



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

KONTTILAITURIN RAKENTAMINEN

Kulmatukimuurielementtien toteutus

Antti Korkeaaja

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018
Rakennusalan työnjohdon koulutus
Rakennusmestari AMK



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon koulutus
Rakennusmestari AMK

KORKEAOJA, ANTTI
Konttilaiturin rakentaminen
Kulmatukimuurielementtien toteutus

Opinnäytetyö 41 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Toukokuu 2018

Opinnäytetyön tehtävänä oli käsitellä yleisesti satamissa käytettävää kulmatukimuurilaituria ja sen rakentamisessa käytettäviä kulmatukielementtejä sekä kuvata yksityiskohtaisemmin niiden valmistuksen eri vaiheet. Työn tilaajana toimi Destia Oy.

Kulmatukielementtien valmistaminen kiipeävällä muottijärjestelmällä on monivaiheinen ja haastava työvaihe laiturityömaalla. Töiden esivalmistelu ja suunnittelu on tehtävä huolellisesti ja mahdolliset riskitekijät on tunnistettava ongelmien minimoimiseksi. Usean yhtäaikaaisesti valmistettavan elementin työvaiheiden yhteensovitus sekä niiden työn etenemisen valvonta on haastavaa. Kulmatukielementtien eri kerroksien rakennusvaiheissa jokaisella kerroksella on omat riskinsä töiden onnistumisen kannalta. Riskien tunnistamiseen kulmatukilaiturityömaalla vaaditaan aikaisempaa kokemusta aina kyseisten elementtien valmistuksesta valmiiseen laituriiin asti.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli käsitellä kulmatukimuurilaiturin rakentamisen eri vaiheita sekä kertoa eri työvaiheiden riskeistä ja niiden vaikutuksista aikatauluun sekä kustannuksiin. Työn alussa kerrotaan yleisesti eri laitureista ja niiden käyttö- ja toiminta-voista. Tämän jälkeen kerrotaan tarkemmin kulmatukimuurilaiturin perustamisesta sekä muista laiturityömaan vaiheista. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi kulmatukielementin rakentaminen sekä aikataulut. Erityisesti kulmatukielementtien valmistuksesta kerrotaan tarkemmin sekä käydään läpi kaikki elementin valmistuksen eri vaiheet. Lisäksi käydään läpi riskit, jotta vastaisuudessa niihin osataan varautua sekä ottaa huomioon niiden vaikutukset kustannuksiin ja aikatauluun. Työn lopussa pohditaan työvaiheittain, mitä pitäisi tehdä toisin, jotta ylimääräisiltä kustannuksilta vältyttäisiin eikä aikataulu viivästyisi.

Opinnäytetyön tekijä on toiminut työnjohtotehtävissä laituriprojektissa, jota tässä työssä käsitellään. Opinnäytetyö on kirjoitettu projektin valmistumisen jälkeen, ja se perustuu opinnäytetyön tekijän omaan kokemukseen sekä projektin aikana tehtyyn projektimuistioon. Opinnäytetyön on tarkoitus toimia jatkossa muistiona sekä oppaana tuleville kulmatukilaiturityömaille Destia Oy:ssä.

Asiasanat: satamalaituri, kulmatukielementti, kulmatukimuurilaituri, konttilaituri

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Site Management

KORKEAOJA, ANTTI

Quay Wall Elements and Container Terminal Construction
Bachelor's thesis 41 pages, appendices 0 pages
May 2018

The thesis discusses with generally used quay walls in ports and the foundation elements used in its construction, as well as the various stages of their manufacture. The thesis was commissioned for Destia Oy.

The production of quay wall elements with climbing formwork is a multi-stage and challenging process at the construction site. Preparing and predesigning must be done carefully and all potential risk factors must be identified to minimize the cause of problems. The coordination of different stages of work in multiple elements simultaneously to ensuring of their work quality is challenging. Each layer in the different stages of the elements has its own risks for the success of the work. Identification of the risks at element construction site requires previous experience from manufacturing of these elements up to the finished dock.

The purpose of this thesis is to determine the different phases of construction of quay wall dock, and to explain the risks involved in the different work phases and their impact on the timetable and costs. the theoretical part discusses general information about the different piers and their use and operation. It also explored the building a foundation of quay wall as well as the other steps in the quay wall construction site. The following chapters cover the construction of a quay wall element and the scheduling. Specifically, the manufacture of the elements is described more detailed and the different stages of the element manufacturing process are examined. In addition, the risks are examined in order to be prepared for them in the future, to be aware of their impact on costs and on the timetable. the thesis concluded with recommendation about the work phase, what should be done differently so that extra costs are avoided and the timetable will not be delayed.

The author of the thesis has been working in construction site management at the quay project, discussed in this work. The thesis is written after the completion of the project and it is based on the author's own experience and the project memo made during the project. The thesis is intended to serve as a memoir and as a guide for the future quay wall projects at Destia Oy.

Key words: pier, quay wall, wharf, container terminal

SISÄLLYS

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 6 |
| 2 | KULMATUKIMUURILAITURI | 7 |
| 2.1 | Erilaiset laiturityypit..... | 7 |
| 2.2 | Kulmatukimuurilaiturin käyttökohteet | 7 |
| 2.3 | Kulmatukimuurilaiturin rakenteet..... | 8 |
| 2.3.1 | Laiturin perustaminen | 10 |
| 2.3.2 | Elementit | 11 |
| 2.3.3 | Reunamuurirakenteet ja laiturivarusteet | 13 |
| 3 | KULMATUKIMUURIELEMENTTIEN TOTEUTUS | 15 |
| 3.1 | Muotti- ja telinetyöt..... | 15 |
| 3.2 | Telinetyöt..... | 21 |
| 3.3 | Raudoitustyöt..... | 23 |
| 3.4 | Betonityöt | 25 |
| 3.5 | Työn suoritus | 26 |
| 3.6 | Asennus | 29 |
| 4 | TOTEUTUSAIKATAULU | 34 |
| 4.1 | Aikataulutuksen lähtökohdat | 34 |
| 4.2 | Käytetyt aikataulumallit | 35 |
| 5 | Pohdinta | 38 |
| | LÄHTEET..... | 41 |

ERITYISSANASTO

| | |
|----------------------------|---|
| asennusjigi | työmaalla valmistettu esimitaustyoäkalu elementtien asennuksen oikean etäisyyden hahmottamiseksi |
| fenderi | laturin tai laivan kyljessä oleva, kumista valmistettu tyyny, joka vaimentaa laivan tuloa laituriin, sekä estää sen kolhiintumisen telakoinnin aikana. Fenderi voi olla v-, sylinteri-, tai taulumallinen |
| jigi | työmaalla vanerista valmistettu fenderin kiinnitystaustan kokoinen levy, jolla voidaan määrittää kiinnityspulttien paikat, kun tiedetään fenderin tuleva sijainti |
| k-elementti | kulmatukielementti |
| kiipeävä muottijärjestelmä | mahdollistaa muottien nostamisen useammassa jaksossa, ja niihin kuuluvat integroidut työtasot. Muoteista tulevat kuormat siirretään jo valmiille rakenteille |
| liukuvalu | tekniikka, jossa betoni valetaan muottiin kerroksittain muotin nousussa ylöspäin valun edetessä. Muotin nousunopeus määrittyy betonin kovettumisen mukaan |
| pollari | laturissa laivan köysien kiinnittämiseen tarkoitettu laite |
| tihtaalilaituri | kävelysilloilla tai putkijohteilla toisiinsa yhdistettyjä paaluperusteisia laiturihtihtaaleja |
| RAM | rakennusammattimies |
| riparaudoitteet | kulmatukielementin siipimuurien raudoitteet, jotka ulottuvat pohjalaatasta elementin toiseen kerrokseen asti |
| s-elementti | saumaelementti |
| siipimuuuri | kulmatukielementin ensimmäisen kerroksen sivuseinä |
| superlift | nosturin lisävaruste, jolla voidaan lisätä nosturin vastapainojen määrää |
| takymetri | etäisyyksien ja korkeuserojen mittaamiseen käytettävä laite, jonka avulla voidaan määrittää kohteiden sijainti |
| tarratähys | tähtäyspiste takymetrille |
| vinotreeva | muottien tukemiseen tarkoitettu teräsputki, joilla voidaan myös säätää muottiseiniä pystysuoruus. |

1 JOHDANTO

Satamalaitureita on useaa eri tyyppiä. Laiturit luokitellaan rakentamistavan mukaisesti gravitaatioperusteisiin, maanpaineisiin, kallion päälle rakennettuihin ja kelluviin ponttonilaitureihin.

Tässä työssä kerrotaan kulmatukimuurilaiturin perustamisesta sekä tarkemmin kulmatukielementtien valmistamisesta ja sen eri vaiheista. Työssä ei erityisemmin oteta kantaa taustatäytön tai muihin laiturin taustakentän rakenteisiin tai laiturivarusteisiin.

Työn tavoitteena on selvittää kulmatukielementtien valmistus kiipeävällä muottijärjestelmällä. Siinä ei oteta kantaa vaihtoehtoiseen rakentamistapaan kovin syvällisesti. Vaihtoehtoisella rakentamistavalla tässä työssä tarkoitetaan liukuvalumenetelmää. Työssä pyritään selvittämään kustannuksien parantamista ja aikataulun tehostamista.

Tämä opinnäytetyö tehdään Destia Oy:lle. Ajatus työn tekemisestä sai alkunsa työmaalla ilmenneestä tarpeesta loppuselvitykselle elementtien valmistamisen kustannuksista ja aikataulutuksesta. Satamarakentamisesta on edelleen hyvin vähän kirjoitettua tietoa, ja yleisesti käytetään SILKO- ja RIL- ohjeita satamarakenteiden valmistuksessa ja suunnittelussa.

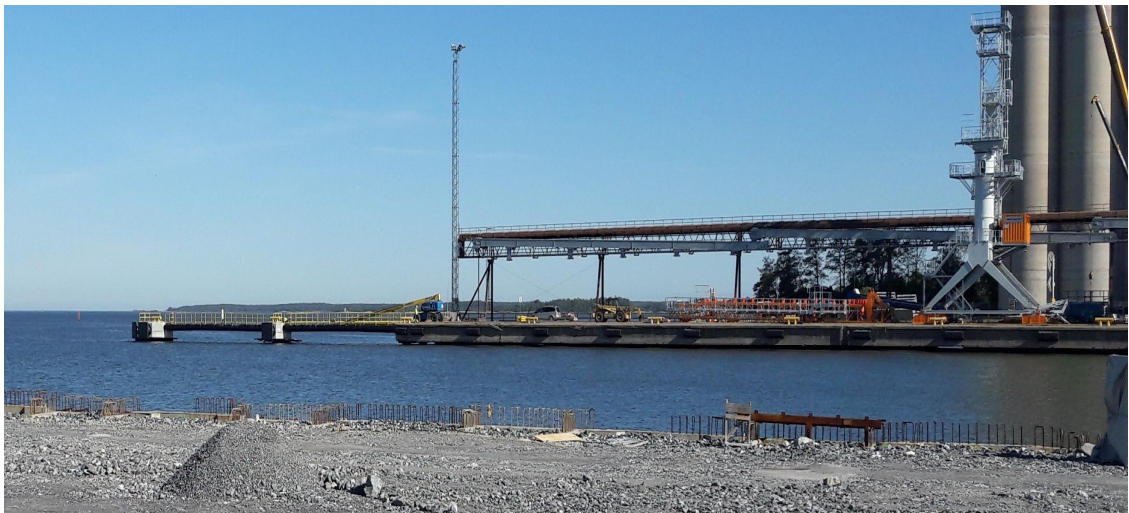
Destia Group Oyj on suomalainen osakeyhtiö, joka perustettiin Destian omistusjärjestelyn yhteydessä 1.7.2014 ja joka omistaa 100 prosenttisesti Destia Oy:n osakkeet.

Destia on suomalainen infra- ja rakennusalan palveluyhtiö. Se on yksi suomen suurimmista infra-alanrakentajista, jonka liikevaihto oli vuonna 2017 478,7 miljoonaa euroa, josta voittoa oli 13,1 miljoonaa euroa. (Destia Oy 2018.)

2 KULMATUKIMUURILAITURI

2.1 Erilaiset laiturityypit

Laiturit voidaan luokitella niiden sijainnin mukaan. Laiturin tyyppin valintaan vaikuttaa sataman sijainti, laiturin käyttötarkoitus, maaperän ominaisuudet sekä luonnonolosuhteet. Yleisimpiä laiturityyppejä ovat rannansuuntaiset laiturit, jotka useimmiten ovat gravitaatioperusteisia ja taustaltaan täytettyjä. Rannansuuntaisissa laitureissa laiturilinja mahdollistaa laivan kiinnittymisen sen kylkeen. Toinen yleinen laiturityyppi on pistolaituri. Pistolaiturit ovat yleensä kohtisuorassa rantalinjaan nähden ja kaksipuoleisia, jolloin ne mahdollistavat laivan kiinnittymisen sen molemmille puolille. Pistolaituri voi olla paalu- tai gravitaatioperusteinen. Paalulaituri on hyvä tapa laiturin perustamiselle silloin, kun pohjaolosuhteet eivät ole kantavat. Paalulaituri tukeutuu vinoihin ja suoriin paaluihin, joita pitkin laituriiin kohdistuneet voimat siirtyvät kantavaan maaperään. (RIL 236-2006, 14.)



KUVA 1. Paaluperusteinen laiturijonka jatkona paaluperusteinen tihtaalilaituri

2.2 Kulmatukimuurilaiturin käyttökohteet

Kulmatukimuurilaituri rakennetaan teräsbetonisista kulmatuki- ja saumaelementeistä, jotka asennetaan vierekkäin kantavan pohjan päälle. Kulmatukimuurilaituria voidaan käyttää kohteissa, joissa pohjaolosuhteet ovat hyvät kantavuuden ja kiertymien estämiseksi, esimerkiksi kantavat kallio ja louheperustukset. Kulmatukimuurilaiturit pysyvät

paikoillaan taustan täytön sekä suuren massansa ansiosta, laivojen suurista massoista huolimatta. (RIL 236-2006, 15).



KUVA 2. Kulmatukimuurilaiturin perustukset, jossa kulmatuki- sekä saumaelementit asennettu ja taustatäyttö tehty

2.3 Kulmatukimuurilaiturin rakenteet

Kulmatukimuurilaituri perustetaan ennalta määrättyyn syvyyteen. Perustamissyvyys määritellään sataman käyttötarkoituksen ja siellä käyvien laivojen tarpeiden mukaisiksi. Laiturin paikallaan pysymiseksi ja kulmatukielementtien asentamiseksi perustukset tehdään louheesta ja murskeesta, joka syvätiivistetään sekä tasataan suoraksi oikealle perustamissyvyydelle. Tämä on erittäin kriittinen vaihe laiturin tulevien rakenteiden onnistumiseksi sekä ylimääräisten kustannusten välttämiseksi.

Tasatun ja syvätiivistetyn pohjan päälle asennetaan vapaasti seisovat kulmatukielementit, sekä niiden väliin kulmatukielementteihin tukeutuvat saumaelementit. Asennustyön onnistumisen edellytyksenä on hyvin tehdyt perustukset.



KUVA 3. Elementtien asennuspohjan syvätiivistys alkamassa

Asennettujen kulmatukielementtien pohjalaattojen päälle ja elementtien taakse tuleva taustatäyttö on tulevan laiturin kentän pohjarakenne. Taustatäyttö varmistaa valmiin laiturin paikallaan pysymisen siihen tulevien laivojen kuormituksista huolimatta. Taustatäyttö tehdään louheesta ja tasauskerrokset murskeesta. Täyttö syvätiivistetään, ja tehdään kentän viemäroinnit, putkitukset sekä sähköistykset. Valmiit rakennekerrokset viimeistellään asfaltoinnilla.

Ennen kuin taustan täyttöä voidaan tehdä loppuun, on kuitenkin rakennettava reunamuuri, joka tulee asennettujen elementtien varaan. Reunamuuri valetaan betonilla kiinni elementtien yläpäiden tartuntateräksiin. Valmis reunamuuri on U- tai L-mallinen, riippuen laiturin ja sataman käyttötarkoituksesta. Kuitenkin ennen kuin reunamuuria voidaan tehdä, on kulma- ja saumaelementtien väliset pystysaumot valettava juotosbetonilla, jolloin elementeistä tulee yhtenäinen seinä. Saumojen valamisella estetään veden liike taustatäytön puolelle sekä hienoaineksen huuhtoutuminen mereen. Saumavaluilla poistetaan myös sekä taustatäytön että syvätiivistyksen elementteihin aiheuttamia jännitteitä rakenteissa, jotka johtuvat elementtien asennuksesta ja sen jälkeisestä liikkumisesta.



KUVA 4. Reunamuurin muottirakenteita pohjalaatan tulevia työvaiheita varten

2.3.1 Laiturin perustaminen

Laiturin perustaminen aloitetaan suorittamalla tarvittavat mittaukset ja luotaukset pohjaolosuhteista. Kulmatukimuurilaituri perustetaan kantavaan pohjaan, jolloin kaikki pehmeä maa-aines on poistettava ruoppaamalla. Ruoppausmenetelmäksi valitaan kaivuu- tai imuruoppaus poistettavan maa-aineksen perusteella.

Ruopattu pohja täytetään sekalouheella #0...500 mm, jonka jälkeen pohja tasataan murskeella #20...100 mm määrättyyn perustamistasoon. Pohjapenger syvästiivistetään ja tasataan murskeella ennalta määrättyyn kulmatukielementtien perustamistasoon. (Insinööri-toimisto Matti Pitkälä Oy, 2015.) Perustusten tekemisessä on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että pohjan tasaus tehdään elementtien asennuksen edellyttämälle tasolle. Liian isolla kiviaineksella, liian kaltevaksi tai epätasaiseksi tehdyllä pohjalla on suuria vaikutuksia elementtien onnistuneen asentamisen saavuttamiseen. Elementtien asennuksen jälkeisistä korkeuserojen vaihteluista tai elementtien kallistumisista aiheutuvien lisätöiden kustannukset voivat nousta erittäin korkeiksi.

Heikosta asennuspohjasta aiheutuvia ongelmia ovat edellä mainitut elementtien kallistukset sekä korkeuserojen vaihtelut. Muita osittain asennuspohjasta riippuvia ongelmia

voivat olla liian suuret tai pienet elementtien väliset etäisyydet, elementtilinjan poikkeamat tulevaan laiturilinjaan nähden, sekä pahimmassa tapauksessa saumaelementtien epäsymmetrinen tukeutuminen kulmatukielementteihin. Esimerkiksi jos asennettujen elementtien kulma toisiinsa nähden on V- tai A-mallinen, niin suunnitelmien mukainen saumavalu ei täytä vaadittuja ominaisuuksia eikä toimintatarkoitusta. Tällaisessa tapauksessa elementteihin kohdistuu jännitteitä, joiden poistamiseksi vaaditaan erillinen korjaussuunnitelma. On otettava huomioon, että elementit ovat lähes kokonaan veden alla, jolloin korjaustöiden tekeminen tehdään sukellustyönä.



KUVA 5. Taustatäytön ajoa sekä elementtien asennuspohjan syvätiivistystä kaivuulautalta

2.3.2 Elementit

Kulma- ja saumaelementtien valmistuksessa voidaan käyttää kahta eri valmistustapaa. Tässä työssä kerrotaan tarkemmin kiipeävällä järjestelmämuotilla valmistetuista elementeistä. Toinen valmistustapa on liukuvalu.

Liukuvalu on tehokas valmistustapa kulmatukielementtien valmistamiseen jatkuvan valutyön kautta. Liukuvalua on mahdollista hyödyntää sekä pysty- että vaakasuorissa betonivaluissa. Liukuvalussa muottia nostetaan hydraulisesti tähän käyttöön suunnitelluilla liukuvalunostimien ja -tankojen avulla. Muotin nostonopeuden säätäminen oikeaksi on

erityisen tärkeää työn onnistumisen kannalta. Muotin nousunopeus on säädettävä siten, että muotin noustessa esiin tuleva betoni on saavuttanut riittävän lujuuden muotonsa säilyttämiseksi, sekä kykenee vastaanottamaan siihen kohdistuvat kuormat betonivalun edessä. Muotin alta paljastuva betoni on yleensä 5-7 h:n ikäistä, jolloin sen tulisi olla riittävän sitoutunutta. Betonin ollessa liian kovettunutta jää betonin pintaan repeytymisen jälkiä muotin noususta, kun taas betonin ollessa liian löysää se ei säilytä muotoaan. (Kunnassaari, 2017; Suomen Betoniyhdistys, 2004, 495-504.)

Onnistuneen liukuvalun suorittamiseksi etukäteisvalmistelut on tehtävä huolellisesti, ja kaikki suunnitelmat on tarkastettava valutyön onnistumiseksi. Jo rakenteiden suunnittelussa on otettava huomioon liukuvalutöiden erityispiirteet mm. raudoituksen suunnittelussa. Raudoitteet tulee suunnitella työtapaan soveltuviksi.

Liukuvalun etuja ovat sen aikataululliset seikat sekä työtavasta saatavat edut. Liukuvalu on monesti nopeampi tapa valmistaa betonirakenteita, jolloin sen hyödyt saadaan parhaiten irti aikataulun suhteen. Liukuvalu sopii hyvin korkeisiin betonirakenteisiin, jotka pysyvät rakenteiltaan lähes muuttumattomina valmiiksi asti. Liukuvalun etu on myös työsaumattomuus betonointitöissä, kun esimerkiksi työsaumoja ei sallita rakenteessa, tai halutaan välttää työsaumoja esim. vesitiiveyden varmistamiseksi. (Kunnassaari, 2017; Suomen Betoniyhdistys, 2004, 495-504.)

Liukuvalua suunniteltaessa on huomioitava betonimassan soveltuvuus kyseiseen työtapaan. Betonin tulisi olla pumpattavaa ja työstettävää. Betonin sitoutumisessa ja työstettävyydessä voidaan erilaisin lisäainein mahdollistaa tarvittava aika raudoitteiden asentamiselle, betonin muottiin tiivistämiselle sekä muotin alta paljastuvan betonin mahdolliselle pinnan hiertämiselle. Lisäaineilla säädeltyä betonia käytettäessä on varmistuttava kovettuneen betonin riittävästä ominaisuuksista ennakkokokeilla. (Kunnassaari, 2017.)



KUVA 6. Liukuvalettuja kulmatuki- ja saumaelementtejä (Terramare Oy:n tiedotuslehti, 2012, 8, muokattu)

2.3.3 Reunamuurirakenteet ja laiturivarusteet

Reunamuurirakenteisiin tulee useita varauksia ja pultteja tulevia työvaiheita varten. Jokaiseen jaksoon tulee V-fendereiden sisäkierreankkurit, sylinterifendereiden U-lenkit, sekä tässä tapauksessa tulevaa satamanosturia varten myös kiskojen aluslevyjen pultit asennetaan valuun. Lisäksi muutamiin jaksoihin tulee satamanosturia varten myrskylukituskolot sekä lisäkiinnityspisteet ja nosturin virranottoaivot. Muita valuun tulevia laiturivarusteita ovat reunaparrun kiinnityspultit, vesi-, sähkö- tai tavallinen pollari sekä reu-
nateräs.

Reunamuurin betonirakenteet sinällään ovat yksinkertaisia. Ensin valetaan pohjalaatta, jonka valuun tulee mahdollisen vesipollarin letkut sekä yhden V-fenderin alemmat kiinnitysankkurit. Pulttien sijainnit on helppo määrittää fenderistä tehdyn jiggin avulla, kun fenderin korko- ja etäisyystiedot tiedetään.

Pohjalaatan päälle valetaan kaksi palkkia, meren- ja maanpuoleinen palkki, joiden kanssa reunamuurin saavuttaa U-mallisen kokonaisuuden. Merenpuoleinen palkki sinällään on työläämpi suuremman varustelumääränsä vuoksi kuin maanpuoleinen. Maanpuoleiseen

palkkiin asennetaan nosturikiskon aluslevyt. Aluslevyissä pultit ovat paikallaan, ja ne asennetaan muotin päälle poikittain asennettujen puiden varaan.

Laiturivarusteiden asentamisessa ja sen työsuunnittelussa on huomioitava nosturin tarve jokaisessa jaksossa. Fenderit, pollarit, reunateräkset, suojaparrut, aluslevyt sekä kaikki muut osat ja varusteet, pultit pois lukien, on asennettava nosturin avulla. Lisäksi varustelutöissä on hyvä olla käytettävissä työlaatta, koska fendereiden sekä suojaparrun asennukset joudutaan tekemään meren puolelta. Lisäksi jokaiseen jaksoon asennetaan liikuntasaumaputket. Pohjalaattaan asennetaan ennen valua kaksi ja molempiin palkkeihin yksi liikuntasaumaputki.

Työläämpiä ja enemmän aikaa vaativia reunamuurin varusteluita ovat mahdollisten satamanostureiden virranottoaivojen, lisäkiinnityspisteiden sekä myrskylukituskojen muotti-, rauditus- ja asennustyöt. Kyseiset varustelutyöt ovat aikaa ja tarkkuutta vaativia, sekä sisältävät puu- ja terästöitä tarvittavien kehyksien, luukkujen ja vedenpoistojen asentamiseksi ennen valua. Työn ja aikataulun suunnittelussa on hyvä huomioida, että nämä työvaiheet sisältävät jaksot ovat huomattavasti työläämpiä kuin jaksot, joissa näitä työvaiheita ei ole.

Kun palkit ovat valmiit ja niiden muotit ovat purettu, pohjalaatan päälle asennetaan kaapelisuojaputket tulevia sähköasennuksia varten. Suojaputkissa kulkee muun muassa nosturin virtakaapeli sekä sähköpollareiden virtakaapelit. Suojaputkien ja sähköjen asennuksen jälkeen palkkien väli täytetään murskeella #0...16 mm (Insinööritoimisto Matti Pitkälä Oy, 2015), jonka päälle maanpuoleisen palkin viereen asennetaan viimeisenä mursketäyttöä vasten valettavat nosturin kaapeleiden suojakourujen anturat, joita pitkin nosturin liikkuessa kaapelit kulkevat. Lopuksi asfaltoidaan jäljelle jäänyt palkkien väli.



KUVA 7. Valmista ja varusteltua reunamuurilaituria

3 KULMATUKIMUURIELEMENTTIEN TOTEUTUS

3.1 Muotti- ja telinetyöt

Kulmatukielementtien valmistukseen valittiin Dokan kiipeävä muottijärjestelmä. Kiipeävä muottijärjestelmä on sekä kustannustehokas että hyvästä esivalmisteluasteesta johtuen myös aikataulullisesti tehokas. Kiipeävällä muottijärjestelmällä kulmatukielementti valmistetaan neljässä osassa.

Ensimmäisenä tehdään elementin pohjalaatta. Pohjalaatan muottityöt ovat yksinkertaiset, ja yhden työvuoron aikana on mahdollista tehdä kahdesta kolmeen pohjalaatan muottia valmiiksi raudoitustöitä varten. Pohjalaatan muottitöiden yhteydessä asennetaan elementtien raudoituksen kannalta kriittisimmät riparaidoitteet. Riparaidoitteiden ulottuminen pohjalaatasta aina toisen kerroksen valuun asti, eli niiden oikea ja tarkka sijainti, on ensiarvoisen tärkeä elementin valmistuksen edetessä ylempiin kerroksiin. Pohjalaattojen valmistuksessa on huomioitava niiden vaikutus aikataulullisesti. Pohjalaatta on ensimmäinen osa elementistä, ja yhden elementin valmistaminen huippuunsa asti valmiiksi vie noin 20 työvuoraa. Yhden pohjalaatan valmistus raudoituksineen ja betonointineen vie noin kolmesta neljään työvuoraa.



KUVA 8. Pohjalaatan muotti ja riparaidoitteet valmiina

Pohjalaatan valun jälkeisenä päivänä voidaan aloittaa ensimmäisen kerroksen muottien sisäsielun asennus. Muottien esivalmisteluasteesta riippuen sisäsielu voidaan asentaa kolmessa tai useammassa osassa, jonka jälkeen ensimmäinen kerros on raudoitettavissa. Sisäsielun asentaminen hyvin esivalmisteltuna vie aikaa korkeintaan yhden työvuoron, ja raudoituksen valmistumisen jälkeen voidaan aloittaa muottien tuplaus, jonka jälkeen ensimmäinen kerros on valettavissa. Muottien tuplaus eli ulkokierron asentaminen vie aikaa noin 1,5-2 työvuoraa. Ensimmäisen kerroksen valmistaminen muotti-, rauditus- ja telinetöineen vie n. 5-6 työvuoraa.



KUVA 9. Ensimmäisen kerroksen sisäsielu asennettuna ja valmiina raudoitukselle

Ensimmäisen kerroksen betonoinnin jälkeen on syytä kiinnittää huomiota betonin kovettumiseen. Betonin lämpötilan valvonta on suositeltavaa betonin lujuuden määrittämiseksi. Yleisesti ottaen kesäolosuhteissa elementin ensimmäisen kerroksen muottien

purku voidaan aloittaa valun jälkeisenä päivänä. Toisen kerroksen muottien asennus voidaan aloittaa heti ensimmäisen kerroksen muottien purun jälkeen. Elementin toisessa kerroksessa työskentelyksi sekä muotin sisäsielun asentamiseksi on asennettava sisätaso. Sisätaso sijaitsee elementin ensimmäisen kerroksen yläreunan tasossa, ja se asennetaan ensimmäisen kerroksen valuun asennettuihin sisäkierreankkureihin. Nämä raudoitukseen kiinni sidottavat ankkurit jäävät ensimmäisen kerroksen betonoinnin yhteydessä valmiiseen rakenteeseen.

Ennen kuin toisen kerroksen sisätason asennus voidaan aloittaa, on varmistettava betonin lujuudesta sisätason paikoillaan pysymisen ja työturvallisuuden varmistamiseksi. Toisen kerroksen muotin sisäsielu tuetaan vinotreevoilla sisätasoon muotin suoruuden ja paikoillaan pysymisen varmistamiseksi raudoituksen ja valun aikana. Ensimmäisen kerroksen muottien purun sekä toisen kerroksen sisäsielun saaminen valmiiksi raudoitustöitä ja nostosylinterien asennusta varten vie noin 1,5-2 työvuoroa. Toisen kerroksen raudoitustyöhön on varattava aikaa 1-1,5 työvuoroa. Sen valmistumisen jälkeen muottien ulkokierron asentaminen voidaan aloittaa, ja valmistaa elementti toisen kerroksen betonivaluun. Toisen kerroksen muottitöitä aikataulutettaessa on huomioitava, että muottien esivalmisteluaste on riittävällä tasolla, sekä pohjalaattaan asennetut riparaidoitteet on sijoitettu oikein. Riparaidoitteiden väärä sijainti aiheuttaa aikataulullisesti merkittäviä lisätöitä niiden sijainnin korjaamiseksi, eikä muita työvaiheita (kuten raudoittamista) voida aloittaa ennen näiden korjaamista.



KUVA 10. Toisen kerroksen sisäsielu ja työtasot lähes valmiina raudoitukselle

Kolmannen kerroksen muottityöt voidaan jälleen aloittaa, kun on varmistettu toisen kerroksen betonin lujuuden olevan riittävällä tasolla. Myös kolmanteen kerrokseen tulee sisätaso, jonka varaan sisäsielu tuetaan pystyyn ja kiinnitetään. Elementtien kolmansien kerroksien valmistaminen on suhteessa muihin kerroksiin nopeampaa niiden pienempien työmäärien vuoksi: Muottineliöitä ja rautakiloja on vähemmän, ja näin ollen myös betonimenekki on vähäisempi. Kolmannen kerroksen valmistaminen toisen kerroksen muottien purun kanssa yhteenlaskettuna vie aikaa 3-4 työvuorota.



KUVA 11. Kolmannen kerroksen sisäsielu sekä kulku- ja työtelineet valmiina seuraavaan työvaiheeseen

Elementtien muottikierron sujuvuus on aikataulullisesti kriittisessä osassa, sillä niin elementtien kerrokset kuin muotitkin ovat riippuvaisia toisistaan. Muottikiertojen lukumäärä tulee suhteuttaa työmaan aikatauluun. Muottikiertojen sujuvuuden varmistamiseksi tulee työvoima suhteuttaa niiden edellyttämälle tasolle. Kustannustehokkuuden kannalta ei ole järkevää seisottaa muotteja tai työvoimaa. Elementtien sujuvan valmistamisen edellytyksenä on, että edeltävät valmiit kerrokset elementeissä menevät edellä vähintään kahden elementin verran. Mikäli työmaalla on mahdollista tehdä kaikki pohjalaatat valmiiksi kerralla, on se suositeltavaa.

Elementtien muottikiertoa suunniteltaessa voidaan huomioida, että ensimmäisen kerroksen muoteista voidaan myöhemmin muokata kolmannen kerroksen muotteja. Näin säädetään muottielementtien vuokraamiskustannuksissa, kun ei ole turhaan vuokrattu ylimääräisiä muotteja. Elementtien valmistuksessa pohjalaattojen sekä ensimmäisten kerrosten muotteja tulisi lukumäärällisesti olla eniten, ja suhteessa ensimmäisen kerroksen muotteihin, toisen kerroksen muotteja 1-2 kiertoa vähemmän. Muottikiertoja suunniteltaessa on huomioitava myös sisäkiertojen määrä ulkokiertoihin. Sisäkiertojen muotit ovat paikoillaan muiden työvaiheiden (kuten raudoituksen) työtehosta riippuen 4-5 työvuoroa, kun taas optimaalisessa tilanteessa ulkokierto on paikoillaan vain 2-3 työvuoroa. On siis oltava enemmän sisämuotteja, jotta seuraavat työvaiheet voivat alkaa, kun taas ulkokierto käytännössä tulee paikoilleen vain betonointia varten.

Myöhemmässä vaiheessa elementtien ensimmäisten ja toisten kerrosten valmistuksessa hyvän valmistumistahdin myötä voidaan siirtyä kolmansien kerroksien muottitöihin. Edellytyksenä on, että ensimmäisen kerroksen muottien sisäkiertoista voidaan irrottaa sisäsielut muokattavaksi kolmansiin kerroksiin, sekä vastaavasti ulkokiertoja suhteutettuna sisäkiertojen lukumäärään. Ihanteellinen tilanne olisi, jos kaikki ensimmäiset kerrokset olisivat valmiina, ja toisien kerroksien valmistuminenkin olisi jo edennyt riittävän pitkälle, koska kolmannet kerrokset valmistuvat suhteessa näitä kerroksia nopeammin. Kolmansien kerroksien aikataulutuksessa voidaan toki joustaa alempien kerrosten valmistuksen mukaan. Esimerkiksi yksi ensimmäisen kerroksen rauditus kestää neljältä RAM:lta kaksi työvuoroa, kun taas 2 RAM:ia raudoittaa yhdessä työvuorossa kaksi kolmatta kerrosta.

Elementtien suuren koon vuoksi myös työmaan koko kasvaa suureksi. Koon kasvamisen myötä on aikataulullisesti tehokasta edetä järjestelmällisesti muottien siirtoihin kuluvan ajan minimoimiseksi.

Muottikierron kannalta on järkevää, että elementtien eri kerrokset valmistetaan loogisesti portaittain perättäisessä järjestyksessä. Kuitenkaan vierekkäin olevia keskeneräisiä elementtejä ei kannata valmistaa samaan aikaan työturvallisuuden säilymiseksi, vaan työn alla voi olla samaan aikaan esimerkiksi rivissä joka toinen elementti. Muottien siirroissa ja nostoissa elementistä toiseen säästää runsaasti tehokasta työaika, kun muottielementtejä ei tarvitse kuitenkaan siirtää pitkiä matkoja, vaan ne ovat nosturin säteen ulottuvilla ja siirrettävissä läheiseen elementtiin. Järkevä tapa muottien kierron kannalta on, ettei kolmansien kerroksien valmistusta aloiteta liian aikaisin. Kolmansien kerroksien muottien valmistus on järkevää aloittaa niin myöhään kuin aikataulun kannalta on turvallisesti mahdollista. Tällöin muottien siirto tapahtuu järkevästi, työn laadun seuraaminen ja valvominen on helpompaa, sekä työturvallisuus on paremmalla tasolla.



KUVA 12. Valmiita elementtejä viimeistelyvaiheessa sekä toisen- ja kolmannen kerroksen muotteja työtasoinen asennettuna

3.2 Telineyöt

Telineyöt elementtien valmistuksen eri vaiheissa on syytä ottaa huomioon jo pohjalaattojen muotteja tehdessä varmistamalla niiden riittävä etäisyys toisistaan. Kulmatukielementit ovat lähes poikkeuksetta suurikokoisia ja korkeita. On siis selvää, että elementtien valmistuksen eri vaiheissa joudutaan työskentelemään jopa 14 metrin korkeudessa. Pohjalaattojen väliin on hyvä varata mahdollisuuksien mukaan tilaa vähintään kolme metriä. Rakennustelineet on hyvä tehdä nostettaviksi niiden siirtelyjen helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi. Telineiden tarve on ensimmäisessä ja toisessa kerroksessa suurin korkeiden seinien raudoittamiseksi sekä muottien ulkokierron asentamisen viimeistelemiseksi. Ensimmäisen kerroksen telineet ovat suurimmat, ja ne on järkevä tehdä kolmesta eri telineestä, molemmille sivuille sekä etuseinälle omat telineet.



KUVA 13. Ensimmäisen kerroksen työtelineet valmiina raudoitustyöhön

Viimeistään toisen kerroksen kohdalla pohjalaattojen etäisyys toisistaan korostuu, kun elementin ulkopuolelle tulee Doka-järjestelmän työtasot. Työtasot kiinnitetään samalla tavalla kuin sisäpuolenkin työtasot, eli valuu sijoitetuilla sisäkierreankkureilla. Telineitä

suunniteltaessa tulee ottaa huomioon myös betonointityön turvallisuus. Elementit valetaan seinien yläosista, jolloin työskennellään jo ensimmäisenkin kerroksen kohdalla viiden metrin korkeudella. Toisen kerroksen telineiden tarve on lähes yhtä suuri kuin ensimmäisenkin kerroksen. Telineet tulee suunnitella nostettaviksi, ja kullekin sivulle työta-
sojen päälle tulee telineet raudoitus-, muotitus- ja betonointityötä varten. Kolmanteen kerrokseen päästäessä on mahdollista suorittaa raudoitus- ja muotitustyöt alle metrin korkeudelta tukevalta pukilta. Kolmannen kerroksen ulkosivuille tulee myös vastaavat tasot kuin toisessakin kerroksessa. Kolmannen kerroksen betonointi voidaan suorittaa Doka-järjestelmän omalta sisäsielun sivuseinien väliin tulevalta tasolta. Kaikki edellä mainitut työt voidaan kuitenkin suorittaa myös henkilönostinta käyttämällä, mutta se ei ole suositeltavaa kustannuksien minimoinnin kannalta. Työmaalla on kuitenkin syytä varautua yhteen tai kahteen henkilönostimeen töiden etenemisen varmistamiseksi.



KUVA 14. Toisen kerroksen muotteja valmiina valuun sekä raudoitukseen

3.3 Raudoitustyöt

Kulmatukielementtien raudoituksen tärkein sekä erityistä tarkkuutta vaativa vaihe on riparaidoitteiden asennus. Riparaidoitteiden alapäävät lähtevät pohjalaatasta, ja kulkevat koko matkan kulmatukielementin siiven yläreunaa myöden aina toiseen kerrokseen asti. Riparaidoitteiden väärän sijainnin korjaaminen aiheuttaa ensimmäisessä kerroksessa seinärakenteen vahvuuden kasvattamista sekä mahdollisesti lisäraudoitusta. Toisessa kerroksessa riparaidoitteiden väärästä sijainnista johtuvat ongelmat korostuvat enemmän. Toisen kerroksen siipimuurien raudoitteisiin asennetaan myös elementin nostovaraukset, sekä niiden vaatimat lisäteräksset. Riparaidoitteiden ollessa väärin sijoitettuna pahimmassa tapauksessa kyseessä olevat teräksset osuvat nostovarausten kohdalle. Riparaidoitteiden sijainnin korjaaminen on vaikeaa ja aikaa vievää. Vaikutukset aikatauluun sekä suunniteltuun muottikiertoon ovat merkittäviä, ja niiden korjaaminen vaatii aikaa, jota rakennustyömaalla ei yleensä ole ylimääräistä.

Kulmatukielementtien raudoitus on hidasta ja tarkkuutta vaativaa. Elementtien raudoitus vaatii huolellisuutta sekä ammattitaitoista työvoimaa raudoitusurakoitsijalta. Liian pieneksi suunnitellulla työryhmällä elementin raudoitus vie aikaa. On otettava huomioon ensimmäisen ja toisen kerroksen siipien muuttuvalla pituudella olevat pysty- ja vaakateräksset. Pystyyn ja vaakaan tulevat 16 mm teräksset muodostavat siipimuurien seinien raudoitusverkot joiden sisällä riparaidoitteet kulkevat. Tässäkin vaiheessa riparaidoitteiden väärä sijainti aiheuttaa korjaustoimenpiteitä. On mahdollista, että siipimuurien seinämävahvuutta joudutaan kasvattamaan teräksien riittävän suojaetäisyyden saavuttamiseksi tai siipimuurien seinäverkkojen vaaka- tai pystyteräksiä joudutaan jatkamaan betonin lohkeamisen estämiseksi, jos riparaidoite on jäänyt liian alas. Verkkojen vaaka- ja pystyteräksien pituudet muuttuvat noin 5 cm:n välein, joka on syytä ottaa huomioon jo teräksiä tilattaessa tehtaalta ja varastoitaessa työmaalle.

Pohjalaattojen raudoituksessa on lisäksi huomioitava ensimmäistä kerrosta varten tulevien seinä- ja tartuntateräksien sijainti. Järjestelmämuotin sisäsielua ei ole mahdollista kaventaa, jolloin teräksien oikea sijainti korostuu. Seinämävahvuutta ei siis voida kasvattaa sisäänpäin teräksien betonin suojaetäisyyksien täyttämiseksi. Tämä voidaan korjata

vain piikkaamalla pohjalaatan betonia riittävästi, jotta teräkset voidaan taivuttaa kulkemaan oikeaa linjaa pitkin. Muutenkaan ei ole suositeltavaa kasvattaa elementin vahvuuksia. Elementin vahvuuden kasvu aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia, sekä asennusvaiheessa liian raskas elementti voi aiheuttaa ongelmia.



KUVA 15. Ensimmäisen kerroksen valmis siipimuuriraidoite

Teräksiä tilattaessa on huomioita työmaa-alueen mahdollisuudet teräksien varastointiin. Ei ole järkevää tilata kerralla koko elementin teräksiä ottaen huomioon elementtien valmistusajan keston. Järkevää on tilata ensin vain pohjalaattojen teräkset sekä siihen asennettavat riparaudoitteet mukaan lukien ensimmäisen kerroksen siipimuurien ja etuseinän tartuntateräkset. Pohjalaattojen valmistumisen edetessä on tilattava seuraavaksi ensimmäisen kerroksen teräkset, sekä vastaavasti siihen tulevat, toiseen kerrokseen ulottuvat teräkset ja tartunnat toista kerrosta varten. Loogisesti tästä edeten, ensimmäisten kerrosten valmistumisen edetessä tilataan toisen kerroksen teräkset sekä myös mahdollisesti kolmannen kerroksen teräkset niiden suhteessa vähäisen määrän ja tilantarpeen vuoksi.

Teräkset tilataan aina elementtikohtaisesti asentamisen ja varastoinnin helpottamiseksi. Eri kerroksien oikea-aikainen tilaaminen on avainasemassa töiden etenemisen kannalta. Teräksiä ei pitäisi tilata liian aikaisin lojumaan työmaalle ja viemään turhaa tilaa, mutta toisaalta liian myöhään tilatut teräkset pysäyttävät työn etenemisen.

3.4 Betonityöt

Elementtien valmistamiseen käytettiin K45-2 betonia #16 mm kiviaineksen raekoolla ja sementtinä ainoastaan sallittua portlandsementtiä CEM 1 42.5 N – SR3.

Elementtien yläosat, tason -2.5 yläpuolelle asennuksen jälkeen jääviltä osin valettiin säänkestävällä betonilla. Jäätymisrasitukselle alttiiden rakenteiden tuli täyttää rasitusluokkien XC4, XS3 ja XF4 vaatimukset. -2,5 tason alapuolisten rakenteiden tuli täyttää rasitusluokkien XC1 ja XS2 vaatimukset. Rakenteiden suunnittelukäyttöiän ollessa 50 vuotta tuli betonin pakkasenkestävyyden olla P40-luokkaa. Betonimassan laadun varmistamiseksi tulee betonista ottaa riittävästi ennakkokokeita, jotta voidaan varmistua kovettuneen betonin ominaisuuksien olevan rasitus- ja lujuusluokat täyttäviä. (Insinööritoimisto Matti Pitkälä Oy, 2015.)

Laadun varmistamiseksi tuoreesta betonimassasta otetaan työmaalla pakkasenkestävyyden varmistamiseksi ilmamäärämittaukset (Insinööritoimisto Matti Pitkälä Oy, 2015). Ilmamäärämittauksilla varmistetaan, että betonimassassa on oikea määrä ilmaa jäätymisrasituksen kestämiseksi valmiissa rakenteessa, mutta ei kuitenkaan liikaa ilmaa, sillä se aiheuttaisi pahimmillaan jopa lujuuskatoa rakenteessa.

Lisäksi kovettuneesta ja valmiista betonirakenteesta porataan rakennekoekappaleita, joiden avulla pakkasenkestävyyttä testataan huokosjakomittauksin laboratoriossa. Lisäksi työmaalla tehdään koekappaleita suola-pakkaskestävyys kokeisiin, joilla varmistetaan kovettuneen betonin kestävyys suola-pakkasrasituksessa. Eri koekappaleita otetaan työselostuksen määräysten mukaisesti. (Suomen Betoniyhdistys, 2016, 159.)



KUVA 16. Betonimassan laadunvalvontaa työmaalla painuma- ja ilmamäärätestein sekä olosuhdekoekappaleiden ottamista puristuslujuuskokeisiin

3.5 Työn suoritus

Kulmatukielementtien betonointityöt järjestelmämuottien kanssa on haastavaa ja vaatii erityistä huolellisuutta betonimassan muottiin tiivistämiseksi erityisesti ensimmäisen kerroksen betonointitöissä. Ensimmäisen kerroksen muottien yläpäävät ovat lähes neljän metrin korkeudessa, jolloin on huomioitava betonityötä suunniteltaessa tuoremassan pudotuskorkeus sekä massan tiivistäminen muottiin. Jotta betonimassa ei erottuisi liian korkeasta pudotuksesta johtuen, tulee käyttää valuputkia, joilla betonimassa voidaan ohjata muotin pohjalle. Pinnan noustessa nostetaan putkea ylöspäin valun aikana, kunnes ollaan riittävällä korkeudella valettavaksi suoraan betonipumpun letkusta. Erityisesti ensimmäisen kerroksen betonoinnissa massan tiivistäminen perusteellisesti on haastavaa, ja siksi

on otettava huomioon muutama erityispiirte. Seinämuotit ovat noin neljä metriä korkeita, ja niiden väli on vain 20 cm. Muottien sisällä kulkee riparadoitteet sekä seinän pysty- ja vaakateräkset, jolloin tärytyssauvalle ei juurikaan jää tilaa laskeutua näiden läpi.

Valuvirheiden, kuten esimerkiksi harvavalujen, korjaus on kallista ja aikaa vievää. Kuitenkin näiden virheiden välttäminen on mahdollista hyvällä työsuunnittelulla yhdessä työsuorittajan kanssa sekä hyvillä esivalmisteluilla. Ensimmäisen kerroksen seinämuotteihin ja niin sanotun siiven päälle tulevaan muottiin tulee tehdä halkaisijaltaan 200 mm k 500-1000 mm:n aukkoja, jotka ovat helppoja ja nopeita peittää valun noustessa ylöspäin. Näistä rei'istä mahdollistetaan tärytyssauvan ujuttaminen muotin pohjalle, ja näin ollen mahdollistetaan betonimassan tiivistäminen. Reikien tekeminenkään ei toki ole edullista, sillä se estää muotin vanerin uudelleenkäytön, jolloin muottien pinnat tulevat uusittaviksi elementtien valmistamisen jälkeen joko työmaalla tai palautuksen yhteydessä muottien toimittajalla. Kuitenkin tämä on pienempi kustannus kuin harvavalujen vesi-
piikkaus ja painevalukorjaukset.



KUVA 17. Ensimmäisen kerroksen muotin tuplaus aloitettu asentamalla siipimuurin päälimuotti, jossa reiät betonin pumppausta ja tiivistystä varten

Toisen ja kolmannen kerroksen betonointityöt ovat huomattavasti helpompia. Muotteihin ei tarvitse tehdä reikiä, eikä käyttää valuputkea. Riparadoitteet toki yltyvät toiseenkin kerrokseen asti, mutta ovat kuitenkin huomattavasti nopeampia ja helpompia betonoitavia. Betonipumpussa tulee olla mahdollisimman pieni valuletku, sekä sauvatäryttimien tulee olla paksuudeltaan korkeintaan 30 mm, jotta se on mahdollista laskea edellisen kerroksen työsaumaan asti, joista toisen ja kolmannen kerroksen valut alkavat. Toisen kerroksen betonoinnissa erityistä huomiota on kuitenkin kiinnitettävä betonin tiivistämisen onnistumiseksi nostosylinterien ympäriltä.



KUVA 18. Toisen kerroksen raudituskuva jossa nostosylinteri asennettuna

3.6 Asennus

Elementtien asennus tehtiin kuivalta maalta tela-alustaisella Liebherr LR1750 -ristikkonosturilla, jossa vastapainoa oli superlift-varustelulla 615 tonnia. Nosturin kokonaispaino oli noin 1100 tonnia asennusvaiheessa. Asennus on mahdollista tehdä myös uivalla nosturilla. Tässä työssä kerrotaan tarkemmin kuivalta maalta tehdystä asentamisesta. Riippumatta nostotavan valinnasta, asennustavat eivät juurikaan poikkea toisistaan. Asennustahtina voidaan aikataulusuunnittelussa pitää 2-4 k-elementtiä jokaisessa kahdeksan tunnin työvuorossa.

Kulmatukielementit asennetaan kalliomurskeella tasatulle pohjalle ja ennakkoon määriteltyyn perustamissyvyyteen. Asennuspohjan tulee olla harattu ja hyväksyty elementtien asentamiseen. Tässä vaiheessa pohjan tulee olla tasainen, eikä pohjakorko saa heitellä elementtien toleranssien mukaisten asennusten mahdollistamiseksi. Elementtien asennustoleranssit määritellään suunnitelmapiirustuksissa tai työselostuksessa työmaakohtaisesti. Asentamisen kannalta tärkeä seikka, joka on otettava huomioon jo elementtien valmistusvaiheessa, on elementtien valmistaminen lähellä asennuspaikkaa. Kulmatukielementit ovat yli 14 metriä korkeita ja noin 210 tonnin painoisia, joten niiden siirtely asennuspaikalle on mahdollista vain asennusnosturilla, jonka liikkuminen on hidasta suuren kokonsa ja painonsa johdosta. Mitä lyhyempi hakumatka elementille on, sitä nopeammin voidaan aloittaa elementin asennus. Elementtien asennuksen aikataulussa on otettava huomioon sataman mahdollinen laivaliikenne, jonka ehdoilla asennustyö joudutaan tekemään. Mikäli asennustyömaa on laivaliikenteen välittömässä läheisyydessä, on huomioitava laivaliikenteessä johtuva veden liike niin asennustyössä kuin sukellustyössäkin. Potkurivirtaukset ovat voimakkaita, vaikka niitä ei pinnalta huomaisikaan. Tämä on huomioitava sukeltajien turvallisuuden takaamiseksi asennustyön aikana.

Elementtien asennus aloitetaan asentamalla kaksi kulmatukielementtiä, joiden väliin asennetaan saumaelementti. Elementtien asennusta jatketaan asentamalla seuraava k-elementti jonka jälkeen seuraava s-elementti. Ensimmäisen kulmatukielementin oikea sijainti on ensiarvoisen tärkeää niin asennustyön jatkumisen kannalta, kuin mahdollisen vanhaan laituriin liittymisenkin kannalta. Sijainti ei saa poiketa liikaa suunnitellusta laiturilinjasta, eikä myöskään etäisyys vanhasta laiturista saa kasvaa liian suureksi. Elementtien asennuksessa on otettava huomioon elementtien liukuminen ulospäin taustatäytön ja syvätiivistyksen aiheuttamana. Käytännössä tämä tarkoittaa asennusvaiheessa elementin

asennuspaikan siirtämistä 100-150 mm teoreettisesta laiturilinjasta sisäänpäin. Mikäli asennus tehdään liian tarkasti suunniteltuun linjaan nähden, tulee laiturilinja siirtymään suunnitellun linjan ulkopuolelle taustatäytön ja syvätiivistyksen myötä.

Elementtien asennuksessa sijainnin määrittämiseen työmaalla tulee olla mittamies, joka mittaa jokaisen elementin sijainnin välittömästi asennuksen jälkeen. Elementin sijainti on hyväksyttävä aina ennen nostoapuvälineiden irrotusta. Nostoapuvälineiden uudelleen asennus vedessä sukellustyönä on hidasta ja kallista, sekä kuluttaa turhaan tarkkaan määritettyjä sukellusaikoja. Elementtien sijainti määritetään esimerkiksi takymetrin avulla. Ennen asennustyön aloittamista k-elementteihin asennetaan ennalta määritettyihin kohtiin tarratähykset. Prismojen tulee olla kaikissa elementeissä samassa kohdassa, myös korkeuden puolesta. Prismojen sijainnin poikkeamat antavat väärää tietoa elementin sijainnista niin korkeuden kuin laiturinlinjan sijainnin suhteen.

Asennusvaiheessa olevan elementin painosta lasketaan 80-90 % pois ennen, kuin elementin sijaintia kannattaa mitata. Muutoin elementin sijainti, etenkin kallistuminen ja korkeusasema, saattavat muuttua mittauksen jälkeen. Elementtien asennuksessa käytetään apuna työlauttaa, josta käsin asennuksen miestyöt tehdään. Lautalla on elementin asennuksesta vastaava henkilö radioyhteydessä nosturiin. Lisäksi lautalla on 2-3 apumiestä elementin käsittelyyn. Asennettavat elementit pyrkivät pyörimään oman akselinsa ympäri veden virtauksista sekä usein myös tuulesta johtuen. Lautan tulee olla riittävän jyrävä, jotta se voidaan kiinnittää tukevasti jo asennettuihin elementteihin vipupaljoja apuna käyttäen. Lautalta käsin elementin liikettä voidaan rauhoittaa ja pitää paikoillaan pyörimisen estämiseksi, ja asennuksen helpottamiseksi. Sopiva lautta on esimerkiksi kaksi kappaletta teräksisiä 2 m * 6 m ponttooneita, jotka toisiinsa kytkettyinä muodostavat 4 m * 6 m lautan. Lauttaa on mahdollista siirtää käsin elementiltä toiselle, mutta lauttaan voidaan myös väliaikaisesti kytkeä perämoottori siirtelyn helpottamiseksi. Lisäksi tarvitaan myös kulkuväline tai -yhteys asennuslautan ja rannan välille.

Kulmatukielementtien asentamisen helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi myös lauttaan voidaan asentaa tarratähykset, joiden sijaintia voidaan verrata tulevan elementin asennuksen sijaintiin. Näin elementti on helppo tuoda lähes oikealle sijainnille laiturilinjaan nähden ilman välilaskuja. Kun tiedetään lautan sijainti, on siitä helppo mitata etäisyys elementtiin ennen laskua. Näin vältetään ns. turhat asennusyrietykset, ja asennuspohja säilyy

mahdollisimman hyvänä mahdollisimman pitkään. Jokainen ylimääräinen elementin laskeminen aiheuttaa painumia asennuspohjaan. Painumia tulisi välttää elementin onnistuneen asentamisen mahdollistamiseksi.

Lisäksi elementtien sijaintia mitataan paalulukemilla, jotka kertovat elementin pituusmitan laiturilinjaan nähden. Paalumittaus ei ole välttämätöntä asennusvaiheessa. Elementtien etäisyys toisistaan on helppo mitata asennuksen jälkeen. Asennusvaiheessa oikean etäisyyden määrittämiseen käytetään tähän tarkoitukseen tehtyä asennusjigiä. Jigi on pituusmitaltaan 5 cm teoreettista kulmatukielementtien asennusväliä pidempi. Jigistä tehdään käsin nostettava ja laskettava, jotta se on helppo nostaa pois lautan reunalta saumaelementin asennuksessa. Jigin tarkoitus on määrittää k-elementtien oikea etäisyys toisistaan. Asennusvaiheessa k-elementti tuodaan nosturilla jigin reunaan kiinni. Kun elementti on asennustyöstä vastaavan henkilön mielestä oikealla sijainnilla, voidaan aloittaa elementin lasku. Tässä vaiheessa elementin tulisi jo olla mahdollisimman lähellä pohjaa, mutta ei kuitenkaan niin lähellä, että elementin kiertäminen paikallaan tai siirtäminen laiturilinjaan nähden ei onnistu. Elementtiä tuotaessa laiturilinjalle ja asennuspaikalle se ei missään tapauksessa saa raahata pohjassa, sillä tämä pilaa asennuspohjan kuljettamalla soraa mukanaan, joka aiheuttaa lopulta elementin laskuvaiheessa sen kallistumisen ulos laiturilinjasta.

Kun elementti on saatu asennettua oikealle sijainnille laiturilinjaan ja edelliseen elementtiin nähden, on erittäin tärkeää mitata elementin alapään sijainti yläpäähän verrattuna. Tässä vaiheessa elementin tulee olla pohjassa koko painoltaan, jotta mittaus voidaan suorittaa luotettavasti. Mittaus suoritetaan joko pitkällä vähintään 2 metrin vatupassilla, tai tiputtamalla luoti pohjalaatan päälle aivan k-elementin reunasta, jonka etäisyyden seinään sukeltaja käy mittaamassa pohjasta. Käytännössä työ tehdään ensin niin, että vatupassin avulla todetaan elementin suoruus sivuttaissuunnassa ja laiturilinjaan nähden. Jos elementin suoruus täyttää suunnittelijan määrittämät asennustoleranssit, voidaan aloittaa elementin nostoapuvälineiden irrotus. Tähän työhön tarvitaan sukeltaja, joten samalla olisi hyvä mitata elementin suoruus luodin avulla. Tulokset kirjataan ylös ja dokumentoidaan tulevien seurantamittauksen vertailemiseksi.

S-elementin asentamisen kannalta on ehdottoman tärkeää, että k-elementit ovat riittävän suorassa, jotta s-elementti ylipäätään mahtuu k-elementtien väliin myös pohjasta, ja tu-

keutuu suunnitellulla tavalla k-elementteihin. Ennen s-elementin asennusta sukeltajan tulee olla mitannut myös k-elementtien alapäiden etäisyydet toisistaan, mikäli tätä ei ole varmistettu muulla tavalla. Tähän tarkoitukseen voidaan valmistaa myös teräksinen mittapalkki, joka lasketaan k-elementtien välistä pohjaan, ja varmistetaan, että s-elementti mahtuu näiden väliin.

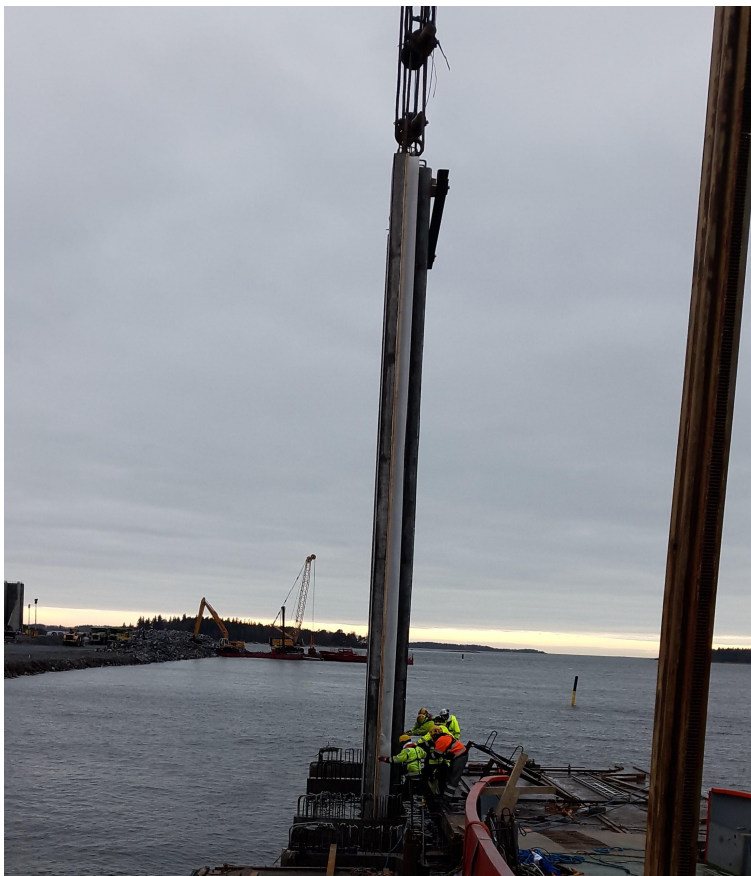


KUVA 19. Kulmatukielementin asennus käynnissä

S-elementtien asennus sinällään on yksinkertaista ja nopeaa k-elementteihin verrattuna. Kun valmistelevat työt ja mittaukset on tehty hyvin ja huolellisesti, niin nopeimmillaan s-elementin asennus nostoapuvälineiden kiinnityksestä niiden irrotukseen vie noin puoli tuntia. S-elementin asennus on täysin riippuvainen k-elementtien sijainneista ja asennoista. K-elementit eivät siis saa olla ristissä toisiinsa verrattuna, eikä niiden väli saa olla liian suuri tai pieni. S-elementteihin on jo valmistusvaiheessa asennettu ylä- ja alapäiden ohjauspalkit niiden oikean sijoittumisen ja paikallaan pysymisen varmistamiseksi. Molempien palkkien tarkoitus on sama, eli varmistaa, että s-elementin etuseinä tulee samaan linjaan k-elementteihin nähden. Ilman ohjauspalkkeja s-elementti voi esimerkiksi olla alapäästään taaempänä, ja näin ollen nojata yläpäästään k-elementtiin. Tällaisessa tapauksessa suunniteltujen saumavalujen käyttötarkoitus elementtilinjan tiivistämiseksi ei toteudu, ja elementtien suunniteltua toimivuutta ei saavuteta.

S-elementtien asennuksessa ehkä tärkeintä on valvoa niihin kiinnitettyjen saumavalupussien ehjänä säilyminen asennuksen loppuun asti. Suurin vaara niiden rikkoutumiseen on repeytyminen asennuksen aikana. S-elementin tulee roikkua vapaana oikealla kohdallaan,

suoraan k-elementtien yläpuolella, ennen s-elementin laskun aloittamista. Asennusvaiheessa s-elementti voidaan tuoda nosturin avulla nojaamaan kulmaelementtejä päin mahdollisen heilumisen rauhoittamiseksi. Kuitenkin ennen laskun aloittamista s-elementti on otettava irti k-elementeistä. Näin vältetään valupussien tai niiden kiinnityksien rikkoutuminen, kun s-elementti ei raahaa k-elementtiä pitkin laskettaessa. Toinen huomioon otettava asia on itse valupussit. Ne on valmistettu suodatinkankaasta, joten ne ovat herkkiä repeytymään. Repeytyneestä valupussista pääsee saumavalun yhteydessä betoni valumaan mereen, ja niiden korjaaminen jälkeinpäin on vaikeaa ja hidasta. Pussin repeytymiseen suurin aiheuttaja on k-elementtien siipimuurien yläpäissä olevat tartuntateräkset, joiden päät saattavat takertua valupussiin, ja silloin ne saattavat repiä pussin rikki s-elementin laskuvaiheessa. Tarkkaavaisuudella ja huolellisuudella asennustyössä tämä on kuitenkin helposti vältettävissä joko taivuttamalla teräksiä tai korjaamalla nosturin avulla s-elementin asentoa laskuvaiheessa.



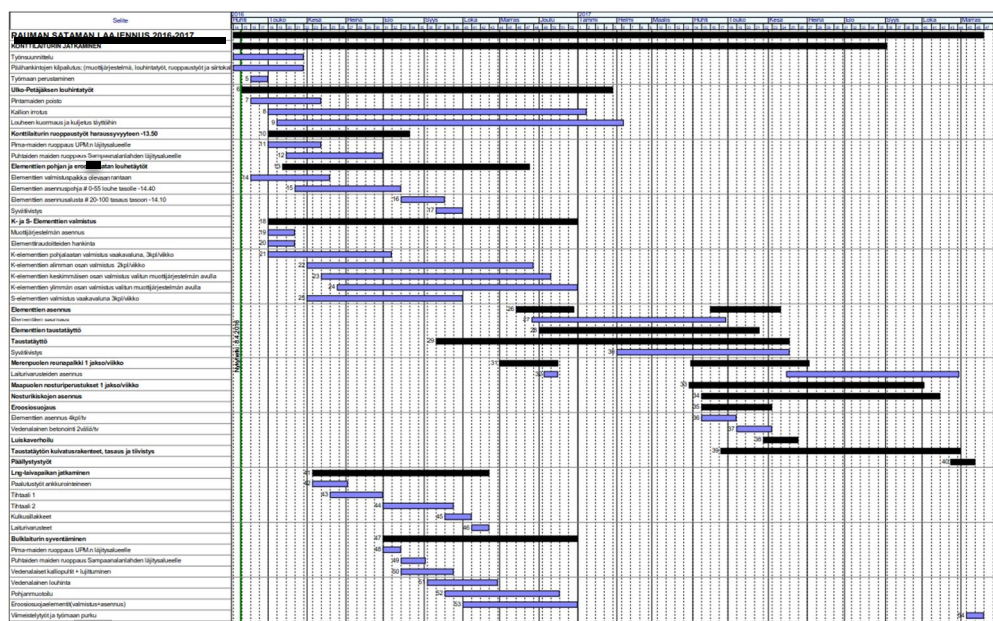
KUVA 20. Ensimmäisen saumaelementin asennus

4 TOTEUTUSAIKATAULU

4.1 Aikataulutuksen lähtökohdat

Aikataulutus on projektin läpiviemiselle elintärkeässä asemassa. Projektin läpiviemiseksi tehdään yleisaikataulu, joka toimii myös niin ohjekarttana kuin selkärankana projektille ja sen läpiviemiseksi. Yleisaikataulu kertoo, mitä kulloinkin tulisi olla työnalla projektin tavoitteiden saavuttamiseksi. Aikataulut tehdään myös ennen kaikkea työnjohdon apuvälineeksi, jotta tiedetään, milloin ja missä eri työvaiheiden tulisi olla. Aikataulujen suunnittelussa tulee olla realistinen, ja tiedostaa työlle ja sen valmistumiselle asetetut tavoitteet. Aikataulun tarkoitus ei ole olla epärealistinen ja mahdoton toteutuksen kannalta. Aikataulun avulla seurataan ja valvotaan työmaan edistymistä.

Lähtökohtana aikataulujen suunnittelussa on varata riittävästi aikaa ja resursseja eri työvaiheiden ja projektin läpiviemiseksi. Aikataulujen avulla voidaan varautua myös mahdollisiin häiriötilanteisiin esimerkiksi sään tai sairastumisen vuoksi. Aikataulun merkityksen kannalta on tärkeää, että se on uskottava ja realistinen, sekä kaikkien nähtävillä. Aikataulujen merkitys on korostunut ja korostuu entisestään työmaiden ja urakoiden aikataulujen kiristyessä. Aikataulua ei tule suunnitella niin kireäksi, että työn laadusta joudutaan tinkimään tavoitteiden saavuttamiseksi. Aikatauluja on käytettävissä useita eri malleja, joista yleisin lienee jana-aikataulu.



KUVA 21. Jana-aikataulukaaavio projektin yleisaikataulusta

4.2 Käytetyt aikataulumallit

Yleisaikataulu suunnitellaan päätoteuttajan toimesta, ja se kattaa työmaan alusta loppuun. Useimmiten yleisaikataulukin suunnitellaan jana-aikatauluna. Yleisaikataulu tehdään jo rakennussuunnitteluvaiheessa, jota tarkennetaan ja seurataan projektin edetessä.

Hyvin laaditun yleisaikataulun perusteella voidaan eri työvaiheiden aikataulut ja niiden vaatimat resurssit suunnitella hyvin ja toteutuskelpoisesti. Aikataulun perusteella arvioidaan ja suunnitellaan eri toteutusvaihtoehdot välitavoitteiden saavuttamiseksi. Aikataulun suunnittelun lähtökohtina yleensä toimivat rakennuttajan vaatimat välitavoitteet.

Yleisaikataulun tueksi suunnitellaan työvaiheaikataulu. Elementtien valmistamisessa työvaiheaikataulu tehtiin yleisaikataulussa niille laaditun ajan perusteella. Elementtien muotokierrot, valupäivät, sekä miestyöresurssit laadittiin työvaiheaikatauluun sen perusteella. Myös raudoitustyöt suunniteltiin työvaiheaikatauluun muotokierron mukaiseksi.

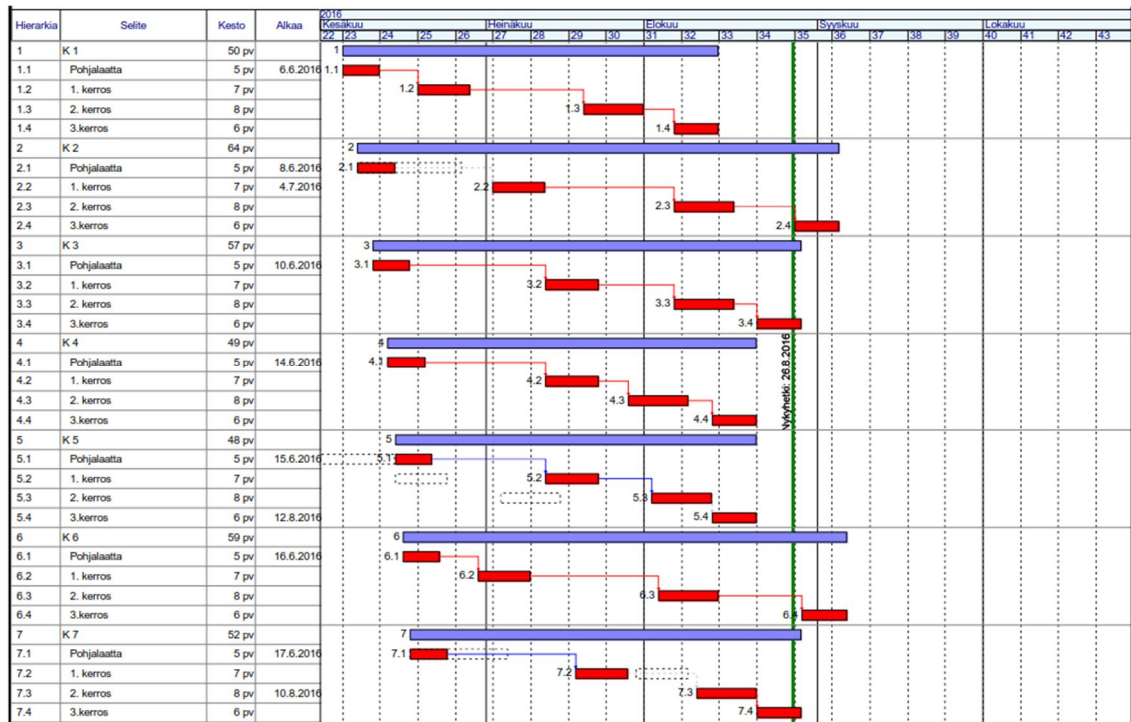
Kun aikaisempaa kokemusta elementtien valmistamisesta ei ollut, niin työvaihekohtaiset aikataulut laadittiin aliurakoitsijoiden kanssa keskusteltujen suoritemäärien mukaiseksi. Jo alkuvaiheessa huomattiin tämän olevan liian tiukka aikataulu, joka ei juuri jättänyt varaa häiriötekijöille. Esimerkkinä häiriötekijä, joka vaati loppujen lopuksi yllättävän paljon aikaa, oli merenrantatyömaalle tyypilliset sääolosuhteet, etenkin tuulipäivät. Esimerkiksi k-elementtien muotti- ja raudoitustyöt olivat lähes kokonaan riippuvaisia nosturin käytettävyydestä, eikä nosturia voinut tuulipäivinä käyttää. Työvaihekohtaisen aikataulun pettäessä korjaaviin toimenpiteisiin tulee ryhtyä välittömästi. Ensin on todettava tilanne realistisesti, ja käytävä läpi korjaavat toimenpiteet aikataulun saavuttamiseksi, ja valvottava sen toteutumista. Aikataulun kireminen yleensä tarkoittaa kustannusten kasvua resurssien lisäämisen myötä.

Elementtien valmistamisessa työvaiheaikataulut oli jaettu kolmeen osaan: muotti-, raudoitus ja betonointitöihin. Työvaihekohtainen jako olisi ollut hyvä ja toteutuskelpoinen, mikäli suunnitellut työsuoritemäärät olisivat olleet realistiset. Jo ensimmäisen tuulipäivän jälkeen oli huomattavissa aikataulujen kestättömyys häiriötekijöiden suhteen. Häiriötekijöihin tulisi osata varautua aikataulun suunnittelussa ja toteutuksessa jo muotokiertoja suunniteltaessa. Raudoitustyö oli ainoa työvaihe, joka ei ollut täysin riippuvainen nosturin käytettävyydestä. Mikäli nosturia ei ollut käytettävissä, se vain hidasti raudoitusta teräksien siirtelyjen hidastumisen myötä. Toki oli betonointikin riippumatonta nosturista,

mutta betonoitavaa ei ole, ellei raudoitus- ja muottityö etene suunnitellusti. Elementtien valmistuksessa tämä johtaa siihen, kun toisistaan riippuvaisista työvaiheista toinen etenee ja toinen ei, että elementtien valmistumisen kannalta elintärkeä muottikierto pysähtyy. Muottikierron pysähtyminen aiheuttaa vääjäämättä aikataulusta jäämistä.

Muottikierron kestävyyttä häiriötekijöihin voidaan parantaa tarkastelemalla sen heikoimpia kohtia, joka tässä tapauksessa on muottikierron pysähtyminen tuulipäivinä. Tuulipäivän aikana on mahdollista saada valmiiksi useampia raudoitekokonaisuuksia, riippuen raudoitusurakoitsijan miestyöresursseista ja työsuoritemääristä. Toisena häiriötekijänä voisi ottaa vastapainoksi raudoitustyön pysähtymisen. Raudoitustyön pysähtymisen voi aiheuttaa esimerkiksi tiettyjen rautojen loppuminen työmaalta joko tilaus- tai toimitusongelmista johtuen. Myös väärin asennettujen rautojen paljous voi johtaa teräksien loppumiseen. Tässä tapauksessa muottityö pysähtyy, ja jälleen jäädään aikataulusta.

Näihin häiriötekijöihin varautuminen on helposti saavutettavissa niin, ettei siitä aiheudu ylimääräisiä kustannuksia eikä aikataulujen kiristymistä. Elementtien valmistuksessa nämä asiat huomioon ottaen olisi voitu tehdä kaksi tai kolme työvaihetta varamestoiksi. Esimerkkinä voidaan ottaa pohjalaattojen ja ensimmäisten kerrosten valmistus. Pohjalaattojen muottityöt ovat nopeita toteuttaa, mutta niin kuin ensimmäisessäkin kerroksessa, raudoitustyöt vievät suhteessa enemmän aikaa. Tekemällä valmiiksi riittävän monta pohjalaatan muottia, varmistetaan raudoitustyön jatkuminen häiriötekijöistä huolimatta, olettaen, että teräksiä on työmaalla. Lisäksi pohjalaattojen muottityöt voidaan tehdä ilman nosturia. Kun työmaan edetessä tullaan siihen vaiheeseen, että kaikki pohjalaatat ovat valmiina ja betonoituna, tulisi ensimmäisten kerrosten sisämuotteja olla valmiina niin, että raudoitustyöt voivat jatkua tuulipäivistä riippumatta, sekä valmiita raudoitesuoritteita tulisi olla valmiina niin, ettei teräksien loppuminen aiheuta muottikierron pysähtymistä. On hyvä olla valmiina mestoja raudoituksen aloittamiselle, eli sisäkierrot valmiina sekä valmiita raudoitteita tuplaukselle. Jos tästä huolimatta tulee töiden etenemisen estymisiä ja aikataulusta jäämistä, olisi silti pyrittävä pitämään kiinni suunnitellusta muottikierrosta, ja mietittävä muita korjaavia toimenpiteitä aikataulun saavuttamiseksi. Aikatauluja suunniteltaessa on tiedostettava eri urakoitsijoiden resurssit ja pidettävä työsuoriteodotukset realistisena.



KUVA 22. Elementtikohtaisesti rakennusvaiheittain jaettu jana-aikataulukkaavio

5 Pohdinta

Työvaihekohtaisesti lähes jokaisesta työvaiheesta löytyy jotakin, mitä voisi tehdä toisin alkaen elementtien valmistamisesta, ja päättyen reunamuurin suojaparrujen kiinnitykseen. Kustannuksien kannalta muutamina suurimpina korjattavina työvaiheina olisivat kulmatukielementtien valmistuksen kokonaisuuden hallinta alkaen teräksien tilaamisesta ja niiden varastoimisesta, sekä oikean muottikierron suunnittelu, ja oikeiden miestyöressurssien varaaminen nostureineen jokaiselle työvaiheelle. Oikeisiin asioihin ja nyt tiedostettuihin riskitekijöihin elementtien valmistuksessa huomiota kiinnittämällä kustannuksien pitäminen lasketuissa rajoissa onnistuisi paremmin ja hallitusti.

Toisena osa-alueena, missä ehdottomasti pitäisi onnistua paremmin, on elementtien asennuspohjan laatu. Asennuspohjan laatu on oikeastaan ainoa asennustyön nopeuteen vaikuttava tekijä. Elementtien asennus venyi alkuperäisesti suunnitellusta aikataulusta asennuspohjan epätasaisuudesta johtuen. Parhaana päivänä asennettiin yhteensä jopa viisi elementtiä. Elementtien asennukseen suunniteltu alkuperäinen aikataulu olisi ollut saavutettavissa, mikäli asennuspohja olisi mahdollistanut elementtien asentamisen asennustoleranssien mukaisesti. Valitettavasti muutama elementti jouduttiin jopa nostamaan pois asennuksen jälkeen, ja muutamaa elementtiä ei useista yrityksistä huolimatta saatu asennettua asennuspohjan epätasaisuudesta johtuen. Tässä vaiheessa asennuspohjan korjaaminen on kallista ja aikaa vievää, ja ennen kaikkea sellaista työtä, jota ei missään nimessä pitäisi enää tässä vaiheessa joutua tekemään. Asennuspohjan murskeenajo ja syvätiivistys saatiin tehtyä onnistuneesti, mutta pohjan tasausta ei. Lisäksi pohjan mahdollinen epätasaisuus korostuu myös eroosiolaatan betonoinnin yhteydessä. Epätasaisen pohjan johdosta myös betonimenekki voi kasvaa odottamattomasti useilla sadoilla tai jopa tuhannella kuutiolla.

Pohjan tasaukseen menetelmänä käytetty palkkihara olisi varmasti ollut hyvä, mutta tällä työmaalla käytetty oli aivan liian kevyt rakenteiltaan. Käytettävän haran jalkojen tulisi olla niin jykevät, etteivät ne taivu asennuspohjan mursketta lanatessa. Lisäksi lautauksen tulisi olla niin raskas, ettei se nouse lanattavan sorapatjan päälle. NykYTEKNOLOGIALLA pitäisi myös olla mahdollista seurata haran syvyyttä digitaalisilla menetelmillä ilman, että mitamies seisoo lautalla koko harauksen ajan.

Lisäksi nostaisin vielä esiin elementtien saumojen valun. Tältä työmaalla käytetty menetelmä oli ideana hyvä, mutta muutamalla muutoksella sen toteutukseen voidaan tulevaisuudessa sen onnistuneen suorituksen myötä säästää tuhansia euroja. Pussien valmistuksessa tulisi ottaa huomioon, että niistä varmasti tulee riittävän isoja, jotta betonoitaessa pussi tiivistää elementtien välin suunnitellulla tavalla, ja täyttää siltä vaaditut toiminnalliset ominaisuudet. Lisäksi pussien kiinnitykseen käytetty 50 * 50 mm puutavara oli vahvuudeltaan ja kiinnityksiltään riittämätön. Pussit olisi pitänyt kiinnittää vähintään 50 * 100 mm puutavaralla, ja mahdollisesti vielä 25 * 100 mm lauta naulattuna 50 * 100 mm puutavaraan kiinni, mikäli suunnittelija hyväksyy työtavan. Tällä tavalla varmistettaisiin sauman riittävä auki pysyminen valun onnistumiseksi. Taustatäyttö sekä sen syvätiivistys puristavat s-elementit niin lujaa k-elementteihin kiinni, että 50 * 50 mm puutavara ei kestä puristusta riittävästi. Elementtien saumat puristuvat niin kiinni toisiinsa, että yläpuolelta suunnitelluksi tehtävä valu ei onnistu, vaan sauma joudutaan muotittamaan ulkopuolelta, ja valamaan sukellustyönä. Tämä menettely on kallista ja hidasta ottaen huomioon, että sukellustyötä joudutaan tekemään 14 metrin syvyydessä, joka vähentää sukeltajan sallittua sukellusaikaa huomattavasti.

Palatakseni elementtien asennukseen ja asennuspohjan onnistumisen tärkeyden korostamiseen, päästään seuraavaan ja viimeiseen työvaiheeseen, josta on hyvä ottaa opiksi. Elementtien asennus on työmaan onnistumisen kannalta ehkä tärkein työvaihe. Mikäli elementtien asennus ei onnistu huonon pohjan seurauksesta, näkyvät sen vaikutukset vielä reunamuurinkin valmistuksessa. Elementtien sekä korkeus- sekä etäisyyspoikkeamat suunniteltuun laiturinlinjaan nähden aiheuttavat runsaasti lisätöitä niin raudoitus- kuin muottitöissäkkin. Reunamuurin betoni- ja teräsmäärien kasvu, joka johtuu tilanteen korjaamisesta ja rakenteen oikean toimivuuden varmistamisesta, aiheuttavat ylimääräisiä ja laskemattomia kustannuksia pääurakoitsijalle.

Reunamuurilaiturin ja kulmatukielementtien valmistaminen on haastava, resursseja vaativa, sekä työvaihekohtaisesti vaativa projektikonaisuus. Projekti vaatii alusta loppuun hyvää ennakkosuunnittelua ja varautumista eri häiriötekijöihin. Satamarakentaminen ja yleisesti vesistöarakentaminen on vaativa ala. Erityisesti satamarakentamisesta on vähän kirjoitettua tietoa. Niinpä se useimmiten perustuu eri kokemusten soveltamiseen muista kohteista. Mielestäni tämän projektin valmiiksi saattaminen oli onnistuminen kaikilta siihen osallistuneilta henkilöiltä. Projektin johdolla ei ollut aikaisempaa kokemusta kulmatukielementtien valmistamisesta, niiden asentamisesta, tai reunamuurin valmistamisesta.

Kulmatukielementtien valmistuminen aikataulussa oli suurien ponnistelujen takana, ja siihen vaadittiin paljon niin projektin työnjohdolta kuin siihen osallistuneilta rakennusammattimiehiltäkin. Aikataulujen seuranta ja sen myötä kustannusten seuranta eivät olleet riittävällä tasolla projektin taloudellisen onnistumisen kannalta. Projektin aikana kohdattuihin ongelma-kohtiin ei löytynyt ratkaisua aikaisemman kokemuksen perusteella. Niinpä välillä toisten ongelmien ratkaisun löytämiseksi ja työn etenemiseksi löydetty ratkaisut eivät välttämättä olleet taloudellisesti parhaita mahdollisia. Kuitenkin tästä projektista on otettu paljon opiksi, ja toivottavasti tästä opinnäytetyöstä saadaan hyödyllistä tietoa tulevien laiturityömaiden onnistuneen kokonaisuuden saavuttamiseksi.

Yhteenvetona tältä työmaalta voisin kiteyttää, että hyvällä ja huolellisella työsuunnittelulla ja toteutuksilla on mahdollista säästää suuri määrä kustannuksia projektin aikana. Toki paljon oli asioita ja työvaiheita ilman aikaisempaa kokemusta, jolloin tuli vastaan tilanteita ja ongelmia, joihin ei mitenkään olisi voitu osata varautua. Elementtien asennuspohjan tekeminen olkoon hyvä esimerkki siitä. Haasteista ja muutamista ongelmista huolimatta projekti saatettiin valmiiksi aikataulussa, ja laituri on virallisesti otettu käyttöön. Ilman muuta lähtisin seuraavaan laituriprojektiin tästä paljon oppineena toteuttamaan niitä opittuja asioita. Haluankin kiittää opinnäytetyön toimeksiantajaa mielenkiinnosta ja opettavasta projektista, josta on varmasti jatkossa hyötyä myös itselleni.



KUVA 23. Valmis reunamuurilaituri

LÄHTEET

Destia Oy. 2018. Vuosikertomus 2017. Luettu 4.5.2018. https://www.destia.fi/media/vuosikertomus-2017/destia_vuosikertomus_2017.pdf.

Kunnassaari, E. 2017. Liukuvalutyöt. Betonityönjohtajan ja valmisbetonityönjohtajan pätevyyskoulutus 19.1.2017. Terramare Oy. Vantaa.

Pitkälä, M. 2015. Työselitys: Konttilaiturin laajennus. 4.11.2015.

RIL 236-2006. Satamalaiturien kunnon hallinta. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry.

Suomen Betoniyhdistys. 2004. BY 50 Betoninormit 2004. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Suomen Betoniyhdistys. 2004. BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2004. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

Suomen Betoniyhdistys. 2016. BY 65 Betoninormit 2016. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

Terramare Oy. 2012. Terramare-tänään. Terramare Oy:n tiedotuslehti. Nro 01 kesä 2012. Luettu 15.4.2018. https://terramare.boskalis.com/uploads/media/bt_terramare_t_nro_01_2012_web.pdf.