

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikan insinööri

Muotoilu

2023

Teemu Hannula ja Anttoni Pulli

**Suuren rakenneyksikköön
vaikutus kuormitukseen
laivateollisuuden modulaarisessa
lohkorakentamisessa**



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2023 | 47 sivua, 1 liitesivu

Anttoni Pulli ja Teemu Hannula

Suuren rakenneyksikköön vaikutus kuormitukseen laivateollisuuden modulaarisessa lohkorakentamisessa

Tämä opinnäytetyö tehtiin Meyer Turku Oy:lle, runkosuunnittelu osastolla. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, onko suuremman rakenneyksikön, eli maxilohkon, käyttö modulaarisessa laivanrakennuksessa kustannustehokasta. Työssä pyrittiin selvittämään maxilohkon vaikutuksia laivanrakennusprosessin eri vaiheissa ja millaisia hyötyjä tai haittoja niiden valmistamisesta koituu.

Työ aloitettiin avaamalla koko laivanrakennusprosessia vaihe vaiheelta, ja kertomalla lyhyesti niiden sisällöistä. Varsinainen tutkimus suoritettiin haastattelemalla asiantuntijoita prosessin eri vaiheista. Haastattelut valittiin tutkimusvälineeksi, koska niistä saatiin tietoa ensi käden kokemuksista maxilohkojen parissa. Haastattelujen tueksi koottiin myös tietoa rungonkoontivaiheen arvioituista ja toteutuneista tunneista havainnollistamaan tuloksia.

Haastattelujen tuloksista ja asiantuntijoiden tiedonannoista päästiin lopputulokseen, että maxilohkoista on mahdollisuus hyötyä prosessin tietyissä vaiheissa, jos ne saadaan toteutettua vaaditulla laadulla aikataulun mukaisesti. Tämänhetkisillä resursseilla ja työkaluilla maxilohkojen valmistaminen tarvittavalla laadulla ja aikataulussa on haastavaa.

Asiasanat:

Rakenneyksikkö, laivanrakennusprosessi, runkotuotanto, varustelu

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2023 | 47 pages, 1 page in appendices

Anttoni Pulli and Teemu Hannula

The effect of a larger structural unit size on workload in modular shipbuilding

This thesis was commissioned by Meyer Turku Oy Hull Detail Design department. The objective of the thesis was to investigate whether the use of a larger structural unit size, namely a maxiblock, is cost-effective in modular shipbuilding. The thesis aimed to explore the impact of maxiblocks at different stages of the shipbuilding process and identify the benefits or drawbacks associated with their manufacturing.

The study began by analyzing the entire shipbuilding process step by step and providing brief descriptions of each stage. The actual research was carried out by interviewing experts in different phases of the process. Interviews were chosen as the research tool because they provided information from first-hand experiences with maxiblocks. In addition to the interviews, data on estimated and actual hours for the hull assembly phase were collected to support the results.

Based on the results found in the interviews, the conclusion was reached that maxiblocks have the potential to be advantageous in certain stages of the process if they can be manufactured with the required quality and within the set schedule. With the current resources and tools, manufacturing maxiblocks with the necessary quality and within the set schedule is challenging.

Keywords:

Structural unit, shipbuilding process, Hull production, Outfitting

Sisältö

Käytetyt lyhenteet ja sanasto	7
1 Johdanto	9
1.1 Opinnäytetyön tavoitteet	9
1.2 Toimeksiantajan esittely	9
2 Laivanrakennusprosessi	11
2.1 Suunnitteluprosessi	12
2.1.1 Perussuunnittelu	12
2.1.2 Valmistussuunnittelu	14
2.1.3 Nostosunnittelu	15
2.1.4 Työsuunnittelu	16
2.2 Runkotuotanto	17
2.2.1 Osavalmistus	17
2.2.2 Lohkonkoonti	19
2.2.3 Suurlohkonkoonti	20
2.2.4 Maxilohkojen koonti	21
2.2.5 Rungonkoonti	22
2.3 Varustelu	23
2.4 Modulointi ja rakenneyksiköt	25
3 Maxilohkot laivanrakennusprosessissa	27
3.1 Tutkimusmenetelmät	27
3.2 Tiedonhankintaprosessin tulokset	27
3.2.1 Maxilohkojen vaikutukset perussuunnittelun ja projektiorganisaation työhön	28
3.2.2 Maxilohkojen vaikutukset runkotuotantoon ja rungonkoontiin	28
3.2.3 Maxilohkojen vaikutukset varusteluprosessissa	33
3.2.4 Maxilohkojen vaikutukset nostoprosessiin	35
3.2.5 Tulosten yhteenveto	37
4 Pohdinta ja kehitysehdotukset	39

5 Yhteenveto	43
Lähteet	45

Liitteet

Liite 1. Haastattelukysymykset.

Kuvat

Kuva 1. Laivanrakennusprosessin kaavio	11
Kuva 2. Esimerkki T- palkki.	18
Kuva 3. Esimerkki kootusta lohkosta valmiina käännettäväksi.	19
Kuva 4. Esimerkki nelikerroksisesta suurlohkosta.	20
Kuva 5. Esimerkki pystymaxilohkosta.	22
Kuva 6. Esimerkki rungonkoonnin järjestyksestä.	23

Kuviot

Kuvio 1. Laivan kaikkien suur- ja maxilohkojen prosenttimäärä ylitykset arvioiduista tunneista.	31
Kuvio 2. Samantyyppisien suur- ja maxilohkojen tuntien ylityksiä arvioitujen ja toteutuneiden tuntien välillä.	32
Kuvio 3. Suur- ja maxilohkojen osuudet arvioidun tuntimäärän ylittäneistä tunneista.	33

Taulukot

Taulukko 1. Maxilohkon vaikutus jokaisessa laivan rakentamisen prosessissa 38

Käytetyt lyhenteet ja sanasto

Sanasto

FEM-työ	Rakenteen elämisen ja jännitysten laskeminen
Jäykiste	Pitkittäinen rakenteellinen osa runkorakenteessa
Jäykistäjä	Osa, joka jäykistää rakennetta, esimerkiksi profiili
Kansi	Laivan primäärinen horisontaalinen rakenne
Köli	Laivan pohjan rakenne, joka vakauttaa laivan kulkua
Laipio	Seinärakenne, jolla on myös jäykistävä tarkoitus laivan rungossa
Lohkoraja	Kahden lohkon välinen raja
Massoitus	Kannen päälle levitettävä massa
Maxilohko	Suurlohkoista muodostuva suurempi rakenneyksikkö
Nostokorva	Väliaikainen nostoa varten asennettu osa, johon nosturin koukut kiinnitetään
Paneeli	Levymainen rakenneosa
Pilari	Kansien välinen tukirakenne

Rihtaus	Teräslevyrakenteen kuumentamalla	oikaisua
T-palkki	Jäykistävä rakenne, joka koostuu kahdesta osasta: Uuma ja laippa	
Työvara	Rakenteeseen tuleva lisämitta, käytetään paikkaamaan suurempia poikkeamia kuin ylimitta	
Ylimitta	Rakenteeseen tuleva mittapoikkeamia korjaava lisämitta	

Lyhenteet

PES	Perussuunnittelu
VAS	Valmistussuunnittelu

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyömme keskittyy tutkimaan suuren rakenneyksikön, eli maxilohkon, vaikutusta kuormitukseen laivateollisuudessa. Tutkimuksen taustalla on tarve selvittää, onko Turun telakalla kannattavaa rakentaa näitä suuria maxilohkoja, vaikka uusi pukkinosturi mahdollistaakin niiden valmistuksen?

Alussa avaamme laivanrakennuksen prosessia, syventäen ymmärrystä siitä, miten maxilohko muodostuu osaksi laivanrakennusta. Tutkimuksemme tulee perustumaan haastatteluihin ja dokumentoituihin tietoihin, joita keräämme Meyer Turku Oy:n työntekijöiltä. Pyrimme hankkimaan kattavan kuvan maxilohkon roolista laivanrakennuksessa ja arvioimaan sen vaikutusta kuormitukseen laivateollisuudessa, erityisesti Turun telakan näkökulmasta. Tämän tutkimuksen tavoitteena on tarjota hyödyllistä ja merkityksellistä näkökulmaa päätöksentekoon tulevaisuudessa Turun telakan modulaarisessa laivanrakennuksessa.

1.2 Toimeksiantajan esittely

Meyer Turku Oy on Turun Pernon telakalla toimiva perheyriutus, jonka pitkä historia laivanrakennuksessa ulottuu 1700-luvulle asti. Yritys työllistää noin 2000 ammattilaista työntekijää. Meyer Turku Oy kuuluu maailman moderneimpiin ja suurimpiin telakoihin, ja se erikoistuu vaativien ympäristöystävällisten risteilyaluksien, autolauttojen ja erikoisalusten rakentamiseen. Meyer Turku vastaa noin 12%:ta maailman kaikista rakennetuista risteilyaluksista. (Meyer Turku Oy 2022.)

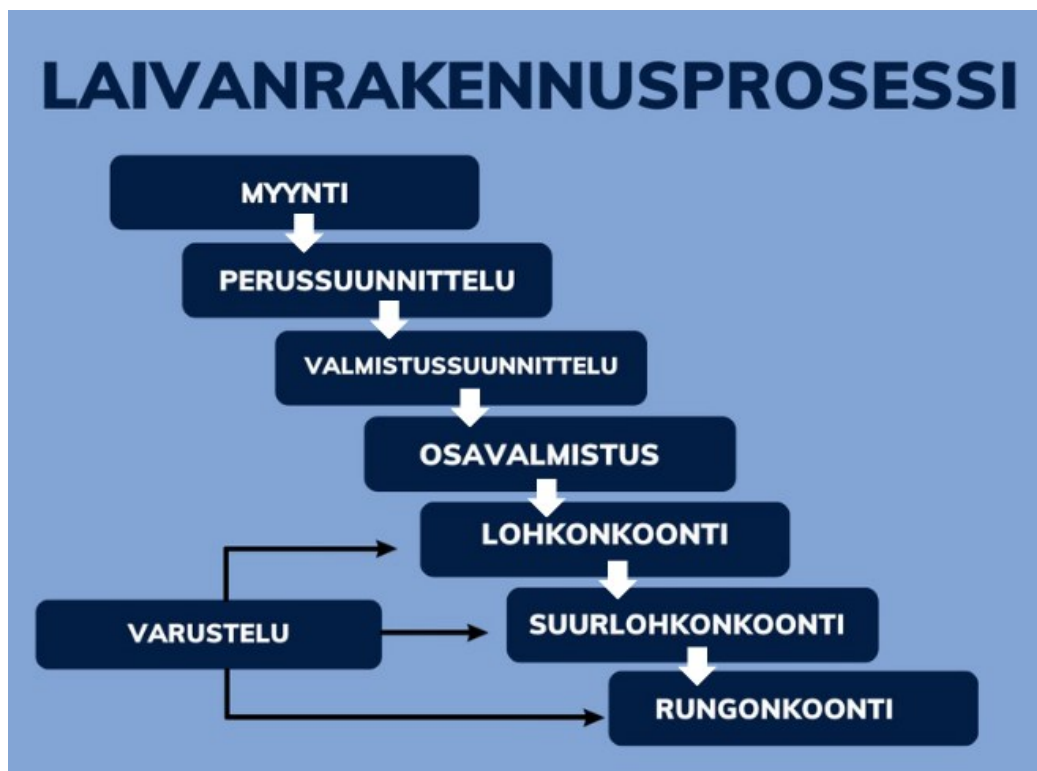
Meyer Turku Oy:llä on toiminnassaan mukana monia tytäryhtiöitä ja alihankkijoita, joihin kuuluvat esimerkiksi sen tytäryhtiöt: Piikkiö Works Oy, joka

suunnittelee ja rakentaa hyttejä, Shipbuilding Completion Oy, joka on ristelyalusten sisustusalueiden kokonaistoimittaja ja ENG'nD Oy, joka on offshore-alan suunnitteluyritys. (Meyer Turku Oy 2023.)

Meyer Turku Oy on osa Meyer Groupia, johon kuuluvat sen lisäksi Saksassa toimivat telakat Meyer Werft ja Neptun Werft. Meyer Group työllistää yhteensä noin 7000 työntyöntekijää. (Meyer Turku Oy 2023.)

2 Laivanrakennusprosessi

Laivanrakennusprosessi on merkittävä kokonaisuus, joka etenee suunnitelluista vaiheista aina valmiin kokonaisuuden syntyymiseen. Se alkaa tarkoin hiotusta suunnitteluvaiheesta, jossa laivan konsepti luodaan. Tämän jälkeen siirrytään runkotuotantoon, missä eri vaiheissa käytetään kehittyneitä tekniikoita rungon rakentamiseen. Sen jälkeen edetään rungonkoontiin, missä eri osat yhdistyvät saumattomaksi kokonaisuudeksi. Runkotuotannosta aina laivan luovutukseen saakka suoritetaan varusteluvaihetta, jossa laivaa varustellaan kaikilta osin valmiiksi kokonaisuudeksi. Tekstissä tutustumme tarkemmin näiden vaiheiden merkitykseen ja niiden yhteiseen vaikutukseen laivanrakennusprosessissa.



Kuva 1. Laivanrakennusprosessin kaavio

2.1 Suunnitteluprosessi

Laivanrakennusprosessi, joka tähtää tuotantoon ja käytännön toteutukseen, voidaan katsoa alkaneen sillä hetkellä, kun laivaa tilaavan varustamon ja tarjoavan tai rakentavan telakan välille on syntynyt tilaussopimus (Kuva 1.) Tilaussopimukseen liittyy niinsanottu laivaerittely, jota hyödynnetään seuraavissa työvaiheissa, jotka ovat perussuunnittelu (PES) ja valmistussuunnittelu (VAS), ja näihin suunnitteluvaiheisiin sisältyy tärkeät yksityiskohtaisemmat suunnittelun vastuualueet. (Meyer Turku 2020.)

Laivaerittely on yksi merkittävimmistä sopimusasiakirjoista, joka tarkasti kuvaa uuden aluksen ominaisuudet ja määrittelee kaikki suunnittelun ja rakentamisen vaiheet. Käytännöllinen ja looginen erittely on avain sujuvaan, virheettömään ja kustannustehokkaaseen aluksen rakentamiseen, kun taas epätarkkuudet, virheet tai epäjärjestys voivat aiheuttaa viivästyksiä ja kustannuksia kaikille osallisille. (Wärtsilä 2023.)

Projektin suunnittelusta tuotantoon, materiaalien tilauksesta laivan rakentamiseen ja lopulta luovuttamiseen varustamolle valvoo projektia varten pystytetty projektiorganisaatio. Tämä tiimi yleensä yhdessä yrityksen muun organisaation kanssa, asettaa selkeät tavoitteet, seuraa niiden toteutumista, aikatauluttaa, budjetoi ja resursoi projektin. Projektiorganisaatio mahdollistaa yrityksen muun organisaation kanssa projektin valmiiksi saattamisen, sekä toimii tiiviissä yhteistyössä tilaajan, sekä rakennusta ja suunnittelusta valvovien viranomaisten kanssa. (Meyer Turku 2020.)

2.1.1 Perussuunnittelu

Perussuunnitteluvaihe käynnistyy, kun myynnin projektiryhmät ovat saaneet sopimuksen aikaiseksi ja tuottaneet laivan tekniset tiedot. Nämä ovat lähtötietoja perussuunnittelulle, joka määrittelee laivan yleisen rakenteen. Suunnitteluvaihe voidaan usein jakaa kolmeen eri pääalueeseen eli tilasuunnitteluun,

systemisuunnitteluun ja runkosuunnitteluun. Näissä vaiheissa suunnitellaan ja luodaan olennaisia tietoja laivaprojektiin, kuten esimerkiksi runkomuoto, aukkojen paikat, päärakennejärjestelyt, kansirakenteiden geometriat, tietoja lujuuksista, raskaat laitteet laivassa ja materiaalihankinnat. Kaikkiin pääalueisiin nimetään yhteishenkilöt, jotka vastaavat työn kulusta ja aikataulutuksesta. Kommunikaatio on erittäin tärkeää kaikkien suunnitteluvaiheiden välillä projektin onnistumisen kannalta.

Tilasuunnitteluvaiheessa yleensä määritellään seuraaville suunnitteluvaiheille tarvittavat lähtö- ja perustiedot, ja luodaan 3D-laivamalli CAD-ohjelmalla. Suunnitteluvaiheessa pyritään luomaan systemisuunnittelulle perustiedot esimerkiksi sijaintivaatimuksista ja tilojen käyttötarkoituksista. Runkosuunnittelun sijaan saa lähtötietoja mitoituksista liittyen tiloihin, aukkoihin, ikkunoihin ja oviin.

Systemisuunnittelussa hyödynnetään saatuja lähtötietoja, jonka perusteella lähdetään määrittelemään laivaprojektiin tarvittavia kaavioita, järjestelmiä ja laitteita. Systemisuunnittelu yleensä kulkee runkosuunnittelun kanssa käsi kädessä ja hyödyntää myös runkosuunnittelulta saatuja tietoja. Näiden perusteella luodaan putkien ja kanavien uudet reititykset, laivan tulevien laitteiden paikat ja painot, sekä myös mitoitetaan eri järjestelmille toimivat paikat tilojen ja yhteyksien näkökulmasta. Näitä on esimerkiksi laitteiden korkeus, aukot, kuilut ja reitit. Systemisuunnittelussa myös lasketaan ja luodaan raportteja koskien laivaan kohdistuvista meluista, turvallisuusriskeistä ja värähtelyistä.

Runkosuunnittelussa keskitytään lähtötietojen pohjalta eniten rungon lujuusrakenteisiin, johon kuuluu kannet, laipiot, pilarit ja jäykisteet, joista muodostetaan laivan rungon perusmuodot. Runkosuunnittelussa täytyy ottaa myös huomioon muiden suunnitteluvaiheiden alueet ja luoda niille hyvät rakenteelliset pohjat, joita muokataan projektin edetessä tarpeiden mukaan. Runkosuunnitteluvaiheessa tehdään yleensä myös erilaisia lujuuslaskelmia, jotka voisivat vaikuttaa laivan runkoon.

Suunnitteluvaiheet etenevät sovitussa aikataulussa samaan tahtiin, ja kommunikointien avulla luodaan ja muokataan kaikki projektin työvaiheet

toimivaksi kokonaisuudeksi. Tämä edellyttää, että perussuunniteltu kokonaisuus hyväksytään lopulta turvalliseksi ja kaikki on muutenkin valmista, jotta lähtömateriaalit voidaan toimittaa laivaprojektissa eteenpäin valmistussuunnittelulle. (Meyer Turku 2020.)

2.1.2 Valmistussuunnittelu

Valmistussuunnittelu aloitetaan perussuunnittelun jälkeen. Siinä suunnitelmaan lisätään yksityiskohtaisempia rakenteellisia ratkaisuja ja suunnitelmia laivan rakentamiseksi. Tässä laivaprojektin vaiheessa tapahtuu rungon- ja varustelun valmistussuunnittelua. Prosessin kulkua ohjaa perussuunnitteluvaiheessa luodut laivan rakenteita ja järjestelmiä kuvaavat yleispiirustukset, yrityksen sisäiset ohjeet, sekä muut sääntelyt, kuten luokituslaitosten ja kattojärjestön IACS:n määräykset. Valmistussuunnittelu on perussuunnitteluvaihetta lähempänä tuotantoa ja painottuu tuotteen valmistuksen mahdollistamiseen käytössä olevien tuotantomenetelmien avulla. Rajapinnat seuraavien vaiheiden ja muiden toimialojen välillä, sekä tiedonsiirtokonventiot määrittävät suurelta osin valmistussuunnittelun laajuuden. Valmistussuunnittelussa lisääntyneiden sidosryhmien vuoksi korostuu usein hyvän yhteistyön tärkeys. (Meyer Turku 2020.)

Varustelun valmistussuunnittelun keskeinen tehtävä on keskittyä työpiirustusten laadintaan. Työpiirustusluettelot laaditaan suunnitteluosastoittain alue- ja lohkojakojen sekä rakennustapaselvitysten perusteella, yleensä perussuunnitteluvaiheen loppupuolella. Tuotannonsuunnittelija aikatauluttaa piirustukset ja määrittelee tarvittavat resurssit jokaiselle työtehtävälle. Työpiirustukset voidaan karkeasti jakaa kahteen ryhmään: valmistuspiirustuksiin ja asennuspiirustuksiin. Valmistuspiirustukset ohjaavat esivalmisteiden (kuten moduilit, putkiesivalmisteet ja koneikot) valmistusta. Esivalmisteet ovat yksilöllisiä tuotteita ja suunniteltu laivakohtaisesti, vaikka ne voivat sisältääkin standardiosia. Asennuspiirustukset vastaavasti sisältävät tiedot, jotka mahdollistavat tietyn

kokonaisuuden asentamisen paikoilleen. Piirustusten olennainen näkökulma on niiden räätälöinti tekijän tarpeisiin, tarkoittaen käytännössä laivakohtaista suunnittelua. Ennen työpiirtämisen käynnistämistä varmistetaan, että piirustusaineisto on täysin linjassa tuotannon tarpeiden kanssa. Työpiirustuksissa on välttämätöntä kiinnittää erityistä huomiota laivan rakennusaikaiseen työturvallisuuteen ja optimoida materiaalien kuljetusreitit. (Räisänen 2000, 36-1.)

Rungon valmistussuunnittelussa keskitytään mallinnustyöhön, jossa katsotaan että on tehty oikeat rakenneratkaisut, kuten hitsaukset, viisteet, liitokset sekä aukot. Samalla runkosuunnittelija luo työkuvia ja materiaalilistoja, jotka osoittavat aineiden oikeat vahvuudet ja laadut. Varustelun valmistussuunnittelun tehtävänä on antaa teräkseen tarvittavat aukkotiedot ja tuottaa aikaisemmin jo mainitut valmistus- ja asennuspiirustukset. (Meyer Turku 2020.)

2.1.3 Nostosuunnittelu

Laivanrakennuksessa välttämätöntä on kääntää ja nostaa paljon raskaita kokonaisuuksia ja ainakin Turun telakalla, näistä nostoista vastaa nostosuunnittelu. Nostosuunnittelun monivaiheinen prosessi alkaa lohkojen käännöstä tai niiden asettamisesta pukkien päälle. Jokaiselle lohkolle laaditaan tarkka kääntösuunnitelma, ja pukkinosturin vaijeripaikat suunnitellaan huolellisesti. Lisäksi nostosuunnittelu tuottaa korkeuserokompensaatiokuvat, jotka määrittävät lohkojen sijoituspaikat kääntämisen jälkeen.

Lohkovaiheessa on jo mahdollista lisätä nostotukia, jotka ovat olennainen osa suurten ja painavien kokonaisuuksien nostoprosessissa. Nostotuet ovat avainasemassa, sillä ne varmistavat rakenteiden säilymisen ehjinä kaikkien nostojen aikana. Nostotukien määrä lasketaan nostosuunnittelun toimesta ja se kasvaa kokonaisuuden koon ja painon mukaan. Mitä suurempi ja painavampi nostettava kohde on, sitä enemmän tarvitaan tukirautaa takaamaan turvallisen ja vakaan hallitun noston.

Nostosuunnittelu konkretisoi kaikki nostot nostopiirustuksiin ja suunnitelmiin. Näistä selviää tarkasti tukien määrä, nostokorvien sijoitus, kantavuus sekä se,

paljonko nosto saa painaa maksimissaan. Kentällä toimiva nostoryhmä noudattaa näitä suunnitelmia, varmistaen, että kaikki on kunnossa kuvien mukaan, ennen varsinaista nostoa. Tämä huolellinen suunnittelu ja yhteistyö takaa sen, että kaikki nostot sujuvat tehokkaasti ja turvallisesti. (Ohtonen & Salonen 2023.)

2.1.4 Työsuunnittelu

Työsuunnittelu eli tuotannon työohjeen ja tuotantosuunnittelun luonti, kuten muutkin laivanrakennusprosessin vaiheet, ovat jokaisella telakalla yksilöllisiä. Hyvin tehdyllä työohjeella saadaan ennaltaehkäistyä ja poistettua ongelmakohtia tuotannon vaiheissa, joka automaattisesti tekee työstä mielekkäämpää ja sujuvampaa. Ne auttavat myös perehdyttämään uusia työntekijöitä. Hyvä työohje on ytimekäs ja sisältää loogisesti projektin vaiheet ja siihen kuuluvat muut elementit, kuten mahdollinen paikan valitseminen, jossa työ tehdään ja sen aikataulut. (Makkonen, S. & Lavikainen, P. 2020.)

Esimerkiksi Meyer Turulla runkotuotannon työsuunnitteluun kuuluu neljä eri ryhmää, joilla jokaisella on oma tarkoituksensa ja tehtävänsä. Työsuunnittelun kohteena voidaan pitää yksittäistä lohkoa, joka käytetään koko prosessin läpi. Karkeasti selitettynä ensimmäisessä vaiheessa, eli rakennesuunnittelussa lohkolle määrätään sen valmistuspaikka, siihen kuluva työaika lasketaan ja luodaan tuotantoon työohjeita koontivaihetta varten. Tästä siirrytään valmistussuunnitteluun, jonka vastuulla on aineiston tarkistus, eli selvitys siitä, että kaikki tarvittava löytyy. Valmistussuunnittelu luo myös profiilierät, eli valmistuspiirustukset katkaistaville profiileille. Siitä päästään paneelilinjansuunnitteluun, jonka vastuualueena on kansipaneelien työsuunnittelu ja niiden varsinainen valmistussuunnittelu. Tästä syntyy paneelilinjojen tuotantoaineisto. Viimeisenä vaiheena on nestaus, eli paneelien

sijoittaminen levyateriaaleille, jotta ne voidaan polttaa oikean kokoisina ja muotoisina mahdollisimman tehokkaasti. (Meyer Turku 2017.)

2.2 Runkotuotanto

Laivanrakennuksen runkotuotanto on monivaiheinen prosessi. Prosessin ensimmäinen vaihe on osavalmistus, missä valmistetaan tarkoin suunnitellut erilaiset komponentit ja muut tarvittavat osat. Osavalmistuksen huolellinen toteutus luo perustan laivan vankalle rakenteelle.

Seuraavassa vaiheessa siirrytään lohkonkoontiin, missä nämä valmistetut osat liitetään yhteen muodostaen lohkokokonaisuuksia. Edetessään suurlohkonkoontiin valmiit lohkot yhdistetään keskenään muodostaen suurlohkon, joista pääsääntöisesti koostuu laivan runko. Kyseinen vaihe määrittää laivan muodon ja perusrakenteen, jotka vaikuttavat laivan suorituskykyyn ja turvallisuuteen. Mahdollinen maxilohkonkoonti on seuraava vaihe runkotuotannon prosessissa. Tässä vaiheessa valmiit suurlohkot yhdistetään vielä toisiinsa, muodostaen suuremman kokonaisuuden, jota kutsutaan maxilohkoksi.

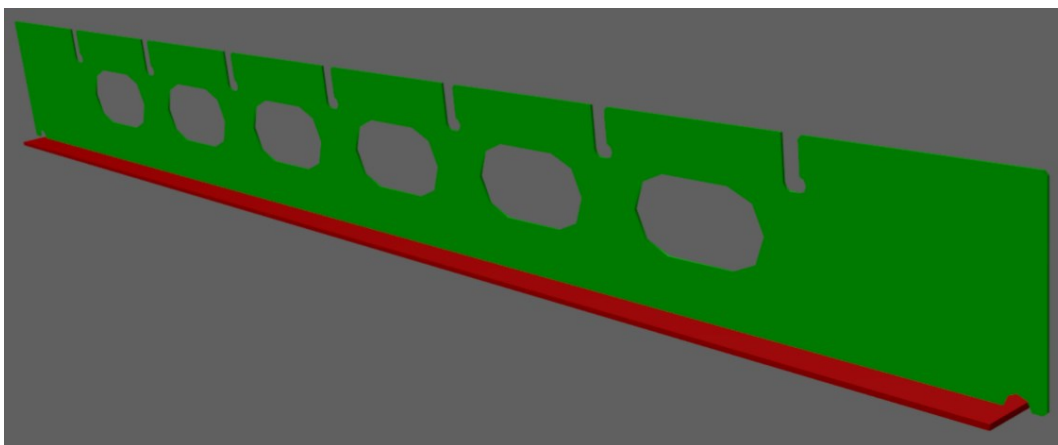
Koko prosessin aikana yhteistyö kaikkien vaiheiden välillä ja huipputeknologian käyttö on avaintekijöitä, jotka varmistavat laivanrakennuksen onnistuneen tuloksen.

2.2.1 Osavalmistus

Suunnitteluprosessien jälkeen, kun työsuunnittelu on saatu valmiiksi, aloitetaan runkotuotanto. Prosessi alkaa osavalmistuksesta, joka sisältää teräslevyjen varastointia, osien valmistusta ja osakokoonpanoa. Osavalmistuksen linjasto

käynnistyy levyhallista, missä varastoidaan levy materiaaleja, ja joista tuotetaan laivaan tulevia osia. Levymateriaalit lähtevät hallista suunnitellusti liikkeelle ja kulkevat osavalmistuksen tuotantokonevaltaisen linjaston läpi tarkkaan aikataulutetusti. Joillain telakoilla, kuten esimerkiksi Meyerillä, on tapana merkata rakenneosat tunnistetietojen avulla. Näin varmistetaan niiden oikean sijoittumisen tuotantoprosessin linjastolla. Tuotteet järjestellään myös ohjeistuksien mukaisesti helpottaen tehokasta kokoonpanoa. Projektien johtajat ovat jatkuvasti valppaina varmistaakseen, että projektin eteneminen on hallinnassa, ja että laadukkaita osia tuotetaan suunnitellusti aikataulussa pysyen. (Meyer Turku 2016.)

Osavalmistuksessa tapahtuu yleensä runkomateriaalien esikäsittelyä eli levyjen, profiiliosien ja paneelien leikkausta ja taivutusta. Tässä prosessin osakokoonpanovaiheessa osia työstetään tarpeiden ja ohjeiden mukaisesti jyrsimällä, leikkaamalla, puhaltamalla ja hiomalla. Osavalmistusvaiheessa tuotetaan myös osakokoonpanoja, jotka ovat ennakkoon koottuja, osittain varusteltuja ja tarkasti mitoitettuja osakokonaisuuksia, kuten kansirakenteet ja T-palkit. Mittatarkkuus on olennainen osa koko laivanrakennusprosessia ja se pyritään takaamaan jo osavalmistuksesta lähtien. (Meyer Turku 2023.)



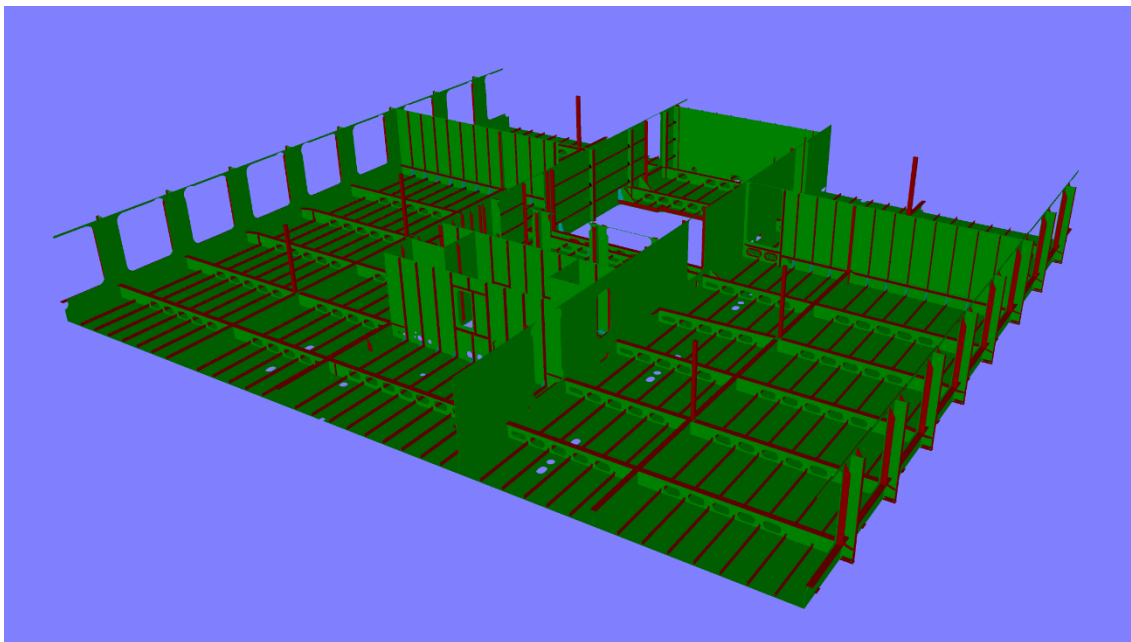
Kuva 2. Esimerkki T- palkki.

2.2.2 Lohkonkoonti

Lohkonkoonnin vastuulla on luoda valmis lohko osavalmistuksesta tulleista osista, jonka suurlohkonkoonti voi liittää toisiin lohkoihin valmistuen näin suurlohkon eli suuremman rakenneyksikön.

Meyer Turun telakalla lohkonkoonti alkaa paneelilinjan jälkeen, jossa kansi hitsataan yhtenäiseksi ja siihen poltetaan merkatut reiät. Sieltä kansi siirretään sille määrättyyn lohkonkoontihalliin. Laattaan on jo valmiiksi asennettu tarvittavat jäykistäjät. Prosessi aloitetaan T-palkkien paikalleen hitsauksella. Tämän jälkeen asennetaan loput osat ja laipiot, joista siirrytään laitojen asennukseen. Kun laidat on asennettu, siihen asennetaan nostoja ja kääntöjä varten tulevat osat.

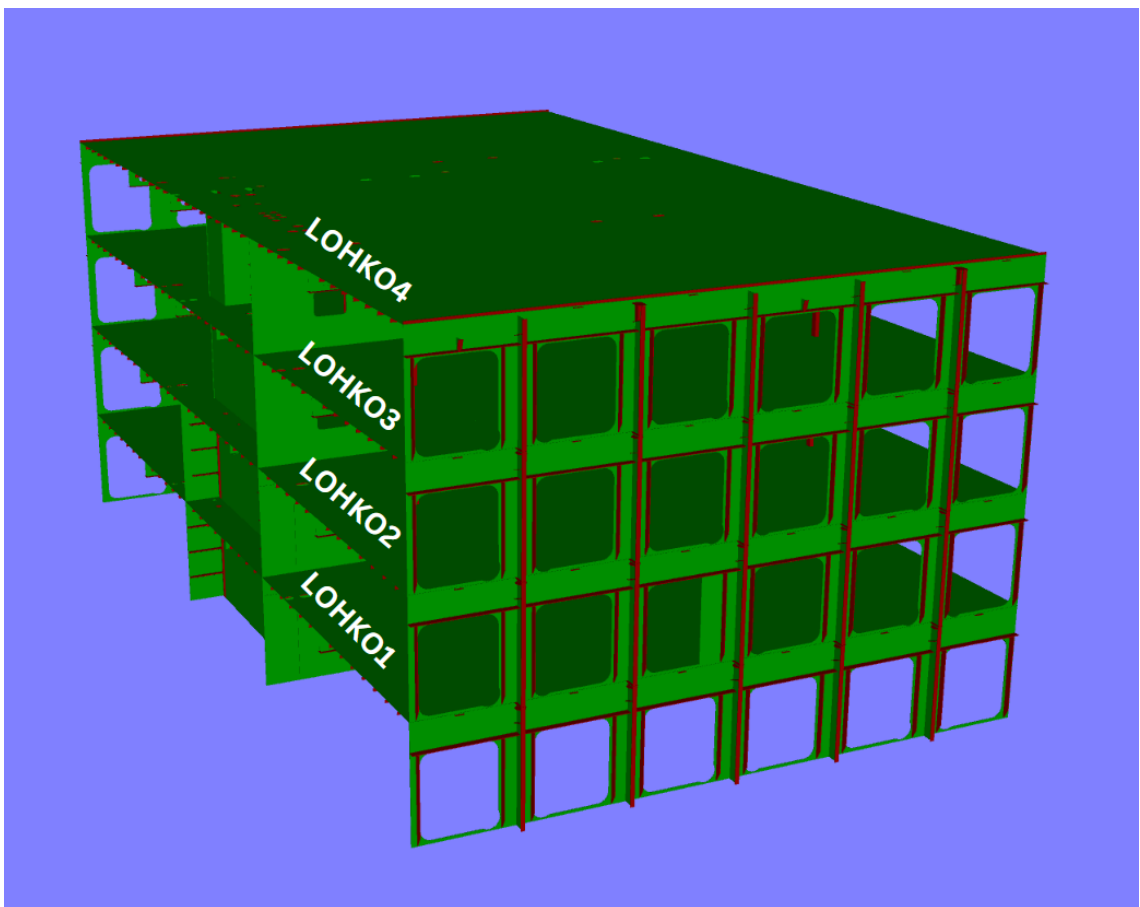
Tämän jälkeen lohko mitataan. Mittauksista voidaan sanoa, onko lohko suunnitellun mittainen ja onko sen osat asennettu oikein. Kun lohkon laatu on varmistettu, se kuljetetaan suurlohkon koontiin. (Meyer Turku 2023.)



Kuva 3. Esimerkki kootusta lohkosta valmiina käännettäväksi.

2.2.3 Suurlohkonkoonti

Lohkonkoonnissa valmiiksi kootut lohkot menevät prosessin seuraavaan vaiheeseen eli suurlohkonkoontiin. Suurlohkonkoonnissa lohkoja kootaan päällekkäin suuremmiksi rakenneyksiköiksi. Yleisimpiä suurlohkotyypppejä ovat neljän kerroksen suurlohkot. Harvinaisempina ovat esim. viiden kerroksen suurlohkot, koska ne eivät mahdu maalaushalliin maalattavaksi koontin jälkeen. Pienimpinä suurlohkoina tehdään vain kaksi kerroksisia suurlohkoja (Kuva 4).



Kuva 4. Esimerkki nelikerroksisesta suurlohkosta.

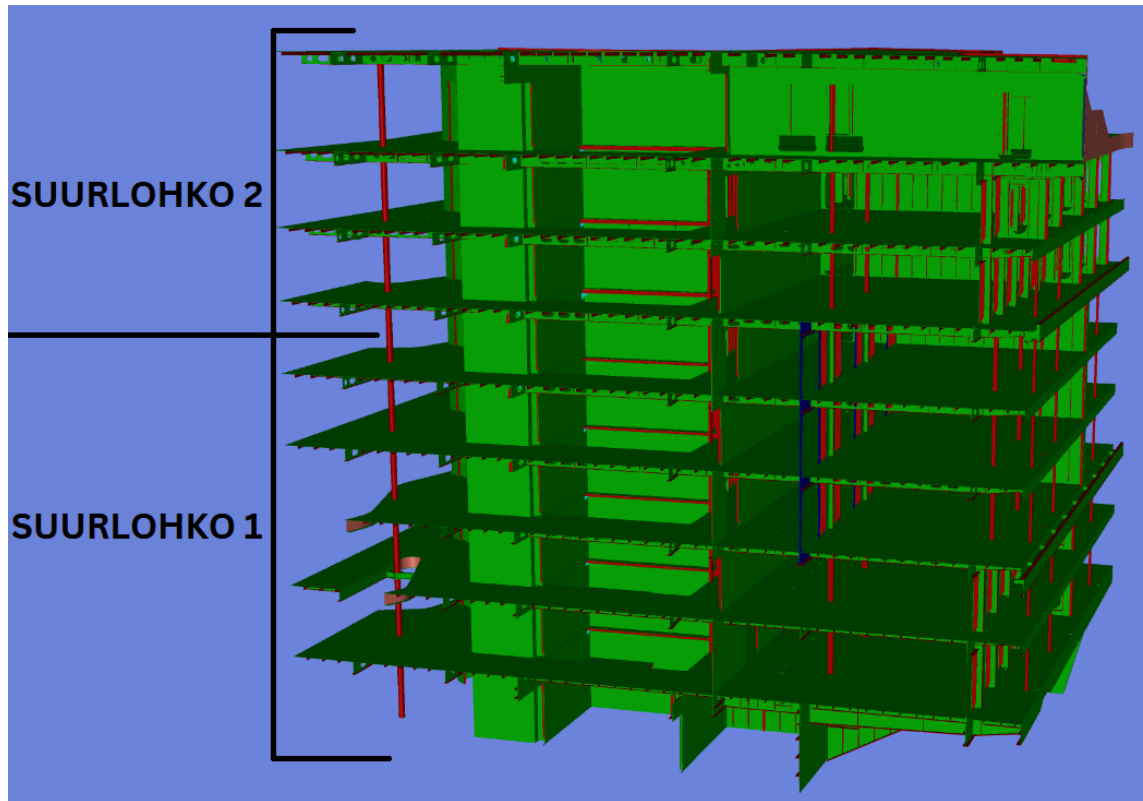
Suurlohkonkoonnissa on paljon eri välivaiheita. Ensimmäiseksi valmistellaan rakennusruutu, johon tehdään lätkitys, eli lohkojen korkeuserojen kompensointi, jossa lohkon korkeuserot kompensoidaan. Tähän vaaitetaan nollataso, jotta suurlohko saadaan kasattua täysin tasaiselle pinnalle. Tämän jälkeen tuodaan

ensimmäinen lohko, joka asetetaan paikalleen alustalle. Seuraavaksi tuodaan toinen lohko, joka rakennussuunnitelman mukaisesti asetetaan alimman lohkon päälle ja kohdistetaan paikalleen. Kohdistus aloitetaan siitä, että perät ovat aivan tasan. Kohdistusta tehdään tiputtamalla linjalangat ylemmästä lohkosta tiettyjen pituussuuntaisten laipioiden kohdalle. Tällä tavalla tarkastetaan, että molemmat lohkot ovat linjassa toistensa kanssa. On tärkeää, että edessä ja takana on tarvittava määrä linjalankoja, koska vaikka peräpää olisi linjassa, pienikin heitto saatta aiheuttaa monen millin heiton keulapäässä. Kun linjalangat ovat kohdillaan, lohko on kohdistettu. Lohko saadaan pysymään kohdillaan, kun sinne asennetaan monta pitkää siltahitsiä tiettyihin laipioihin ja pilareihin. Tämän jälkeen kohdistetaan loput laipiot kohdilleen. Tämä prosessi toistetaan jokaisen lisättävän lohkon kanssa, kunnes suurlohko on valmis. Yleinen sääntö on, että linjalangat tiputetaan ylimmästä lohkosta ja verrataan niitä alimman lohkon kanssa. Suurlohkosta tehdään koontilista, jossa kerrotaan osat, joita on tuotu eri kansiväleille. Koontilistalta löytyvät referenssit piirustuksiin, joista osat löytyvät. (Hietala 2023.)

Kun lohkot on kasattu suurlohkoksi, suoritetaan varusteluvaihe, joka tehdään terästyön yhteydessä. Tämän jälkeen suurlohko lähetetään maalattavaksi, josta se siirtyy maalauksen jälkeen suoritettavaan varusteluun. (Meyer Turku 2023.)

2.2.4 Maxilohkojen koonti

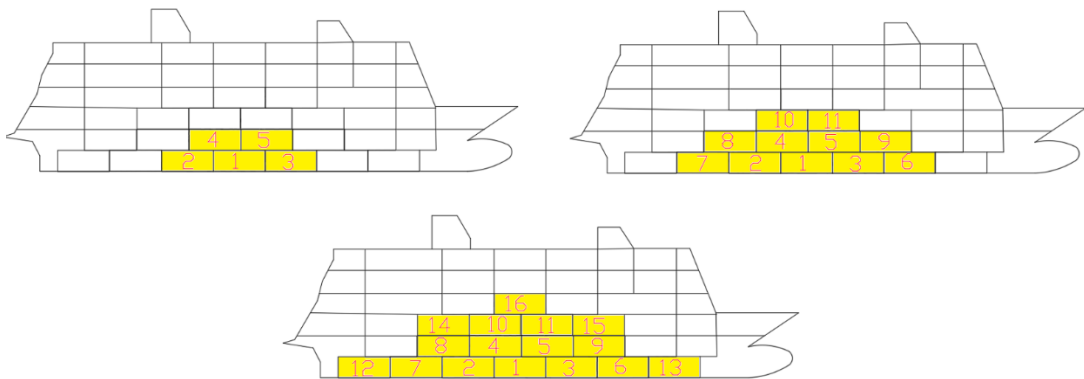
Maxilohkojen koonti on suurimmalta osaltaan samanlaista kun suurlohkonkoonti, mutta liitettävien rakenneyksiköiden koot ovat suuremmat. Maksilohkoja on kolmenlaisia: pysty-, vaaka- tai supermaxilohkoja. Pystymaxilohkoissa suurlohkot nostetaan päällekin, vaakamaxilohkoissa peräkkäin ja supermaxiessa on yhdistelmä molempia. Valmiit suurlohkot nostetaan rakennusrudulle joko pohjaksi, tai toisen suurlohkon päälle tai jatkoksi. Maxilohkot kohdistetaan paikalleen, ja varmistetaan mittojen tarkkuus. Kun maksilohkot ovat valmiita, ne nostetaan yleensä suoraan rakennuspaikalta runkoon, koska niitä ei pysty siirtämään niiden suuren koon takia. (Hietala 2023.)



Kuva 5. Esimerkki pystymaxilohkosta.

2.2.5 Rungonkoonti

Rungonkoontivaiheessa valmiiksi kootut rakenteet yhdistetään kokonaisuudeksi, josta lopuksi muodostuu laivan runko. Rungonkoontia varten tehdään nostosuunnitelma, jonka mukaan eri lohkot nostetaan rakennusaltaaseen eli sulkuporttien takana sijaitsevaan tyhjennettyyn altaaseen, jossa laivan runko rakennetaan vesillelaskuvalmiuteen. Ensimmäiseksi altaaseen nostetaan kölilohko. Rungonkoonti tehdään pyramidimaisella rakennustavalla, joka mahdollistaa rungonkoonnin etenemisen kolmeen suuntaan. Ensimmäisen lohkon jälkeen edetään nostosuunnitelman mukaisesti, ja nostetaan lisää suurlohkoja paikalleen (kuva 6).



Kuva 6. Esimerkki rungonkoonnin järjestyksestä.

Ennen kuin lohko nostetaan paikalleen, työnjohtaja ja hänen tiimensä käyvät suunnitelman läpi. He raivaavat paikan lohkolle, ja varmistavat että sieltä löytyvät tarvittavat työkalut. Kun suurlohko nostetaan paikalleen, se asemoidaan laivakoordinaatiston mukaiseen paikkaansa, ja samalla varmistetaan, että tärkeimmät rakenteet sopivat yhteen vierekkäisten lohkojen kanssa. Lohkosta poltetaan työvarat tarpeen mukaan pois ja ylimitat poltetaan pois aina, ja se asetetaan lopulliseen asemaansa kohdistamalla lohko paikoilleen. Tämän jälkeen lohkosta poistetaan yleensä nostokorvat ja mahdolliset muut tukirakenteet. Seuraavaksi lohko viimeistellään eli suoritetaan lohkorajojen viimeistelyt ja tarkastukset. Tämän jälkeen lohko voidaan luovuttaa varusteluun.

Rungonkoontivaihe huipentuu vesillelaskuun, kun laiva siirretään varustelulaituriin. (Välimäki 2023).

2.3 Varustelu

Varusteluprosessi laivanrakennuksessa etenee systemaattisesti, alkaen laivakaupasta ja päättyen valmiin laivan tarkastukseen. Prosessin alussa hankitaan lähtötietoja sopimuksesta ja sen perusteella laaditaan tarjouskyselyaineisto. Yhteistyö hankinnan kanssa käynnistyy tarjosten pyytämiseksi ja valmistussuunnittelu varmistaa usein varustelulle oikeiden aukkojen olemassaolon lohkoissa. Varustelu jaetaan eri osastoihin kuten

esimerkiksi hytti, sähkö, HVAC (lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointi) ja kone alueisiin. Varustelun esivalmistus voidaan usein suorittaa telakan ulkopuolella, ja siihen sisältyvät muun muassa ilmanakanavat, esivalmisteputket ja moduulihytit. Varustelun tuotanto voidaan myös jakaa kokonaistoimituksiin tai omiin sisäisiin vastuualueisiin. Varustelua voidaan yleisesti pitää laivanrakennusprosessin toisena tuotanto-osastona runkotuotannon ohella (Meyer Turku 2019.)

Lohkovarustelu on varustelun ensimmäinen tuotantovaihe, jossa asennetaan kattoon menevät materiaalit, kuten putket, ilmastointikanavat ja kaapeliradat. Lohkovarustelua voidaan pitää varustelun keskeisimpänä vaiheena, sillä tässä vaiheessa lohko on yleensä vielä ylösalaisin ja se mahdollistaa kaiken kattoon menevän materiaalin asentamisen merkittävästi tehokkaammin, kuin myöhemmässä vaiheessa. Varustelua helpottamassa on työpiirustukset, jotka ovat tarkoin jaksotettu ja paloteltu, jotta jokaiselle työvaiheelle on oma esivalmiste ja työpiirustus.

Lohkovarustelun jälkeen suoritetaan suurlohkovaiheessa suurlohkovarustelua, oli se sitten ennen tai jälkeen maalauksen. Suurlohkojen materiaalivirtaa on vaivatonta hallita, sillä osa niiden seinistä ovat yleensä avoinna, mikä mahdollistaa materiaalien suoran nostamisen suurlohkoon kurottajalla tai vastaavalla laitteella. Suurlohkot ovat useamman kannen korkuisia, mikä helpottaa muun muassa kannesta kanteen menevien putkien asennusta. Tämä vaihe voi myös antaa mahdollisuuden porraselementtien tai pakoputkien asentamiselle jo suurlohkovaiheessa. Suurlohkovarustelu on viimeinen vaihe tehdä varustelua ennen lohkokokonaisuuden nostamista runkoon. Mitä enemmän varustelua saadaan tehtyä ennen runkoon nostoa, helpottaa se aluevarustelun työtä rungossa. On tärkeää muistaa, että yleensä lohko- ja suurlohkovaiheen varustelut ovat suorassa aikatauluhytteydessä rungonkoonnin aikatauluihin. Siksi asianmukainen ja avoin tiedonkulku on ensiarvoisen tärkeää.

Aluevarustelu on varustelun viimeinen tuotantovaihe ennen tarkastuksia. Se käynnistyy, kun laivan runko on kokonaisuudessaan koottu. Aluevarusteluvaiheeseen kuuluu tyypillisesti lohkorajavarustelu, pienputkistojen asennus ja sisustustyöt. Olennaisia tehtäviä ovat myös pitkät kaapelivedot ja

yliläivän menevät putkistojen koeponnistukset. Kun nämä taustatyöt ovat valmiit, siirytään sulkemaan seinät ja katot. On tärkeää ymmärtää riippuvuussuhteet muihin työvaiheisiin tässä vaiheessa prosessia. Valmistuneen varusteluvaiheen jälkeen laiva käy läpi lopputarkastuksen telakan ja tilaajan puolelta, ennen kuin se on valmis luovutukseen. (Jakonen & Anttila 2023.)

2.4 Modulointi ja rakenneyksiköt

Modulointi on keskeinen strategia laivanrakennusprosessissa, joka tähtää prosessin parantamiseen ja tehostamiseen. Tämä lähestymistapa käsittää laivan rakentamisen erillisinä moduuleina tai rakenneosina, jotka valmistetaan erikseen ja yhdistetään myöhemmin kokonaisuuteen. Tavoitteena on myös helpottaa moduulien välistä vuorovaikutusta ja tehdä niiden rajapinnoista mahdollisimman selkeitä ja yksinkertaisia. (Meyer Turku Oy 2023.)

Moduloinnista on useita merkittäviä etuja laivanrakennukseen. Moduulien erillinen valmistaminen mahdollistaa samanaikaisen työskentelyn useissa paikoissa, kuten eri telakoilla tai eri maissa. Tämä lyhentää merkittävästi kokonaisrakennusaikaa. Moduulien valmistaminen kontrolloiduissa olosuhteissa mahdollistaa tarkan laadunvalvonnan. Näin jokainen moduuli voidaan testata ja tarkastaa erikseen ennen niiden yhdistämistä, mikä vähentää riskiä lopullisessa kokoonpanossa. Myös modulaarinen lähestymistapa mahdollistaa muutosten tekemisen tai korjausten suorittamisen vaivattomasti. Jos jokin osa vaatii korjausta, se voidaan vaihtaa tai huoltaa ilman merkittävää vaikutusta koko laivan rakennusprosessiin.

Modulointi voi kattaa kaikki laivan osat, kuten rungon, konehuoneen ja ohjaamon, helpottaakseen laivanrakennusprosessin kulkua. Moduloinnissa on tärkeää myös huomioida tuotteen suunnittelijan rooli, sillä moduloinnin tehokkuus vaatii huolellista suunnittelua ja ymmärrystä valmistettavuudesta. (Meyer Turku 2017).

Rakenteellinen kokonaisuus koostuu monista eri elementeistä. Tämän kokonaisuuden koko määräytyy monien tekijöiden, kuten rakennusmenetelmien, laitteiden, logistiikan, aikataulun, resurssien, laatuvaatimusten ja muiden suorien

tai epäsuorien rakentamiseen liittyvien tukitoimintojen monimutkaisesta vuorovaikutuksesta. Rakenteellinen kokonaisuus voi koostua pienemmistä rakenteellisista yksiköistä, sisältää modulaarisia rakenteita tai toimia osana laajempaa rakennetta.

Lohkorakentamisessa lohko voidaan nähdä yhtenä rakenteellisena yksikkönä, joka sisältää kannet, laipiot ja laidat, jotka puolestaan voivat olla omia rakenteellisia yksiköitään. Nämä voidaan edelleen jakaa pienempiin kokonaisuuksiin, kuten T-palkeiksi tai pituus- ja poikittaisuuntaisiin laipioihin. Laivanrakennuksessa suuret rakenteelliset kokonaisuudet tunnetaan yleisesti lohkoina, jotka on muodostettu pilkkomalla laivan runko pienempiin, helpommin ja tehokkaammin rakennettaviin yksikköihin. Rakenteellisten kokonaisuuksien koko vaihtelee pitkälti rakennustelakan ja projektin vaatimusten mukaan, ja suurin yksittäinen vaikuttava tekijä on nostokapasiteetti. (Mehto 2023.)

3 Maxilohkot laivanrakennusprosessissa

Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida suurempien rakenneyksiköiden eli maxilohkojen kannattavuutta olemassa olevan ja työtä varten kerätyn tiedon avulla. Tässä luvussa avataan käytettyjä tutkimusmenetelmiä ja niistä saatuja tuloksia.

3.1 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelminä käytettiin suurimmaksi osaksi haastatteluja. Haastattelut valittiin tutkimusmenetelmäksi, koska näin saatiin tietoa henkilöiltä, joilla on käytännön kokemusta maxilohkojen suunnittelusta, tekemisestä ja niiden kanssa työskentelemisestä. Haastatteluista saatiin myös runsaasti tietoa laivanrakennusprosessin eri vaiheista ja niiden sisällöstä. Haastattelut toteutettiin vapaamuotoisina keskusteluinä, koska näin saatiin esitettyä lisäkysymyksiä, joita ei aluksi olisi osattu kysyä. Haastateltavilta kysyttiin kysymyksiä (Liite 1.) aiheeseen liittyen, juuri heidän näkökulmastaan ja heidän työnkuvaansa liittyen (Hyvärinen, Suoninen & Vuori 2023). Tutkimuksessa haastateltiin 17 asiantuntijaa seuraavista prosessin vaiheista: projektiorganisaatio, valmistussuunnittelu, nostosuunnittelu, suurlohkonkoonti, rungonkoonti, rakennustapasuunnittelu, nostologistiikka, ja varustelu. Perussuunnittelusta, osavalmistuksesta, lohkonkonnista ja mittaryhmästä ei saatu haastateltua ketään. Haastattelujen tukena käytettiin projektiorganisaatiolta saatua tietoa käytetyistä tunteista rungonkoontivaiheesta.

3.2 Tiedonhankintaprosessin tulokset

Haastatteluista ja kerätystä tiedosta selvisi, että maxilohkojen valmistuksella suurlohkojen sijaan ei ole suurta merkitystä osavalmistuksessa, rakennustapasuunnittelussa ja valmistussuunnittelussa. Alla avataan niitä

laivanrakennusprosessin vaiheita, joihin maxilohkojen rakentaminen vaikutti vahvasti.

3.2.1 Maxilohkojen vaikutukset perussuunnittelun ja projektiorganisaation työhön

Maxilohkojen vaikutus tulee ensimmäisenä ilmi jo projektiorganisaation tekemässä työssä, jossa suuremmat rakenneyksiköt vaikuttavat aikatauluun, sekä budjetin ja resurssien käyttöön. Maxilohkot vaikuttavat myös pihapaikkojen kuormitukseen, joiden pitkäaikainen kuormitus suunnitellaan valmiiksi ja tarkat paikat suunnitellaan lyhyellä aikataululla. Pihapaikoissa maxilohkojen vaikutus näkyy siten, että yksi pystymaxilohko säästää yhden pihapaikan, mutta maksaa samalla yhden suurlohkonkoonti paikan (Taipale 2023). Pystymaxilohkot siis helpottavat pihapaikkojen rajallisen määrän ongelmaa. Pystymaxilohkojen aikataulun venyminen saattaa vaikuttaa muiden vaiheiden aikatauluihin negatiivisesti, koska niiden aloittaminen myöhästyy. Maxilohkot vaikuttavat myös tuotannon ohjaukseen ja aikataulujen rakentamiseen. Nostoverkonsuunnitteluun ne vaikuttavat siten, että mitä suurempi kokonaisuus nostetaan runkoon kerralla, sitä harvempi nostoverkosta tulee. Tämä tarkoittaa sitä, että runkoon nostojen määrä viikossa vähenee, mikä vähentää siihen kohdistuvia suunniteltuja työtunteja. Vaakamaxilohkot vaikeuttavat paikkasuunnittelua rungonkoontialueella tai hallissa ja aiheuttavat siihen lisätöitä, koska rungonkoontialueella täytyy olla ainakin kaksi, joskus jopa kolme koontipaikkaa vierekkäin vapaana. (Väänänen 2023.)

Perussuunnitteluvaiheessa maxilohkojen suuri koko ja massa, tuottavat huomattavan määrän enemmän FEM-työtä suunnittelussa.

3.2.2 Maxilohkojen vaikutukset runkotuotantoon ja rungonkoontiin

Maxilohkot vaikuttavat suurlohkonkoonnin vaiheeseen monella eri tavalla. Mahdollisena hyötynä on huomattu, että siinä saatetaan säästää yksi tai kaksi lohkon rakennus-, varastointi- tai varustelupaikkaa. Maxilohkot tuottavat

suurlohkonkoonnille ylimääräisen työvaiheen. Normaalisti kun suurlohko valmistuu, se lähtee pintakäsittelyn ja varustelun kautta rungonkoontiin. Suurlohkon ollessa osa maxilohkoa, se lähtee samalla tavalla pintakäsiteltäväksi ja varusteltavaksi, mutta se palautuu myöhemmin takaisin maxilohkon koontia varten. Tämä tarkoittaa sitä, että suurlohkonkoonnin on siivottava ja lätkitettävä, eli kompensoitava rakennusruudun korkeuserot lohkoa varten uudelleen. Haasteita tulee myös siitä, että suurlohkot on nyt osittain varusteltu ja villoitettu, mutta nostokorvat on tarkistettava uudelleen, koska ei voida tietää, onko korvan läheisyydessä tehty muita töitä, esimerkiksi poltettu reikä varustelua varten.

Suureksi haasteeksi todettiin mittatarkkuus. Kaikki pystymaxilohkot ja suurin osa vaakamaxilohkoista rakennetaan ulkona asfaltin päällä, koska niitä ei mahduta rakentamaan sisällä halleissa. Asfaltti elää suurien lohkokokonaisuuksien painon vuoksi ja vaikeuttaa tarvittavan mittatarkkuuden ylläpitämistä. Pystymaxilohkoja tehtäessä, ylempää suurlohkoa ei saada vedettyä paikalleen mitenkään. Tällä tarkoitetaan sitä, että kun suurlohko nostetaan runkoon, voidaan sitä vetää paikalleen hyödyntäen jo rungossa paikallaan olevia lohkoja. Lohkonkoontipaikalla ei ole mitään mistä lohkoa voitaisiin vetää paikalleen, joka vaikeuttaa maxilohkon kokoamista huomattavasti, ja aiheuttaa myös mittaheittoja. Vaakamaxilohkoissa mittatarkkuutta aiheuttaa niiden pitkä rakenne. Rauta elää, kun sitä työestetään, joka vaakamaxilohkojen tapauksessa aiheuttaa sen, että etu ja takapään välillä on usein suuria mittaeroja. Korjauksia saattaa olla mahdollista suorittaa, mutta ne on vaikea saada pysymään aikataulun sisällä. (Hietala 2023.)

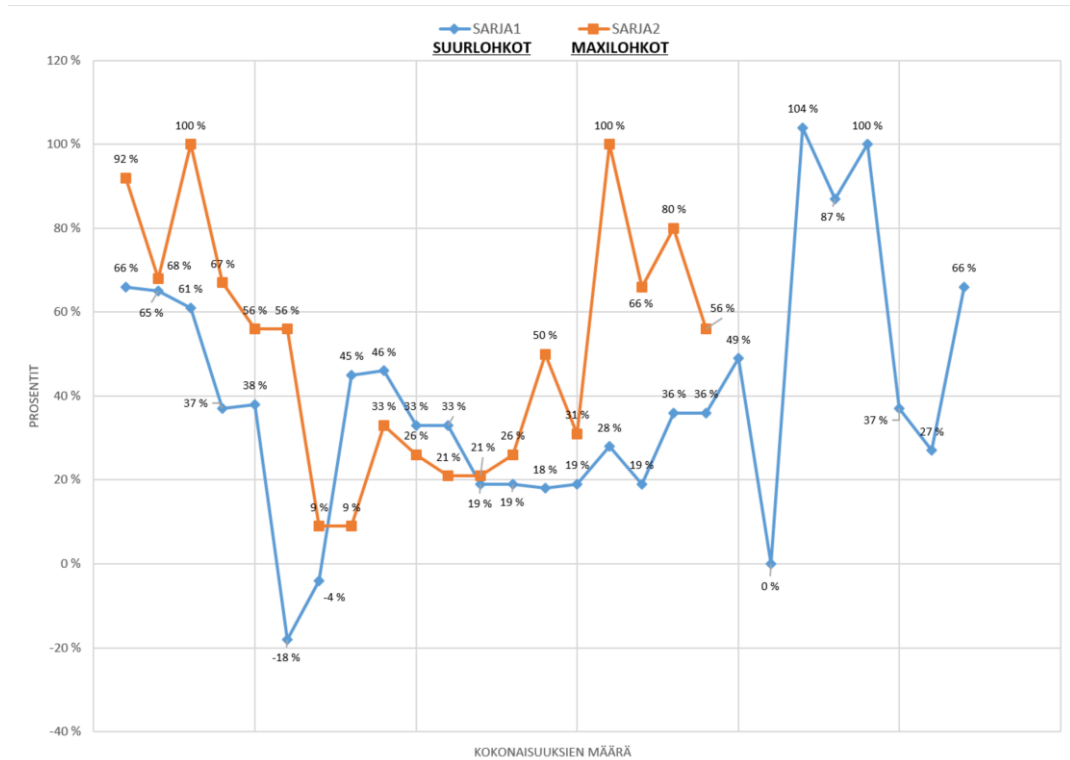
Rungonkoonnissa maxilohkot vaikuttavat prosessiin suuresti. Maxilohkojen nostaminen runkoon on työläämpää, koska niiden kohdistaminen paikalleen on vaikeampaa. Mittaheitot lohkorajoissa aiheuttavat sen, että maxilohkot eivät sovi paikalleen, ja niitä joudutaan korjaamaan. Päihin joudutaan asentamaan mittojen korjaamiseksi suuret määrät inserttilevyä eli ylimääräistä korjaamiseen tarkoitettua metallilevyä, mittojen korjaamiseksi. Maxilohkojen suuren koon vuoksi, mittaheitot moninkertaistuvat. Vaakamaxeissa hitsaaminen vaikuttaa todella paljon kaariväleihin, ja niissä voi olla paljon mittavirheitä verrattuna

alempaan lohkoon. Pystymaxeissa kansien suuri määrä korostaa mittaheittoja, ja kannet on vaikeaa saada osumaan kohdakkain. (Välimäki 2023.)

Maxilohkojen liikuttaminen on myös vaikeampaa, kun suurlohkojen liikuttaminen. Suurlohkoja voidaan vetää muista lohkoista paikalleen, jota maxilohkon kanssa ei voida tehdä, niiden suuremman painon takia (Hietala 2023).

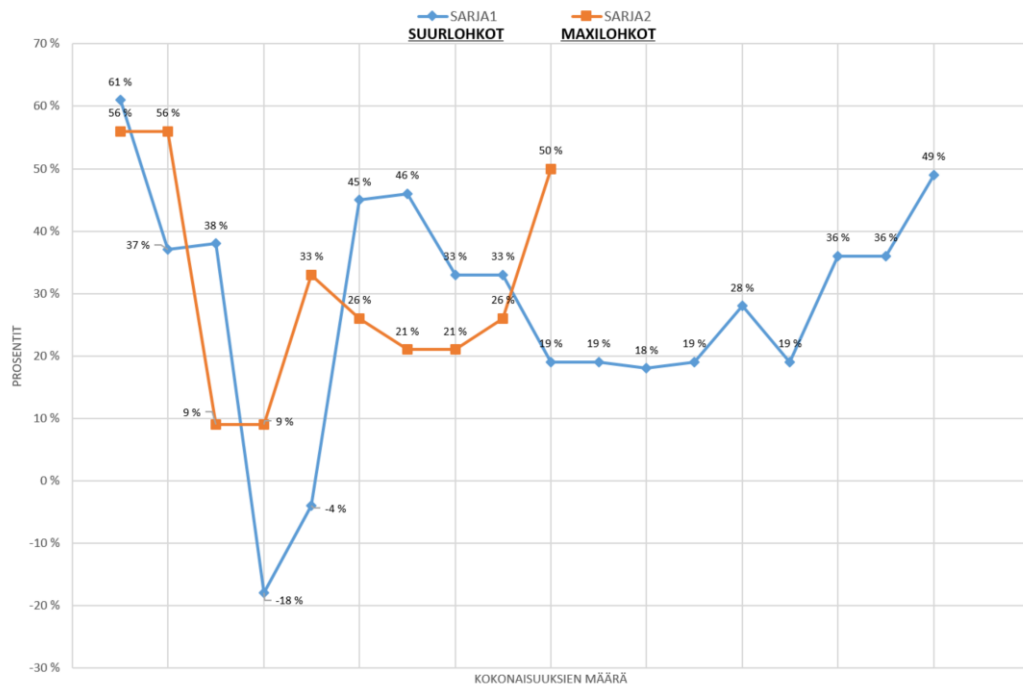
Suureksi ongelmaksi on osoittautunut myös tukirautojen suuri määrä maxilohkoissa. Niihin on hitsattava suuri määrä tukirautaa, jotta notkahduksia ei tapahdu ja lohkot pysyvät koossa niitä nostettaessa (Halonen 2023). Tukirautojen polttaminen pois on todella työlästä, ja niitä on vaikea saada ulos, pois laivan rungosta. Lohkorajojen tulee olla kunnossa ennen tukirautojen poistointia. Mikäli seuraava lohko nostetaan paikoilleen ennen, kun tukiraudat on saatu pois rungosta, niiden kuljetusmatka ulos rungosta vain pitenee. Poistetut raudat menevät myös suurimmaksi osaksi poistoon, eli niillä ei ole uudelleenkäyttö-tarkoitusta. Poistetut raudat myös painavat todella paljon. Jos niitä ei saada poistettua rungosta ajallaan, ne voivat jopa vaurioittaa tai muokata kansia. (Välimäki 2023.)

Saimme myös tietoa erään laivan maxilohkojen ja suurlohkojen arvioidusta ja toteutuneista tunneista rungonkonnissa. Näistä tehtiin kuvaajat niiden havainnolistamiseksi. (Kuvio 1 ja 2.) Niissä laskettiin kuinka monta prosenttia ylitystä tuli arvioitujen ja toteutuneiden tuntien välille suurlohkojen ja maxilohkojen tekemisestä, ja ne sijoitettiin kuvaajiin. Kuvaajissa jokainen piste esittää prosenttimäärää, kuinka paljon tunnit ovat menneet yli arvioidusta tuntimäärästä. Oranssi väri kuvaa maxilohkoja ja sininen väri kuvaa suurlohkoja. Nollanprosentin viiva kuvaa suunniteltua tuntimäärä mitä yhden suur- tai maxilohkon tekemiseen tulisi kulua aikaa rungonkoonti vaiheessa. Ensimmäisessä kuvaajassa verrataan kaikkia laivan suur- ja maxilohkoja toisiinsa. (Kuvio 1.)



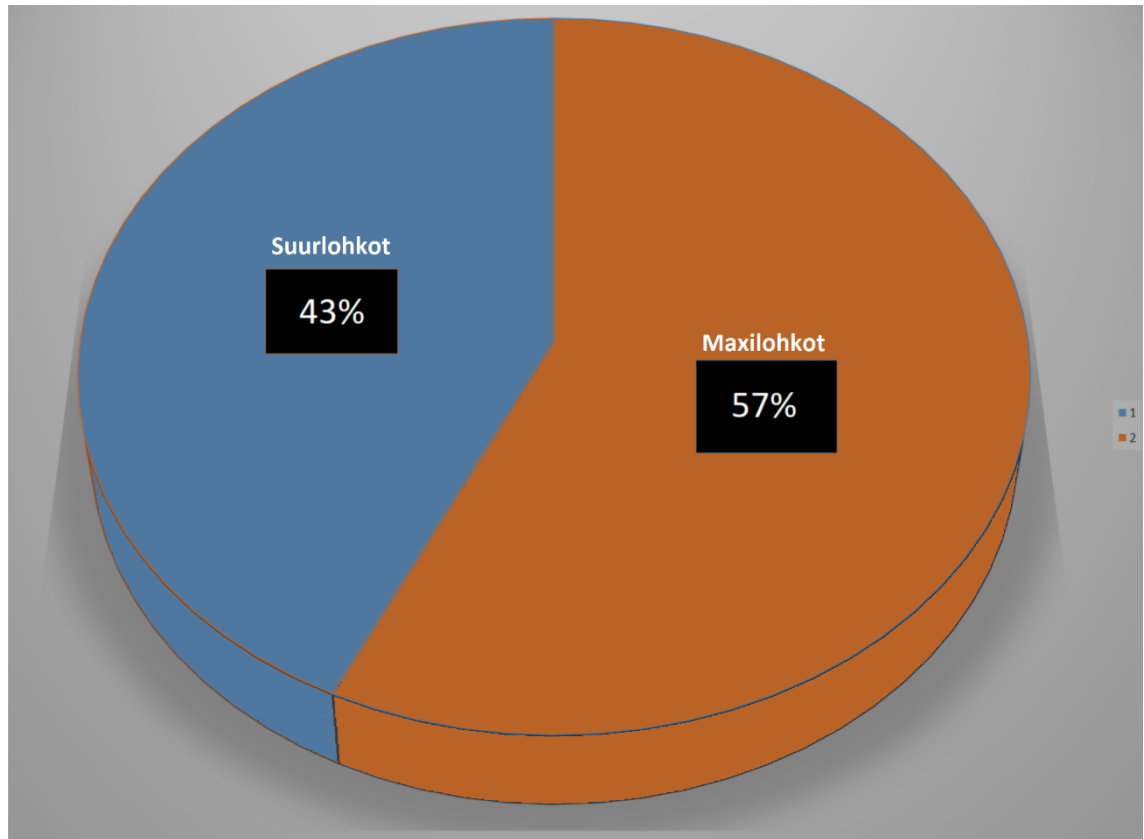
Kuvio 1. Laivan kaikkien suur- ja maxilohkojen prosenttimäärä ylitykset arvioiduista tunneista.

Seuraavassa kuvaajassa on verrattu laivan samantyyppisien suur- ja maxilohkojen tuntien ylityksiä arvioitujen ja toteutuneiden tuntien välillä. (Kuvio 2.)



Kuvio 2. Samantyyppisien suur- ja maxilohkojen tuntien ylityksiä arvioitujen ja toteutuneiden tuntien välillä.

Seuraavaksi kerättiin samantyyppisiä suur- ja maxilohkosta yhteen 8 maxilohkoa ja 16 suurlohkoa (Kuvio 3.) Tämän jälkeen laskettiin yhteen lohkojen arvioidut ja toteutuneet tuntimäärät. Yhteensä kaikkien lohkojen toteutuneet tunnit olivat ylittyneet 21 %:lla arvioiduista tunneista. Seuraavaksi laskettiin maxilohkojen osuus ylittyneestä prosenttimäärästä, joka esitetään seuraavassa kuviossa (Kuvio 3). Kuviossa oranssi väri esittää maxilohkojen osuutta, ja sininenväri suurlohkojen osuutta.



Kuvio 3. Suur- ja maxilohkojen osuudet arvioidun tuntimäärän ylittäneistä tunneista.

3.2.3 Maxilohkojen vaikutukset varusteluprosessissa

Varustelu muodostaa olennaisen vaiheen laivanrakennuksessa, ja sen vuoksi keskityimme haastatteluissamme eri varustelutehtävissä työskenteleviin henkilöihin, keräten samalla arvokasta tietoa aiheesta. Keskeisiä haastateltavia olivat Turun telakan varustelun työnjohtajat ja muut esihenkilöt, jotka ovat olleet aktiivisesti mukana sekä suurlohkojen että maxilohkojen valmistuksessa. Varustelun haastatteluista riippuen, ja ottaen huomioon eri henkilöiden sekä työalueiden näkökulmat, selvisi yhtenäisiä etuja ja haasteita, kun valmistetaan maxilohkoja suurlohkojen sijaan.

Haastatteluista saimme selville, että varsinkin vaakamaxilohkojen rakentaminen luo varustelulle useita huomattavia etuja. Etujen toteutuminen kuitenkin vaatii sen, että kaikissa työvaiheissa pysyttäisiin aikataulussa ja suurempia ongelmia ei tulisi vastaan. Vaakamaxilohkot haastattelujen perusteella mahdollistavat erittäin tehokkaan varustelun, kun lohkojen vähäiset saumat vähentävät työmäärää ainakin sisustuksen, teknisten osien ja hyttien varustelussa. Tämä merkitsee paitsi aikasäästöä myös työmäärän vähenemistä, kun jälkikäteen tehtäviä saumoja on vähemmän. Tässä tapauksessa varustelutyö laivassa vähenee, kun työntekijät pääsevät varustelemaan mahdollisimman paljon ennen rungonkoontia. Haastatteluissa korostetaan, että tässä vaaditaan aikatauluissa pysymistä, jotta ehditään varustelemaan suunnitelmien mukaisesti, ennen runkoon nostoa.

Haastatteluista käy ilmi, että vaakamaxilohkojen etuna on myös vähäisempi sadeveden vuotaminen alakertaan, kun päästään massoittamaan yläkansia ajoissa. Tämä tietenkin vaatii hyvän teräksen hallinnan, mikä tiedetään vaikeaksi maxilohkojen kohdalla, varsinkin pitkien vaakamaxilohkojen. Vaakamaxeissa mahdollisesti myös ikkunoiden ja ovien asentaminen maxilohkojen maalaamisen jälkeen voi helpottaa laitetoimittajia, vähentää haalaamista, eli tavaroiden ja kappaleiden kuljetusta ja mahdollistaa aikaisemman työn aloittamisen. Pystymaxilohkojen kohdalla päästään myös varustelemaan mahdollisesti aikaisemmin putkistoa, kaapelistoa ja eristyksiä, mutta muuten pystymaxilohkojen hyödyt varustelulle ovat vähäisempiä, verrattuna vaakamaxilohkoihin. (Jakonen & Anttila.)

Maxilohkojen rakentamisesta on ilmennyt myös varustelulle haasteita ja ongelmia. Suurimpia haasteita maxilohkoissa varustelulle voidaan pitää myös tukirautojen ongelmaa ja teräsmateriaalin hallintaa. Tukirautojen poistaminen muodostaa merkittävän haasteen varusteluprosessille, aiheuttaen mahdollisia lisäkustannuksia ja viivästyksiä. Varsinkin silloin, kun rungonkoonnissa ei ehditä poistamaan tukirautoja ajoissa, niin varustelu joutuu ostamaan omilta toimittajilta töitä tukirautojen poistamiseksi, joka johtaa lisäkustannuksiin ja aikatauluongelmiin. Tukirautojen määrä maxilohkoissa on suurempi, kuin

suurlohkoissa ja niiden poistaminen rungosta on välttämätöntä, ennen aluevarusteluprosessin käynnistymistä.

Aikataulu- ja teräsmateriaalin hallinta tuovat varustelulle omat haittapuolensa. Lisäkustannukset voivat syntyä myös aikatauluviivästymisistä, erityisesti silloin, kun mahdollinen viivästyminen jossain työvaiheessa tai tukirautojen poistamisessa pakottaa varastoimaan esimerkiksi hyttejä ja muita varustelun moduuleita odotteluajaksi. Varustelun työvaiheessa myös teräksen muodon muutos sitä työstettäessä aiheuttaa haasteita ja sen korjaaminen rihtaamalla tai massoittamalla on aikaa vievää ja luo aina lisäkustannuksia. Teräs tietenkin elää myös suurlohkoissa, kun sitä työstetään, mutta sen hallitseminen on maxilohkojen kohdalla haastavampaa ja korjaaminen yleisempää. Kannen korjaaminen alusta loppuun luo varustelulle lisätöitä noin viikolla. (Lövgren 2023.)

Yhteenvedona maxilohkojen käytöstä varusteluprosessissa voidaan todeta, että vaikka ne tarjoavat tehokkuutta ja aikasäästöä vaakamaxilohkojen rakentamisessa, niiden käytössä on otettava huomioon tarkka aikatauluttaminen ja mahdolliset haasteet, kuten tukirautojen poistaminen ja teräksen hallinta.

3.2.4 Maxilohkojen vaikutukset nostoprosessiin

Kävimme haastattelemassa Turun telakalla nostojen suunnittelusta vastaavia työntekijöitä sekä henkilöitä, jotka vastaavat kaikista Turun telakan nostoprosesseista. Haastatteluista selkeästi kävi ilmi, että kun lähdetään nostamaan maxilohkoja suurlohkojen sijaan, täytyy ottaa paljon enemmän asioita huomioon ja tehdä lisätöitä. Nostoryhmän näkökulmista saatiin selville, että maxilohkot tuottavat heille enimmäkseen ongelmia.

Maxilohkoihin liittyy useita haasteita, jotka vaikuttavat nostosuunnitteluun ja nostoprosessiin. Ensimmäiseksi voidaan listata ongelmat, jotka tulivat esille nostosuunnittelun haastatteluista. Heti suurimpana ongelmana esille nousi nostokorvien ja tukirautojen runsas määrä maxilohkoissa, jotka vaativat lisäsuunnittelua suhteessa suurlohkoihin, mikä kasvattaa työmäärää ja aiheuttaa

lisäkustannuksia. Korvien sijoittaminen maxilohkoihin vaatii harkittuja paikkoja, ja kokonaisuuden vahvistaminen on tarpeen varmistaa onnistuneet nostot.

Sisarlaivaprojekteissa vanhojen nostosuunnitelmien hyödyntäminen on mahdollista, mutta uuden maxilohkon ilmestyminen suurlohkon tilalle vaikuttaa merkittävästi työprosessiin. Tämä lisää ylimääräisiä vaiheita suunnittelussa ja synnyttää lisätyötä. Haastattelussa kerrottiin, että maxilohkojen tekeminen vie ajallisesti noin 50% enemmän nostosuunnittelun työtä kuin kahden suurlohkon tekeminen. Tämä lisää suunnittelutyön vaativuutta ja kestoja. On myös huomattu maxilohkojen kohdalla, että liiallista varustelua tapahtuu useammin ja se aiheuttaa painopisteen heittoa ja lisää riskejä. Tässä tapauksessa voidaan joutua suorittamaan uusia laskentoja ja mahdollisia lisätoimenpiteitä, kuten nostotukien lisäämistä tai varustelun purkamista. Tämä tuo mukanaan ylimääräistä työtä ja vaikuttaa aikatauluihin sekoittaen nostoketjua. Nostosuunnittelun näkökulmasta vielä voidaan myös todeta, että maxilohkojen tekeminen vaatii enemmän aukkojen sulkemista, lisäen myös samalla nostosuunnittelun työmäärää ja riskejä. Nostosuunnittelijoiden haastatteluista ei ilmennyt yhtään hyödyllistä näkökulmaa maxilohkojen rakentamisessa. (Ohtonen & Salonen.)

Kentällä tapahtuvista nostoprosesseista vastaavien henkilöiden haastatteluista saatiin myös selville, että maxilohkoista on heille enemmän haittaa, kuin hyötyä. Pystymaxeissa, joissa kaksi suurlohkoa asennetaan päällekkäin, työskentely on erityisen vaativaa. Ensin alempi suurlohko nostetaan kentälle paikalleen, ja sitä on jo tuettava runsaasti kallistumisen ja painauman välttämiseksi. Ylemmän suurlohkon nostaminen alemman päälle tuo mukanaan erilaisia mittauksia ja kääntämissä, jotta se saataisiin asetettua kohdilleen. Tässä vaiheessa saattaa jo korostua mahdollinen painuminen maahan.

Maxilohkoissa tukemisten, tarkastamisten ja nostojen määrä kasvaa, ja painorajoissa pysyminen tuo omat haasteensa. Erityisen haastavana pidetään 25 metrin korkean maxilohkon nostamista runkoon ja sen mitoittamista. Pienet mittaheitot alhaalla moninkertaistuvat yläpäässä, mikä luo lisähaasteita nostoille ja maxilohkojen tarkkuudelle. Suurlohkojen kohdistaminen paikoilleen rungossa nähdään vähemmän aikaa vievänä vaihtoehtona. Maxilohkojen nosto runkoon







vie noin 8 tuntia, ja sen jälkeen niiden kohdistus kestää vielä useita päiviä. Tämä estää pukkinosturin käytön muihin tehtäviin ja pahimmassa tapauksessa kumpaakaan pukkinosturia ei voida käyttää päivän aikana muihin tehtäviin, sillä ne kulkevat samoilla kiskoilla.

Haastatteluista kävi myös ilmi, että kuljetusvaunun käyttö maxilohkoihin voi aiheuttaa vaurioita vaunuun sekä itse maxilohkoon. Myös pukkinosturin rasitus on huomattavan kovilla, kun nostetaan painavaa maxilohkoa. Maxilohkojen nostojen riskejä lisää myös kuormaylitykset ja talviolosuhteet. Kuormaylityksiä saattaa tapahtua, kun varustelua lisätään maxilohkoihin liikaa, ja näin nosturin nostokapasiteetti voi tulla vastaan. Tällöin joudutaan harkitsemaan varustelun purkamista, mikä aiheuttaa ongelmia aikataulussa. Talviolosuhteiden vaikutus, kuten lumen, veden ja jään lisääntyneet painot, on maxilohkojen kohdalla suurempi verrattuna suurlohkoihin. Maxilohkojen puhdistaminen talvella vaatii ylimääräistä vaivaa, ja jäiden sulattaminen on haasteellista ilman sopivia tiloja. Jään ja lumien poistamiseen joudutaan maxilohkojen kohdalla yleensä rakentamaan telineet, joita pidetään niiden liukkauden vuoksi erittäin vaarallisina varsinkin pystymaxilohkojen kohdalla. (Laaksonen, Kulovac & Kartal.)

3.2.5 Tulosten yhteenveto

Haastatteluiden ja kerättyjen tietojen perusteella, saatiin luotua taulukko, jolla pystytään havainnollistamaan paremmin maxilohkon vaikutus jokaisessa laivanrakennuksen prosessin vaiheessa. Alla olevassa taulukossa (Taulukko 1.) näytetään prosessin vaiheet ja maxilohkojen vaikutus niihin asteikolla 1-5. Pienimmällä numerolla tarkoitetaan suurta haittavaikutusta ja suurimmalla numerolla positiivista vaikutusta. Numerolla kolme, vaikutus on erittäin pientä tai neutraalia. Rungonkoonnin vaiheessa maxilohkojen vaikutus on erittäin negatiivista. Perussuunnittelussa ja suurlohkonkoonnissa vaikutus on lievempää, mutta edelleen negatiivista. Valmistussuunnittelussa, osavalmistuksessa ja lohkonkoonnissa maxilohkojen vaikutus on olematonta. Projektiorganisaation työhön maxilohkojen vaikutus oli vähäistä, mutta positiivista. Varustelulle maxilohkojen vaikutus on erittäin positiivista.

Taulukko 1. Maxilohkon vaikutus jokaisessa laivan rakentamisen prosessissa

Projektivaihe	1	2	3	4	5
Projektiorganisaatio					
Perussuunnittelu					
Valmistussuunnittelu					
Osavalmistus					
Lohkonkoonti					
Suurlohkonkoonti					
Rungonkoonti					
Varustelu					

4 Pohdinta ja kehitysehdotukset

Tutkimuksemme tavoitteena oli arvioida haastattelujen ja kerättyjen tietojen perusteella, että tarjoaako maxilohkojen valmistus Turun telakalle enemmän etuja vai haittoja verrattuna suurlohkojen valmistamiseen. Saavutimme mielestämme tavoitteet melko hyvin ja valitsemamme tutkimusmenetelmät tukivat parhaiten niihin pääsemistä. Haasteina oli tutkimuksen ajankohta, sillä tuotannossa ei ollut tutkimuksen aikana tekeillä yhtään maxilohkoa ja muiden projektien kiireellisyys telakalla vaikeutti asiantuntijoiden tavoitettavuutta haastatteluja varten. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että maxilohkojen käyttöönotto laivanrakennusprosessissa vaikuttaa joihinkin vaiheisiin merkittävästi, kun taas toisiin ei lainkaan. Näiden vaikutusten ymmärtäminen on olennaista, kun pyritään optimoimaan laivanrakennusprosessin tehokkuutta ja hallitsemaan mahdollisia haasteita.

Ensimmäinen havaintomme koski maxilohkojen vaikutusta projektiorganisaatioon ja perussuunnitteluvaiheeseen. Maxilohkojen vaikutus projektiorganisaation työhön oli hyvin vähäistä, verrattuna muihin projektin vaiheisiin. Maxilohkojen rakentaminen tarjoaa helpotusta pihapaikkojen rajallisuuden ongelmaan, mutta ei poista ongelmaa kokonaan. Pihapaikkojen säästäminen ei mielestämme yksinään ole riittävä syy tuottaa maxilohkoja. Saimme selville, että maxien tuottaminen suurlohkojen sijaan tuottavat perussuunnittelulle lisää FEM-laskentatyötä. Suuremman rakenneyksikön lujuuksien laskennat ovat huomattavasti haastavimpia ja vaativat enemmän suunnittelua. Haasteenamme oli saada tarkempaa tietoa työmäärän kasvusta, jolla olisimme voineet havainnollistaa lisätöiden määrää.

Huomasimme, että maxilohkojen valmistuksella ei ole merkittävää vaikutusta osavalmistuksen ja lohkonkoonnin rakennusprosessissa. Näissä prosessien vaiheissa mittatarkkuuksien erityinen huomioiminen voisi mahdollisesti vaikuttaa positiivisesti maxilohkoja koottaessa myöhemmissä työvaiheissa.

Suurlohkonkoonnissa ja rungonkoonnissa maxilohkojen käyttöönotto toi esiin ylimääräisiä työvaiheita ja mittatarkkuusongelmia. Mittatarkkuus ongelmia on

tietenkin myös suurlohkojen rakentamisessa, mutta varsinkin maxilohkojen ongelmat moninkertaistuvat niiden suuren koon ja vaikean hallitsemisen vuoksi. Saimme selville, että mittatarkkuuksien ongelmat johtuvat yleisesti rakennuspaikan haasteellisuudesta, kun kokoaminen tapahtuu ulkona asfaltin päällä. Myös raudan työstämisen aiheuttama eläminen vaikuttaa lisäksi vaakamaxilohkojen mittoihin. Rungonkoonnin vaiheessa huomasimme, että maxilohkot vaikeuttavat kokonaisuuden nostamista ja paikalleen sovittamista, ja mittavirheet edellyttävät ylimääräisiä korjaustoimenpiteitä. Liikuttaminen on huomattavasti vaikeampaa verrattuna suurlohkoihin, niiden suuremman koon ja painon vuoksi. Tukirautojen suuri määrä maxilohkoissa ja niiden poistamisen vaikeus huomattiin toiseksi merkittäväksi ongelmaksi rungonkoonnissa. Tutkimuksemme tulokset osoittivat, että maxilohkojen runkoon nosto ja asentaminen vievät enemmän aikaa ongelmista johtuen, vaikuttaen negatiivisesti kaikkiin aikatauluihin. Tuloksista kävi myös ilmi, että myös suurlohkojen asentamisessa runkoon on ongelmia, mutta ei niin paljon, kuin maxilohkoissa. Näitä haasteita on tärkeää tarkastella tarkemmin jatkossa, jotta voidaan kehittää menetelmiä, jotka minimoivat ylimääräisen työn ja varmistavat suurlohkojen vaivattomamman yhdistämisen.

Vaakamaxilohkojen käyttö laivanrakennuksessa tarjoaa tehokkuusetuja varusteluprosessissa, vähentäen työmäärää ja mahdollistaa aikaisemman varustelun ennen runkoon nostamista. Jotta varustelu pääsee hyödyntämään näitä etuja, vaaditaan että jokainen työvaihe pysyy aikataulussa ja varustelu pääsee aloittamaan työnsä ajallaan. Haastatteluista selvisi, että näitä mahdollisia etuja ei ole päästy kunnolla hyödyntämään, sillä maxilohkot harvoin valmistuvat ajallaan, niiden haastavan rakentamisen ja hallitsemisen vuoksi. Pystymaxilohkojen osalta kävi ilmi, että niiden mahdolliset hyödyt eivät ole yhtä merkittäviä, kuin vaakamaxilohkojen tapauksessa. Tämä johtuu siitä, että pystymaxilohkojen varustelussa on odotettava, kunnes kaikki lohkosaumamat ovat valmistuneet ja alueet luovutettu. Tässä vaiheessa sääolosuhteet voivat vaikeuttaa prosessia. Joten pystymaxilohkojen käyttöä ei voida pitää kovinkaan hyödyllisenä varustelunkaan kannalta. Huomasimme tutkimuksessa, että tukirautojen suuri määrä maxilohkoissa aiheuttaa myös ongelmia varustelulle.

Varustelu joutuu näitä välillä itse poistamaan päästäkseen aloittamaan työnsä aikataulussa ja kerätyistä tiedoistamme ilmenee, että näistä syntyy lisätyökustannuksia.

Nostosuunnittelun ja nostoprosessien näkökulmasta maxilohkojen haasteet liittyvät ensisijaisesti nostokorvien ja tukirautojen runsaaseen määrään, mikä vaatii lisäsuunnittelua verrattuna suurlohkoihin. Tämä johtuu siitä, että maxilohkot ovat tuplasti suurempia ja painavimpia, kuin suurlohkot. Näiden korvien ja tukien lisääminen on välttämätöntä turvallisuuden ja toimivuuden kannalta, nostettaessa näin suuria kokonaisuuksia. On syytä pohtia, kannattaako käyttää näin suuria rakenneyksiköitä, joissa painojen noustessa maksiminostokapasiteetti tulee hyvin lähelle ja joskus jopa ylittyy. Turvallisuusriskit nousevat aina korkealle näissä tapauksissa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että maxilohkojen käyttö laivanrakennuksessa voi tuoda merkittäviä etuja. Tutkimustemme perusteella maxilohkojen tehokas tuottaminen vaatii lisäresursseja ja kehittyneempiä tuotantoprosesseja. Nykyisillä telakan resursseilla emme kuitenkaan kykene maksimoimaan tarpeeksi maxilohkojen tarjoamia mahdollisia hyötyjä. Näemme, että investoimalla ja kehittämällä tuotantoprosessia voitaisiin parantaa maxilohkojen tehokkuutta ja siten saavuttaa suurempi hyöty niiden käytöstä.

Olemme kehittäneet ja kerännyt haastatteluista yhteen muutamia kehitysideoita, joilla voisi olla mahdollista ehkäistä havaittuja ongelmia maxilohkojen rakentamisessa. Mielestämme ensimmäiseksi oli syytä varmistaa jokaisen prosessin välinen toimiva kommunikaatio. Tällä voitaisiin ehkäistä väärintymmärrykset ja turhan työn tekeminen, joissa aina kuluu aikaa ja resursseja. Laadun tärkeys on noussut myös esille jokaisessa haastattelussa työvaiheesta riippumatta. Laaduntarkkailu jokaisessa prosessin vaiheessa olisi erittäin tärkeää, ja sillä voitaisiin ennaltaehkäistä ongelmia myöhemmissä työvaiheissa. Maxilohkojen kokoamisessa esiintyneitä ongelmia voitaisiin ehkäistä muutamalla kehitysidealla. Ensimmäinen keskeinen kehitysidea olisi suuremman tuotantohallin rakentaminen maxilohkojen valmistusta varten. Tämä mahdollistaisi maxilohkojen tarkemman rakentamisen sisätiloissa, sekä

tarvittaessa talvikaudella lohkojen sulattamisen, mikä edistäisi tuotannon tehokkuutta ja turvallisuutta. Toinen parannusehdotus liittyy koontipaikan pohjarakenteeseen. Asvalttipohja voitaisiin korvata betonipohjalla, johon asennettaisiin kiskot lohkon lukitsemista varten. Tämä tarjoaisi vakaamman perustan maxilohkojen rakentamiselle. Betonipohja tukisi paremmin raskaita valmistusprosesseja, mikä johtaisi parempaan laatuun ja tehokkuuteen maxilohkojen tuotannossa.

5 Yhteenveto

Opinnäytetyössämme tavoitteena oli selvittää Meyer Turku Oy:lle, että kannattaako suurempaa rakenneyksikkökokoa käyttää laivanrakennusprosessissa. Työssämme tehtävänä oli tutkia ja perustella, miksi maxilohkojen rakentaminen voi olla kannattavaa tai miksi se ei välttämättä ole.

Aloitimme työn perehtymällä laivanrakennuksen prosessin jokaiseen vaiheeseen. Teoriaosuudessa olemme pyrkineet havainnollistamaan jokaisen työvaiheen kulkua tekstien ja kuvien avulla, jotta prosessin etenemistä olisi helpompi ymmärtää.

Suoritimme tutkimuksen haastattelemalla Turun telakan laivanrakennusprosessin eri vaiheiden työntekijöitä, saadaksemme kattavan kuvan maxilohkojen vaikutuksista. Haastattelimme 17 asiantuntijaa suunnittelun ja tuotannon vaiheista, kuten projektiorganisaatiosta, rakennustapasuunnittelusta, valmistussuunnittelusta, nostosuunnittelusta, suurlohkonkoonnista, rungonkoonnista, nostologistiikasta ja varustelusta. Haastatteluiden tueksi keräsimme dokumentoituja tietoja, jotka purimme kaavioiksi ja taulukoiksi, selventääksemme konkreettisia eroja suur- ja maxilohkojen välillä.

Tutkimuksen tulokseksi saatiin, että maxilohkojen käyttämisestä laivanrakennuksessa mahdollistaa tehokkuutta ja aikasäästöä etenkin vaakamaxilohkojen kohdalla prosessien joissain vaiheissa. Samalla saatiin selville, että ne tuovat haasteita ja aiheuttavat suuria määriä lisätyötunteja useissa prosessivaiheissa. Yleisimpiin haasteisiin kuuluvat tukirautojen ongelma, teräksen hallinta, ja ylimääräiset työvaiheet. Voidaan todeta, että maxilohkojen käyttö voi tuoda hyötyjä, mutta se edellyttää lisäresursseja ja kehittyneempiä tuotantoprosesseja. Esitimme kehitysideoina parannuksia kommunikaatioon, tarkempaan laaduntarkkailuun sekä harkittuja muutoksia tuotantoympäristöön.

Maxilohkojen käyttöä tulisi puntaroida jokaisen työvaiheen näkökulmasta ja varmistua niiden kannattavuudesta, ennen niiden tuotannon jatkamista.

Jatkotutkimuksessa voitaisiin syventyä vielä tarkemmin yksittäisiin haasteisiin, kerätä enemmän tietoa ajankäytöstä joka prosessin vaiheessa ja etsiä tarkempia ratkaisuja näiden haasteiden selvittämiseksi.

Lähteet

Haastattelut:

Anttila Petri. Meyer Turku Oy. Haastattelu 3.11.2023. Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Halonen Sami. Meyer Turku Oy. Haastattelu 2.11.2023. Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Hietala Ville. Meyer Turku Oy. Haastattelu 14.11.2023. Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Jakonen Riku. Meyer Turku Oy. Haastattelu 3.11.2023 Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Kartal Senad. Meyer Turku Oy. Haastattelu 16.11.2023. Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Kirman Burak. Meyer Turku Oy. Haastattelu 30.10.2023. Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Kulovac Elvis. Meyer Turku Oy. Haastattelu 16.11.2023. Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Laaksonen Timo. Meyer Turku Oy. Haastattelu 16.11.2023. Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Laine Juha. Meyer Turku Oy. Haastattelu 14.11.2023. Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Lövgren Karl. Meyer Turku Oy. Haastattelu 20.11.2023. Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Mehto Petri. Meyer Turku Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 7.12.2023.

Niemi Lauri. Meyer Turku Oy. Haastattelu 20.11.2023. Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Ohtonen Oskar. Meyer Turku Oy. Haastattelu 30.11.2023. Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Salonen Tomi. Meyer Turku Oy. Haastattelu 30.11.2023. Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Taipale Niko. Meyer Turku Oy. Haastattelu 6.11.2023. Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Välimäki Pasi. Meyer Turku Oy. Haastattelu 15.11.2023. Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Väänänen Seija. Meyer Turku Oy. Haastattelu 8.11.2023. Haastattelijoina toimineet Hannula, T ja Pulli, A.

Internet:

Kallinen, Timo & Kinnunen, Taina. Etnografia. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/laadullisen-tutkimuksen-aineistot/haastattelut/> Viitattu 11.12.2023.

Makkonen, S. & Lavikainen, P. 2020. Työohjeet apuna asiantuntijatyössä. LAB Pro. Viitattu 11.11.2023. <https://www.labopen.fi/lab-pro/tyoohjeet-apuna-asiantuntijatyossa/>

Meyer Turku Intranet. Meyer eClass, Laivasuunnittelun prosessista. 2020. Viitattu 30.10.2023.

Meyer Turku Intranet. Meyer eClass, Modulointi. 2017. Viitattu 20.11.2023

Meyer Turku Intranet. Meyer eClass, Runkotuotannon osavalmistus. 2017. Viitattu 7.11.2023.

Meyer Turku Intranet. Meyer eClass, Työnsuunnittelu. 2017. Viitattu 11.11.2023.

Meyer Turku Intranet. Meyer eClass, Varustelutuotanto. 2019. Viitattu 16.11.2023.

Meyer Turku Intranet. Kronodoc, Rungon rakennustapaohje 2023. Viitattu 15.11.2023

Meyer Turku Oy 2022. Vastuullisuusraportti. Viitattu 12.10.2023.
https://www.meyerturku.fi/en/05_sustainability/meyer_turku_vastuullisuusraportti_2022_web_.pdf

Meyer Turku Oy 2023. Kokemus kohtaa innovaatiot. Viitattu 12.10.2023.
<https://www.meyerturku.fi/fi/yritys/index.jsp>

Meyer Turku Oy 2023. FAQ: What is meant by "modular construction"? Viitattu 20.11.2023. <https://www.meyerturku.fi/en/faq.jsp>

Wärtsilä Oyj Abp 2023. Encyclopedia of marine and energy technology. Viitattu 22.11.2023. <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/specifications-contract-specifications-newbuilding-specifications-technical-specification>

Kirjat:

Räisänen Pekka. 2000. Laivatekniikka – Modernin laivanrakennuksen käsikirja. 2. Painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. Viitattu 4.11.202

Haastattelukysymykset

1. Mikä on sinun työnkuvasi prosessissa?
2. Mitä erityisiä haittoja on käyttää maxilohkoja?
3. Mitä erityisiä hyötyjä on käyttää maxilohkoja?
4. Aiheuttaako maxilohkojen tekeminen paljon lisätyötunteja?
5. Mahdollisia parannusehdotuksia?

Haastatteluissa käytettiin myös paljon prosessin eri vaiheisiin liittyviä yksilöityjä kysymyksiä. Haastatteluissa ilmeni myös lisäkysymyksiä, haastateltavan vastauksen perusteella. Haastatteluissa annettiin myös aina mahdollisuus vapaaseen sanaan, haastattelun lopuksi.