasta, miten käytännössä muurattava uloke toteutetaan. Kuvassa 15 on esitetty arkkitehdin suunnitelma ranskalaisesta parvekkeesta.





Kuva 15. Arkkitehdin suunnittelema piirustus ranskalaisesta parvekkeesta (Peab Oy 2021).

Haasteen tässä tuo se, että muurattava uloke toteutetaan samanlaisesta tiilestä kuin julkisivumuurauskin tehdään. Tiili muurataan ainoastaan puolesta välistä julkisivumuuraukseen ja muuten on vapaana ilman tukea. Muurattaessa tiilet pitäisi saada tuettua kunnolla kuivumiseen asti. Tuenta on kuitenkin hankalaa, eikä siihen ole löytynyt kunnollista ratkaisua ennen muurauksen aloittamista. Muuraustyön edetessä työmaalla on päädytty siihen ratkaisuun, että muurattu uloke on jätetty muuraamatta (kuva 16) ja siihen palataan lopuksi, kun ulkoseinä osuus on valmistunut.



Kuva 16. Ranskalaisen parvekkeen muurattava uloke jätetty pois.

## 5 JULKISIVUMUURAUKSEN KEHITYSKOHDAT

Seuraavissa luvuissa tarkastellaan kehityskohtia, jolla saataisiin kaarevan julkisivumuurauksen työvaihe sujuvammaksi. Kehitysideat ovat syntyneet työmaahenkilöiden kanssa kesken käydyistä keskusteluista sekä kirjoittajan omista näkemyksistä. Työmaalla toimineiden muurareiden tuomia asioita on pyritty myös tuomaan esille ehdotuksissa.

### 5.1 Suunnittelu

Jos julkisivu on suunniteltu paikan paikan päällä muurattavaksi, tulisi ennen rakennuksen rakentamisen aloittamista ottaa huomioon muutamia asioita:

Millainen on rakennusta ympäröivä maasto?

Kuinka helposti muuraus on toteutettavissa?

Miten ikkunoiden ja muiden aukkojen ylitykset toteutetaan?

Mikä on valmistumisaikataulu?

Tässä kohteessa suunnittelulle oli varattu tarpeeksi aikaa, mutta siitä huolimatta toteutusvaiheessa tuli muutamia haasteita vastaan. Jos suunnittelu-aikaa olisi ollut vähemmän, olisi esille tullut varmasti paljon enemmän haasteita. Tällaisissa vaativimmissa kohteissa, joissa tulisi olla tarpeeksi aikaa suunnittelulle, pitäisi miettiä resurssien hankkimista lisää. Rakennusalalla työmaatoimihenkilöt vaihtavat työmaata nopealla aikataululla, koska uusi hanke halutaan aloittaa mahdollisimman pian. Työmaatoimihenkilöiden vaihtuvuus on yleistä rakennusalalla, vaikka vähenemään päin onkin menossa. Työmaatoimihenkilön vaihtuminen kesken projektin hidastaa suunnittelua ja työn toteutusta.

Suunnitelmien valmistuttua olisi ne hyvä luettaa esimerkiksi kollegalla. Useamman ihmisen näkökulma lisää varmuutta ja onnistuminen ilman haasteita on todellisempaa. Suunnitelmat olisi hyvä myös näyttää jo urakkaneuvotteluvaiheessa, näin suunnitelmiin saataisiin käytännön kokemuksen näkemys. Ammattitaitoiset muurarit osaavat yleensä kertoa heti suunnitelmista kohdat, jotka heidän mielestään todennäköisemmin tulevat tuottamaan ongelmia toteutusvaiheessa. Tässä vaiheessa suunnitelmiin voi vielä tehdä muutoksia.

## 5.2 Työmaa-alue

Työmaa-alue on tiedossa ennen rakennusurakan aloittamista, jolloin alueeseen liittyviä asioita tulisi ottaa huomioon: kuinka ahdas tai tilava työmaa-alue on rakennusvaiheessa, millainen työmaa-alueen maasto on, miten työmaa-alueelle pääsee ja millaisilla koneilla alueelle pääsee.

Aluesuunnitelma etenkin ahtailla työmailla on tärkeä osa työmaan logistiikan toimivuuden kannalta. Aluesuunnitelman puutteellisen suunnittelun vuoksi työmaan järjestys kärsii olennaisesti, ja tässä tapauksessa seurauksena oli julkisivumuurauksen työvaiheen aikataulun hidastuminen.

Koska materiaalien varastointipaikkoja ja laastisiilon sijaintia ei ollut tässä kohteessa mietitty, tuli vastaan aikataulun lisäksi kustannushallinta. Työmaalle tuleva materiaali joudutaan pahimmassa tapauksessa purkamaan sille kuulumattomaan paikkaan. Tämä aiheuttaa yleensä aina sen, että materiaali on jonkun toisen materiaalin edessä tai työkohteesta on pitkä matka materiaalin luokse. Siirtoja joudutaan tekemään koneellisesti tai käsivoimin enemmän, jotta haluttu materiaali saadaan siirrettyä työkohteeseen. Kaikki nämä ylimääräiset siirrot aiheuttavat sen, ettei pysytä aikataulussa, ja kustannukset nousevat huomattavasti.

## 5.3 Työturvallisuus

Työturvallisuus on huomattava osa julkisivumuurausta, on kyseessä sitten kaareva tai suora julkisivu. Jokaisella osapuolella on oma velvollisuutensa ylläpitää työturvallisuutta ja huolehtia siitä. Kaikista havaituista työturvallisuusriskeistä tulee tiedottaa heti työmaan työnjohtolle. Julkisivumuurauksessa on tärkeää suunnitella työskentely korkealla, tähän kuuluu niin mahdollisten vaarojen pohtiminen kuin työvälineiden ja -koneiden kunnon tarkastaminen.

Työturvallisuusasiat tulee ottaa esille jo hyvissä ajoin, mutta viimeistään aloituspalaverissa on huomioitava työturvallisuusriskit ja -menetelmät. Esimerkkikohteessa oli käytäntönä täyttää aina aloituspalaverin yhteydessä työturvallisuussuunnitelma alkavasta työvaiheesta. Työturvallisuussuunnitelmassa käsitellään pintapuoleisesti tehtävän työturvallisuus, esimerkiksi millaisia vaaroja materiaalin vastaanotto tai muuraustyö sisältää. Kaarevasta muodosta ei lomakkeessa kuitenkaan mainita mitään, mikä kuitenkin tuo

huomattavan työturvallisuusriskin muuraustyössä. Suunnitelmissa olisi ollut hyvä ottaa esille esimerkiksi juuri mastolavan työturvallisuusriski ja miten ylimääräinen alusta tehdään tai kuka sen hoitaa. Alustan tekeminen tuo lisätöitä, jotka eivät kuulu urakkaneuvotteluissa sovittuihin töihin ja näin ollen tuo lisäkustannuksia. Lisätyöt tehdään aina tuntiöinä, jotka pitää hyväksyttää kirjallisesti työn tilaajalla.

Tällaisissa haastavimmissa kohteissa urakkaneuvottelun aikana pitäisi käsitellä työturvallisuusasiat ja sopia urakan sisällöstä yksityiskohtaisemmin. Työturvallisuusasiat tulee kuitenkin viimeistään aloituspalaverissa selvittää, jotta kaikilla on samanlainen käsitys, miten työturvallisuus hoidetaan.

## 6 YHTEENVETO

Kustannustehokkaan ja arkkitehdin suunnitelmien mukaisen lopputuloksen saavuttamiseksi kaarevan muotoisen julkisivun muurauksessa vaaditaan työhön perehtymistä, huolellista työn suunnittelua sekä aiempien työvaiheiden onnistumista. Tiili on monien hyvien ominaisuuksien johdosta maailman yleisin rakennusmateriaali. Tänä päivänä rakentamisessa nousevat esille kestävyys, pitkäikäisyys, ympäristöystävällisyys ja energiatehokkuus. Tiilellä on kaikki nämä ominaisuudet. Rakentamisen ja arkkitehtuurin modernisoituessa ja monikulmaisempien rakennusten yleistyessä perinteiset muuraustavat ja -välineet eivät aina riitä. Markkinoille tulee koko ajan uusia erilaisia kannakkeita ja sidontatarvikkeita, joihin suunnittelijoiden sekä työmaatoimihenkilöiden kannattaisi perehtyä.

Kaarevan julkisivumuurauksen tehtäväsuunnittelun ja ylipäätään suunnittelun tärkeys tulivat selkeästi esille opinnäytetyötä tehdessä. Jo suunnittelun alkuvaiheessa suunnittelijan tulisi kuunnella myös työnjohdon ja muurareiden näkemystä. Tällä tavalla saataisiin tuotua erilaisia näkökulmia työn toteuttamisesta ja itse muuraukseen liittyvät haasteet pystyttäisiin ainakin minimoimaan, ellei poistamaan kokonaan. Viestinnän tärkeys kaikkien osapuolien välillä ongelmatilanteen ilmetessä edesauttaa projektissa.

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin enemmän vastaan tulleisiin haasteisiin. Haasteiden ohessa tuli jatkotutkimusehdotus, josta olisi hyötyä tulevaisuudessa. Ehdotuksena olisi tehtäväsuunnittelupohjan parantaminen, varsinkin haasteellisempiin kohteisiin. Tämän avulla pystyttäisiin puuttumaan jo suunnitteluvaiheessa ongelmakohtiin ja miten niitä tullessaan ratkaisemaan toteutusvaiheessa. Tehtäväsuunnittelulomakkeeseen voitaisiin lisätä aluesuunnitelma ja tarkennettaisiin kohtia liittyen aikatauluun ja kustannushallintaan.

Opinnäytetyötä kirjoitettaessa hyödynnettiin kirjoittajan ja työmaaorganisaation kokemuksia, näiden lisäksi teoriaosuuteen löydettiin hyviä lähteitä internetistä sekä kirjoista. Työssä hyödynnettiin myös aliurakointifirmojen muurareiden haastatteluja ja heidän kokemuksiaan sekä mielipiteitään. Kehitysehdotukset tulivat suurimmaksi osaksi työmaa-henkilöstön välisistä keskusteluista.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella kaarevan julkisivumuurauksen haasteita, ja tämä tavoite saavutettiin. Haasteet keskittyivät enemmän suunnitteluvaiheeseen, koska

toteutusvaihe oli vasta alkanut työmaalla, silti työstä tuli onnistunut kokonaisuus. Suunnitteluvaiheessa havaituista ongelmista voidaan ottaa oppia ja hyödyntää tämän työn myötä opittuja asioita rakennuksen toisessa vaiheessa. Suurimmat haasteet liittyvät tiedon löytämiseen ja ongelmien ratkaisemiseen. Kaarevista paikalla muuratuista julkisivuista on niukasti kirjallista tietoa, joten haasteiden ratkaiseminen oli tehtävä yhteistyössä työmaaorganisaation kanssa. Työtä olisi helpottanut, jos kirjoittaja olisi työskennellyt työmaalla. Näin informaatio olisi kulkenut paremmin ja haasteita olisi ollut helpompi huomioida. Kuitenkin opinnäytetyöprosessin sekä ongelmakohdista syntyvät keskustelut ovat kehittäneet kirjoittajan ammattitaitoa.

## LÄHTEET

- Amutek Oy 2013. Asennusohje 2. Amu-aukkopalkki ja Bistäl-tikasraudoite. Viitattu 13.3.2021. <http://www.amutek.fi/kayttoohjeet/AMU-Aukkopalkki.pdf>
- Heiliä, S. 2017. Kivestä muuraamalla. Lönnberg Painot Oy. Viitattu 23.1.2021. [https://kivitaloinfo.fi/wp-content/uploads/2017/04/KM\\_1\\_2017\\_220x290mm\\_final.pdf](https://kivitaloinfo.fi/wp-content/uploads/2017/04/KM_1_2017_220x290mm_final.pdf)
- Kakola 2021. Historia. Viitattu 17.4.2021. <https://www.kakola.fi/historia/>
- Kavaja, R. 2010. Muuraustyöt. 12. Uudistettu painos. Tampere: Tammerprint Oy.
- Kestävä kivitalo -työryhmä 2003. Kivitalo. Helsinki: Libris Oy.
- Kivitalo 2021a. Muuratut julkisivut. Viitattu 19.1.2021. <https://www.kivitalo.fi/muuratut-rakenteet/muuratut-julkisivut/>
- Kivitalo 2021b. Valmistelevat työt. Viitattu 13.2.2021. <https://www.kivitalo.fi/muuratut-rakenteet/muuratut-julkisivut/valmistelevat-tyot/>
- Kivitaloinfo 2021a. Eurokoodisuunnittelu. Viitattu 3.5.2021. <https://kivitaloinfo.fi/kivitalon-suunnittelu/rakennesuunnittelu/kantavien-rakenteiden-suunnittelu/eurokoodisuunnittelu/>
- Kivitaloinfo 2021b. Laastien tuotestandardit. Viitattu 23.1.2021. <https://kivitaloinfo.fi/laastit/laastien-ce-merkinta/>
- Kivitaloinfo 2021c. Laastit. Viitattu 23.1.2021. <https://kivitaloinfo.fi/laastit/>
- Kivitaloinfo 2021e. Tiilet. Viitattu 19.1.2021. <https://kivitaloinfo.fi/tiilet/>
- Koski, H. 2003. Kerrostalon julkisivumuuraus, työsuunnitteluopas. Tampere: VTT rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Viitattu 13.3.2021. [https://wienerberger.evianet.fi/download.php/download/Document\\_data/369/Kerrostalon\\_julkisivumuuraus\\_opas.pdf?wbid=2](https://wienerberger.evianet.fi/download.php/download/Document_data/369/Kerrostalon_julkisivumuuraus_opas.pdf?wbid=2)
- Mattila, P. 2021. Muuraustyön suunnittelu ja toteutus. Rakennustieto Oy. Viitattu 13.3.2021. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK99s422.pdf>
- Peab 2021. Historia. Viitattu 19.1.2021. <https://peab.fi/peab/historia/>
- Tiili-info 2021a. Julkisivumuurauksen suunnitteluohje. Viitattu 12.2.2021. <https://www.tiili-info.fi/wp-content/uploads/2013/11/Julkisivumuurauksen-suunnitteluohje.pdf>
- Tiili-info 2021b. Muuraustyö. Viitattu 13.3.2021. <https://www.tiili-info.fi/rakentaminen/muuraustyot/>
- Tiili-info 2021c. Ulkoseinärakenteet. Viitattu 3.5.2021. <https://www.tiili-info.fi/maaraykset-ja-ohjeet/ulkoseinarakenteet/>
- Tiili-info 2021d. Tiili materiaalina. Viitattu 19.1.2021. <https://www.tiili-info.fi/tiili-materiaalina/>
- Ratu 0485. 2019. Tiilimuuraus. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 13.3.2021. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.turkuamk.fi/resource/juha/content/25202#page=1>
- Wienerberger 2021a. Palkittua tiiliarkkitehtuuria. Viitattu 21.4.2021. <https://www.wienerberger.fi/referenssit/julkiset-rakennukset-liike-ja-toimitilat/Paasihotelli.ht>
- Wienerberger 2021b. Tiili saapui Suomeen lännestä. Viitattu 3.5.2021. <https://www.wienerberger.fi/inspiroidu-tiilesta/tiili-materiaalina/Tiilen-historia.html>