

Juha Järvinen

Koneikkovalmistuksen kehittäminen Helsingin telakalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinööriytyö

27.5.2016

Tekijä Otsikko	Juha Järvinen Koneikkovalmistuksen kehittäminen Helsingin telakalla
Sivumäärä Aika	47 sivua 27.5.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaaja	Lehtori Markku Saarnio Työnjohtaja Jari Halinen
<p>Tämä insinööri työ käsitteli Helsingin telakan putkipajan koneikkovalmistusta. Työn tavoitteena oli tutkia pajatuotantoa ja kehittää sitä tehokkaammaksi. Insinöörityön toteutuksen kannalta keskeisimpiä tarkastelukohteita olivat työvaiheiden seuranta, työnlaadun seuranta ja kokonaisvaltainen tuotanto.</p> <p>Työ aloitettiin käymällä läpi yrityksen historiaa ja nykytilaa. Teoriaosuudessa käsiteltiin laivassa ja koneikoissa käytettäviä putkia, putkien liittämistapoja sekä koneikkojen teoriaa ja valmistusvaiheita. Insinöörityön aikana käytiin yritysvierailulla katsomassa ulkoisen konepajan toimintaa. Työssä seurattiin kahden erilaisen koneikon valmistusprosessia, ja niiden perusteella laskettiin läpimenoajat.</p> <p>Valmistusprosessin työvaiheita seuraamalla nähtiin ongelmakohdat ja niiden perusteella laadittiin parannusehdotukset. Insinöörityön tulokset huomioimalla voidaan parantaa koneikkojen valmistuksen läpimenoaikaa tulevaisuudessa.</p>	
Avainsanat	koneikko, putkipaja, valmistusprosessi

Author Title	Juha Järvinen Development of the Manufacturing of Machinery Units in Arctech Helsinki Shipyard
Number of Pages Date	47 pages 27 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Energy and Environmental Engineering
Instructor(s)	Markku Saarnio, Lecturer Jari Halinen, Foreman
<p>The topic of this Bachelor's thesis was the development of the manufacturing of machinery units in Arctech Helsinki Shipyard. The aim of this thesis was to study the workshop production and develop its efficiency. The main objectives of the thesis were to inspect the work steps, quality management and the overall production.</p> <p>The study was started by examining the company's history and current status. The theoretical part describes the different pipes of ships and machinery units, the assembly methods of pipes, the theory of machinery units and production steps. During the thesis company visits were made and the operations of the external workshop were investigated. The production process of two different machinery units was studied. Based on these results, the lead time of the process was calculated.</p> <p>In conclusion, the following stages of the manufacturing process were seen as problem areas and suggestions for improvement were made on their basis. As a result, the lead time of the machinery unit's production can be improved in the future by paying attention to the results of this thesis.</p>	
Keywords	machinery unit, workshop, manufacturing process

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tavoitteet ja rajaus	1
1.2	Työn tausta	1
2	Arctech Helsinki Shipyard Oy	2
3	Laivan putkistot ja varusteet	3
3.1	Putkistojen erityisvaatimuksia	3
3.2	Putkistojärjestelmien jaottelu	4
3.3	Pumppujen ominaisuuksia	4
3.4	Putkistojen venttiilit	5
3.5	Putkistojen liittäminen	6
3.5.1	Hitsaus	7
3.5.2	Juottaminen	10
3.5.3	Liimaus	10
3.5.4	Laippaliitokset	10
3.5.5	Kierrelitokset	10
3.5.6	Erikoiskytkennät ja mekaaniset liitokset	11
3.6	Putkistojen eristykset	11
3.7	Merivesiputkistojen materiaalit	12
3.8	Korroosio	13
4	Koneikot	14
4.1	Valmistustapa ja komponentit	14
4.2	Koneikon suunnittelu ja sen ongelmat	16
4.3	Koneikon työsuunnittelu ja sen ongelmat	17
4.4	Koneikon hankinta ja sen ongelmat	17
4.5	Koneikon valmistus	18
4.5.1	Rungon valmistus	18
4.5.2	Putkien esikokoaminen	19
4.5.3	Jatkojalostus	19

5	Koneikkovalmistuksen tutkimus	21
5.1	Tutkittavat koneikot	21
5.1.1	Hätädiesel-polttoaineen siirtokoneikko K09-A21 L380	21
5.1.2	Rakenneyksikkö K01-A12	26
5.2	Ongelmat valmistuksessa	30
6	Alihankkijan valmistusprosessin vertailu	34
6.1	Caverion yrityksenä	34
6.2	Tuotantoprosessin seuranta	34
7	Päätelmät ja yhteenveto	36
7.1	Päätelmät	36
7.2	Yhteenveto	43
7.2.1	Hätädiesel-polttoaineen siirtokoneikko K09-A21	43
7.2.2	Rakenneyksikkö K01-A22	44
	Lähteet	45

Lyhenteet

AHS	Arctech Helsinki Shipyard Oy.
CNC	Computerized Numerical Control. Tietokoneistettu numeerinen ohjaus.
DN	Diameter Nominale, nimellismitta. Käytetään tunnistamaan tietyn halkaisijan kokoiset putket.
EP	Esivalmisteputki.
KET	Keskeneräinen tuotanto.
LITTERA	Systeeminumero. Laivan järjestelmille käytettävä nelinumeroinen tunniste.
MARS	Helsingin telakalla käytössä oleva materiaalinhallintajärjestelmä.
SP	Soviteputki.

1 Johdanto

1.1 Työn tavoitteet ja rajaus

Tämän insinööriyön tarkoituksena on kehittää Helsingin telakan koneikkovalmistusta. Työssä selvitetään tämänhetkinen valmistustapa ja sen ongelmakohdat. Tavoitteena on kehittää pajatuotantoa tehokkaammaksi. Työn perusteella yritetään parantaa koneikkovalmistuksen läpimenoaikaa ja tuottavuutta.

Työssä käydään läpi koneikkojen valmistaminen suunnittelusta jalostukseen. Valmistuksen kehittäminen rajataan pajatuotantoon. Työn tuloksilla pyritään selvittämään tuotannon ongelmat, valmistuksen läpimenoaika ja investointitarpeet.

1.2 Työn tausta

Koneikkojen valmistusprosessin hitaus on ollut pitkään ongelma Helsingin telakalla. Se saattaa heijastua laivojen rakentamisen työvaiheiden aikataulumuutoksina. Pajatuotannon tämänhetkisiä ongelmia koneikkovalmistuksessa ovat lisäksi materiaalipuutteet ja koneikkojen rungon useat materiaalit.

Työn aihe tuli putkipajatyönjohtaja Jari Haliselta sekä konevarustelun entiseltä osastopäälliköltä Mikko Juvoselta. Jari Halisella on ollut tarvetta saada henkilö tutkimaan putkipajan toimintaa. Helsingin telakan putkipajan parannusehdotuksista on hyvä olla kirjallinen asiakirja. Tämä työ on dokumentti siitä.

2 Arctech Helsinki Shipyard Oy

Helsingin telakalla on pitkä 151 vuotta vanha historia, jonka aikana nimi ja omistajat ovat vaihtuneet useaan kertaan. Alkunsa telakka sai vuonna 1865 nimellä Helsingfors Skeppsdocka. Vuonna 1894 aloitti toimintansa Hietalahden Sulkutelakka ja Konepaja. Wärtsilä oli Helsingin telakan omistaja vuodesta 1936 vuoteen 1989, kunnes meni konkurssiin. Masa-Yards perustettiin vuonna 1989 ja siitä tuli uusi omistaja. Kvaerner osti Masa-Yardsin vuonna 1991 ja siitä syntyi Kvaerner Masa-Yards. Vuonna 2004 Kvaerner Masa-Yards fuusioitui Aker Finnyardsin kanssa ja yhtiöstä tuli Aker Finnyards Oy. Vuonna 2006 yhtiö vaihtoi nimensä Aker Yardsiksi. STX Europe osti yrityksen vuonna 2009. Vuonna 2010 joulukuussa perustettiin Arctech Helsinki Shipyard Oy (AHS), kun STX Finland ja venäläinen United Shipbuilding Corporation (USC) allekirjoittivat yhteisyrityssopimuksen. Vuonna 2014 yhtiön koko osakekanta siirtyi venäläiselle United Shipbuilding Corporationille. [1.]

Helsingin telakalla on rakennettu laivoja autolautoista risteilijöihin, mutta se tunnetaan osaamisestaan erityisesti arktisessa laivanrakennuksessa. Jäänmurtajien rakentaminen aloitettiin Helsingissä vuonna 1910. Ensimmäinen jäänmurtaja oli Mercator. Helsingin telakalta on luovutettu yli 500 laivaa, joista jäänmurtajina toimii 60 % maailman kaikista jäänmurtajista. [2.]

Tällä hetkellä Arctech rakentaa LNG-käyttöistä jäänmurtajaa Suomen valtiolle. Jäänmurtaja käyttää polttoaineena nesteytettyä maakaasua sekä dieseliä. Lisäksi tilauskannassa on neljä jäätä murtavaa huolto- ja stand-by-alusta. [3.]

Helsingin telakan tontti on noin 17 ha, ja sen tuotantotiloihin sisältyvät: 280 m pitkä allashalli, katetut varusteluhallit, katetut maalaushallit ja kolme varustelulaituria. [4.]

3 Laivan putkistot ja varusteet

Koneikkoihin kuuluvat putkipaketti, runko ja laitteet. Tämä kappale kertoo tarkemmin laivan putkistoista ja varusteista, mikä antaa hyvät lähtökohdat ymmärtää koneikkovalmistusta ja laivan putkistojen kokonaisuutta.

Putkistolla tarkoitetaan yleensä järjestelmää, johon kuuluu laitteita, niitä yhdistäviä putkia, venttiileitä ja muita varusteita kuten liittimiä ja kannattimia. Putkistossa kiertävänä väliaineena toimii neste, kaasu tai höyry. Putkistosta voidaan käyttää myös nimitystä putkistojärjestelmä, jos halutaan esittää tekniset ja toiminnalliset asiat. Putkistojärjestelmä esitetään yleensä kaaviomuodossa. [13, s. 2.]

Putkistovarusteet ohjaavat putkiston virtausten sulkemista, säätöä ja varmistusta. Välillä putkistovarusteisiin kuuluvat myös putkistojen liitokset ja kiinnityslaitteet. [13, s. 55.]

3.1 Putkistojen erityisvaatimuksia

Laivan tilat ovat rajoitettuja, minkä takia putket joudutaan usein reitittämään väistellen erilaisia laitteita ja työskentelyalueita. Suoraviivainen reititys on yleensä mahdotonta eli putkilinjat johdetaan usein turkkilevyjen ja hoitotasojen alle tai kiinnitettynä yläpuoliseen kanteen. Laivan liikkeet asettavat järjestelmille erilaisia vaatimuksia, joten laitteiden ja varusteiden tulee kestää aluksen kallistelua, värähtelyä ja kiihtyvyyksiä. [13, s. 2.]

Ulkoiset olosuhteet eivät ole järjestelmän toiminnalle suotuisia. Ulkoilman ja meriveden lämpötilat vaihtelevat usein paljon. Meriveden suolapitoisuus aiheuttaa putkien syöpmistä. Aallot ja jäätyminen voivat aiheuttaa ulkokannen putkistoille suuria lisäkuormituksia. [13, s. 1 - 2.]

Turvallisuusvaatimukset ovat tärkeitä laivassa, jossa toimintojen keskeytyminen saattaa johtaa suuronnettomuuteen. Ulkopuolisen avun saanti hätätilanteessa voi olla vaikeaa merellä, joten laivoissa on turvallisuuteen liittyviä putkistojärjestelmiä kuten tyhjennys- ja palonsammutusputkistot. [13, s. 2.]

3.2 Putkistojärjestelmien jaottelu

Konehuoneen järjestelmän putkistoja ovat

- höyryjärjestelmät
- lauhde- ja syöttövesijärjestelmät
- polttoainejärjestelmät
- voiteluöljyjärjestelmät
- jäähdytysjärjestelmät
- ilma- ja kaasujärjestelmät.

[13, s. 2 – 3.]

Laivan apukoneistoihin liittyviä järjestelmiä ovat

- tyhjennysjärjestelmät
- painolastijärjestelmät
- sammutusjärjestelmät
- käyttövesijärjestelmät
- viemäri- ja jätevesijärjestelmät
- lämmitys ja kostutusjärjestelmät
- ilmastointijärjestelmät
- muonavarastojen jäähdytyskoneistot
- lastinkäsittelyn putkistojärjestelmät.

[13, s. 3 – 4.]

3.3 Pumppujen ominaisuuksia

Laivojen pumpuilta vaaditaan korkeaa toimintavarmuutta. Pumpuissa käytetään materiaaleja, jotka kestävät iskuja ja tärinää eivätkä ole hauraita. Usein myös korroosion- ja eroosionkestävyys ovat tärkeitä ominaisuuksia. Pumppujen helppo huollettavuus ja korjattavuus ovat suositeltavia. [13, s. 55.]

3.4 Putkistojen venttiilit

Venttiili on laite, jonka tehtävänä on säätää, sallia tai estää nesteiden tai kaasujen virtausta. Tässä kappaleessa on kerrottu erilaisista venttiileistä. Sulkuventtiilit nimetään sulkuelinmallin mukaan. Laivoissa käytettyjä tyyppejä ovat lautas-, luisti-, läppä- ja palloventtiilit ja hanat. [13, s. 55.]

Istukkaventtiilin toiminnan kannalta on tärkeää lautasen kiinnitys karaan, niin että ohjaus on hyvä, mutta lautanen pääsee vapaasti pyörimään. Pyörähdys varmistaa suljettaessa tiivyyden, koska se siirtää tiivisteen kohdalla olevat kovat partikkelit sivuun. Istukkaventtiilistä saadaan suljettava takaiskuventtiili lisäämällä siihen kierukkajousi, joka vetää lautasen auki-asentoon. Istukkaventtiilin haittapuolia ovat pituus ja iso virtausvastus. Välillä virtauksen yksisuuntaisuus tuottaa ongelmia. Merivesiputkistoissa käytetyt istukkaventtiilit ovat yleensä laipallisia, jolloin puhdistus on helpompaa. Makeavesiputkiston istukkaventtiilit ovat yleensä hitsattavia, jolloin liitoksen tiiveys on vahvempi. Hitsattu venttiili on kevyt ja säästää tilaa. Ongelmana on irrottaminen, joka vaatii sahaa, katkaisulaikkaa tai polttoleikkausta. Hitsausliitosta vältetään putkistoissa herkästi syttyvien aineiden takia. Huolto on helppoa, koska tiivistepinnat on helppo koneistaa ja varren tiiviste voidaan vaihtaa paineen ollessa päällä. [13, s. 55 - 56; 14, s. 149.]

Luistiventtiilissä on ulkokehällä pronssinen rengas, joka tiivistää suljettaessa kiilan pesän vastinpintoihin. Sillä on pieni virtausvastus ja se soveltuu virtauksensäätöön. Luistiventtiiliä ei voida käyttää korkeilla yli 20 barin paineilla. Sen käyttö kuluttaa paljon tiivistepintoja. [14, s. 149.]

Paineenalennusventtiilit ja ylipaineventtiilit ovat yleensä istukkaventtiileinä. Nesteille tarkoitetut venttiilit ovat suhteellisen lyhytiskuisia. Kaasuille ja höyryille vaaditaan pitkä isku. Ylipaineventtiiliä kutsutaan käyttötarkoituksen mukaan varoventtiiliksi. Paineenalennusventtiili päästää putkiston toisipuolelle halutun tasoista painetta riippumatta virtausmäärästä ja ensiöpuolen paineesta. Venttiilin hyvän toiminnan kannalta on tärkeää, että kummallakin puolella on riittävästi suoraa putkea. Paineenalennusventtiilin jälkeen asennetaan usein vielä varoventtiili turvallisuussyistä. [13, s. 56 – 57.]

Pikasulkuventtiilit ovat rakenteeltaan istukkaventtiilejä. Ne sulkeutuvat jousen voimasta ja ovat kaukotoimisia ohjauspaineella, sähkömagneetilla ja tapauskohtaisesti vaijerilla. Pikasulkuventtiileitä käytetään ainoastaan vaaratilanteissa. [13, s. 57.]

Läppäventtiilit ovat paljon käytetty venttiilityyppi laivojen putkistoissa. Ne sulkeutuvat tiiviisti ja toimivat hyvin molempiin suuntiin pienellä virtausvastuksella. Halpa hinta, rakennepituus ja keveys ovat taloudellisesti tärkeitä tekijöitä. Läppäventtiilin toimintaperiaatteena on sulkuelimenä toimiva pyöreä läppä, joka on auki-asennossa virtausaukossa. [13, s. 54.]

Palloventtiilit ovat yleisesti käytetty venttiilityyppi laivojen tekniikassa. Venttiilien sulkijana toimii pallo, jonka keskellä on putkiston sisähalkaisijaa vastaava reikä. Paine työntää sulkuasennossa pallon takimmaista rengasta vasten ja saa aikaan tiivistyksen. Palloventtiiliä voidaan käyttää ominaisuuksiensa vuoksi säätö- ja sulkuventtiilinä. Käytetään paljon pienten putkistojen erotusventtiilinä. Palloventtiilejä on suuria kokoja ja suuria paineita varten sekä ne soveltuvat virtauksen säätöön. [13, s. 59; 14, s. 149.]

Kalvoventtiileissä suljin on rungon ja kannen väliin puristettu kumikalvo, joka toimii kannen tiivisteenä. Venttiilin käyttöikä riippuu kalvon kestämisestä. Vähäinen rasitus kalvolle on nesteen aiheuttama paine auki-asennossa, mutta tiukkaan sulkemiseen lyhentää kalvon elinikää huomattavasti. Kalvoventtiilit sopivat ainoastaan sulkuventtiiliksi, ja laivoissa käyttö on vähäistä. [13, s. 60.]

Laitaventtiili on jousikuormitettu takaiskuventtiili. Venttiilin rakenne, materiaali ja asennus määritetään luokituslaitosten säännöissä, koska turvallisuus on tärkeää. Venttiili asennetaan ruuveilla suoraan laidoitukseen. [13, s. 60.]

Säätöventtiileillä kuristetaan virtausta, siten että painehäviön kasvulla siirretään pumpun toimintapiste alemmalle tuotolle. Yleisesti säätöventtiileillä säädetään virtausmääriä. Säätöventtiileitä ei välttämättä käytetä niissä järjestelmissä, joissa pumppujen tuottoa on säädeltävä. Säästösyistä voidaan suurten putkien säätöventtiilit korvata sulkuventtiileillä. [13, s. 61 – 62.]

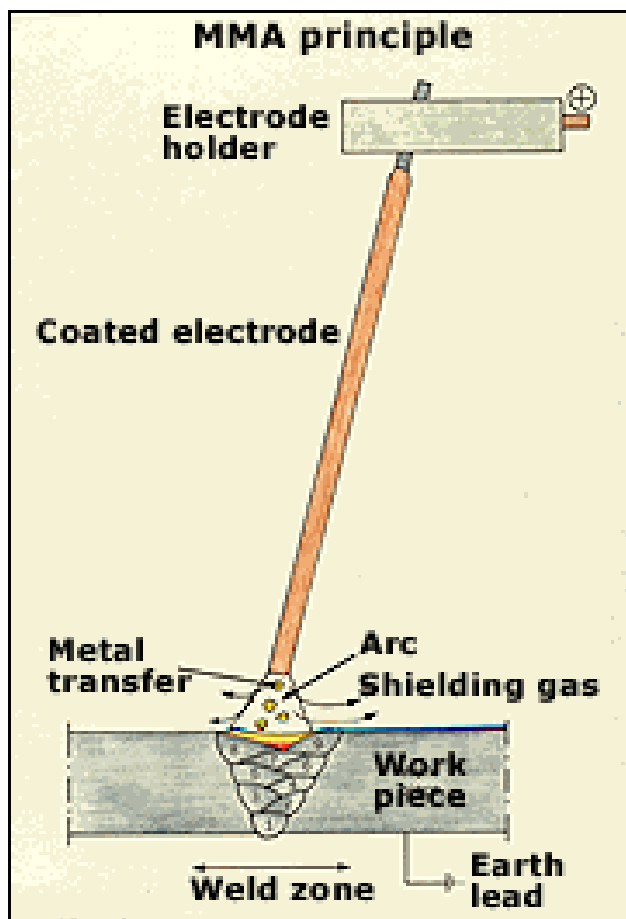
3.5 Putkistojen liittäminen

Putkistoja liitetään laivoissa erilaisilla liittämismenetelmillä. Kiinteitä liittämistapoja ovat hitsaus-, juotos ja liimaliitokset. Avattavia liittämismenetelmiä ovat ruuviliitokset, ruuvattavat muhvit ja laippaliitokset. Suurin osa laivojen liitoksista on purettavia liitoksia. Putki voidaan joutua irrottamaan korroosion tai huollon takia, ja se huomioidaan yleensä suunnitteluvaiheessa. [13, s. 63 – 64.]

3.5.1 Hitsaus

Hitsauksessa liitetään metallikappaleet yhteen kuumentamalla liitoskohta sulaksi ja sauman täyttöaineena käytetään lisänä usein vielä lisäainetta. Tässä kappaleessa käydään läpi erilaisia hitsausmenetelmiä, joita AHS:lla on käytössä. [24.]

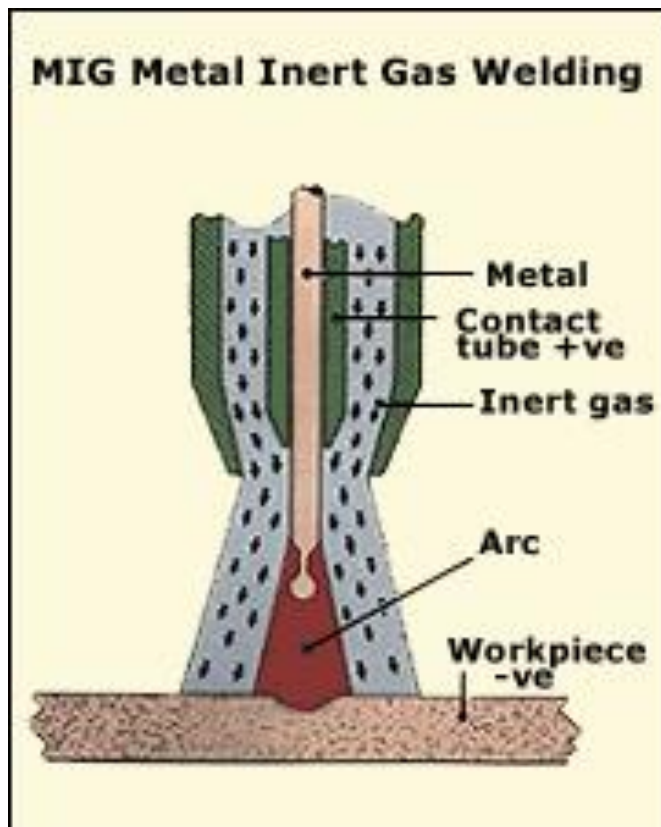
Puikkohitsaus on vanhin ja tunnetuin hitsausprosessi. Englannin kielessä se tunnetaan EN-standardien mukaisesti nimellä Manual Metal Arc Welding tai amerikkalaisten standardien mukaisesti nimellä Shielded Metal Arc Welding. Puikkohitsauksessa valokaari palaa työkappaleen ja hitsauspuikon välissä (kuva 1). Perusaine ja lisäainepuikon sydän sulavat valokaaren vaikutuksesta, joten lisäaine siirtyy valokaaren läpi hitsisulaan. Hitsaustapahtuman suoja syntyy puikon päällysteen muodostamista kaasuista ja kuonasta. Kuona jää hitsin pintaan ja se poistetaan hitsisulan jäähmettyä. Puikkohitsaus on käsin hitsausta eikä sitä voida mekanisoida lyhyen lisäaineensa takia. [12.]



Kuva 1. Puikkohitsaus [12].

Puikkohitsausta käytetään nykypäivänä todella paljon, vaikka vähemmän lisäaineita kulluttavia hitsausmenetelmiä on tullut markkinoille. Puikkohitsauksen etuja ovat joustavuus ja monipuolisuus, toimivuus kaikissa olosuhteissa, laaja lisäainevalikoima, yksinkertaisuus ja laitteiden helppo liikuteltavuus. AHS:lla puikkohitsausta käytetään muun muassa varusteluhitseissä. [12.]

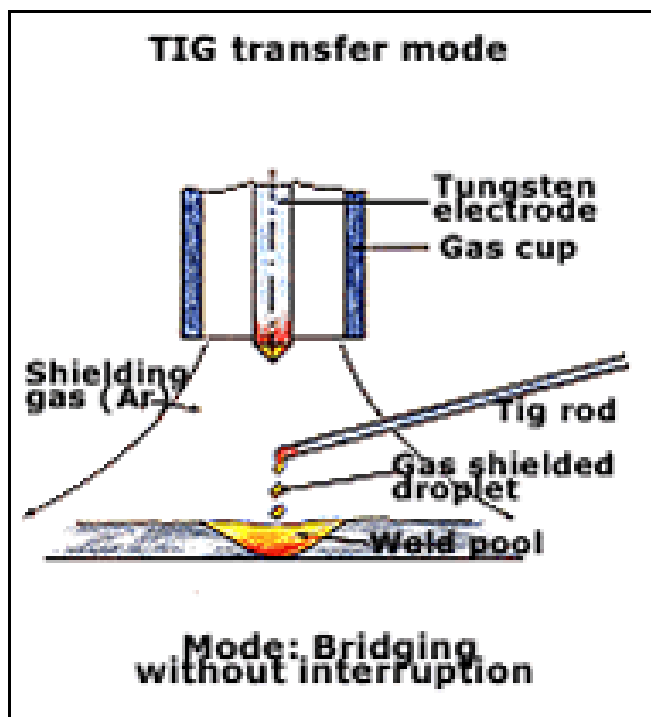
MIG- ja MAG-hitsaus ovat kaasukaarihitsausprosesseja, joissa valokaari palaa suoja-kaasun ympäröimänä työkappaleen ja hitsauslangan välissä. MIG (kuva 2) tarkoittaa Metal-Arc Inert Gas Weldingiä ja MAG Metal-Arc Active Gas Weldingiä. Hitsauksessa sulaa metalli siirtyä pisaroina langan päästä hitsisulaan. Langansyöttölaite antaa tasaisella nopeudella hitsauslankaa hitsauspistooliin ja siitä valokaareen. Suojakaasu voi olla aktiivinen (MAG) tai reagoimaton kaasua (MIG). MAG-hitsauksessa aktiivinen kaasua reagoi sulassa metallissa olevien aineiden kanssa. Tällöisiä kaasuja ovat joko puhdas hiilidioksidi tai argonin ja hiilidioksidin muodostama kaasua. MIG-hitsauksessa suoja-kaasu on inertti eli reagoimaton kaasua, niitä ovat argon ja helium. [15.]



Kuva 2. MIG-hitsaus [15].

MIG/MAG-hitsauksen etuja ovat jatkuva lisäainelanka, automatisoinnin ja mekanisoinnin helppous, kuonattomuus ja hyvä tuottavuus. Hitsauslaitteisto vaatii enemmän huoltoa ja on monimutkaisempi kuin puikkohitsauslaitteisto. Hitsaustapa on yleisin robottihitsauksessa. Yleensä terästen hitsaus on MAG-hitsausta ja ei-rautametallit hitsataan MIG:llä. [15.]

TIG-hitsaus (kuva 3) on kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa työkappaleen ja sulamattoman volframielektrodin välissä suojakaasun ympäröimänä. Suojakaasu on reagoimaton kaasu, joka on yleensä argon. Se suojaa kuumaa elektrodia hapettumiselta. Hitsausta voidaan tehdä lisäaineen kanssa tai ilman lisäainetta. Lisäaineen syöttöön käytetään koneellista langansyöttölaitetta mekanisoidussa hitsauksessa. TIG-hitsausta käytetään vaativien putkistojen hitsauksessa, ruostumattomien putkien ja putkipalkkien valmistuksessa, alumiinin hitsauksessa ja erikoismetallien hitsauksessa. Etuja ovat tunkeuman ja sulan hyvä hallinta, lämmöntonin hyvä säätö, puhdas hitsi ja kuonattomuus. [16.]



Kuva 3. TIG-hitsaus [16].

3.5.2 Juottaminen

Juottaminen on nykytekniikan laivaputkistoissa vähän käytössä. Sitä käytetään yleensä vain kuparille, erikoismessingille ja ohutseinäisille putkille. Juottamisessa kupariputket yhdistetään metallisella sideaineella, jonka sulamispiste on alhaisempi kuin yhdistettävien metallien. Liitettävät osat kuumennetaan ja sula juote täyttää kapillaarivoiman vaikutuksesta putken ja kapillaariosan välisen raon. [13, s. 64; 17.]

Kupariputkien juottaminen tehdään joko kovajuottamisella tai pehmeäjuottamisella. Nämä eroavat toisistaan juoteaineen koostumuksen ja lämpötilan osalta. Kova- ja pehmeäjuottamisen erottavana lämpötilana pidetään +450 °C. [17.]

Kovien kupariputkien juottamiseen on pitkään käytetty kovajuotosta, joka on luja ja kestävä. Kovajuotoksessa syntyvä metalli-metalliliitos vastaa ominaisuuksiltaan ja lujuudeltaan yhtenäistä putkea. Pehmeää juottoa käytetään rakenteissa, joissa ei esiinny rasakaita kuormituksia. [17.]

3.5.3 Liimaus

Liimaus on nykyaikainen menetelmä, joka soveltuu matala- ja keskipaineisille putkille. Liitoksen pituus on yleensä 5 - 20 kertaa seinämänpaksuus. Huono puoli on hidaskoivettuminen, joka pitää huomioida ennen painekokeiden tekemistä. Liimaus on kevyt vaihtoehto, mutta sitä harvoin pidetään etuna. [13, s. 64.]

3.5.4 Laippaliitokset

Laippaliitokset ovat purettavia liitoksia ja ehdottomasti käytetyin liitosmuoto laivoissa. Laippojen mitat on standardisoitu ja liitostavoista löytyy selkeät ohjeet luokituslaitosten määräyksistä. Laipat kiinnitetään vastakappaleeseensa pulteilla ja kiristetään kiinni. Laippaliitoksen tiivistämiseen käytetään erillistä tiivistettä, jonka tulisi olla mahdollisimman ohut. [13, s. 64.]

3.5.5 Kierreliitokset

Ruuvattavat kierreliitokset kuuluvat purettaviin liitoksiin. Niiden käyttö on yleistä pienissä putkissa halkaisijakokoon 40 mm asti. Ne soveltuvat hyvin korkeille paineille aina 160

bariin asti. Kierreliitoksina on käytetty kartiomaista putkikierrettä tai leikkaavaa rengasta. Leikkaavan renkaan etuja ovat pieni ulkoläpimitta, ja se sopii myös muoviputkille sekä liitos voidaan avata ja sulkea monta kertaa. Kierreliitosten on noudatettava kansainvälisiä standardeja, ja luokituslaitoksen sääntöjen mukaan niiden käyttö on rajoitettu eri putkiluokille määrättyyn halkaisijaraajaan asti. Kierreliitokset eivät myöskään sovi järjestelmiin, joissa kuljetetaan: myrkyä, herkästi syttyvää materiaalia, korroosiota tai eroosiota edistävää ainetta. [13, s. 64; 18, s. 18 – 19.]

3.5.6 Erikoiskytkennät ja mekaaniset liitokset

Erikoiskytkennät ja mekaaniset liitokset kuuluvat myös purettaviin liitoksiin. Niiden käyttö on yleistynyt huomattavasti putkiliitoksissa, mikä johtuu edullisuudesta verrattuna muihin liitosmenetelmiin [13, s. 64]. Erikoisliitokset vaativat luokituslaitoksen hyväksynnän: niiden pitää kestää määrätty paineet, lämpötila, värinä, sekä muut haittavaikutukset ja olla tiivis. Mekaanisten liitosten pitää noudattaa valmistajien asennusohjeita, kun niitä asennetaan esimerkiksi mittareihin tai muihin erikoistyökaluihin. Öljyjärjestelmissä mekaanisten liitosten määrä tulisi pitää vähäisenä ja suosia laippaliitoksia. [18, s. 19 – 20.]

3.6 Putkistojen eristykset

Putket ja järjestelmän osat lämpöeristetään seuraavissa tapauksissa:

- Putkiston väliaineen ei haluta jäähtyvän. Jäähtymisestä aiheutuu energian hukkaa tai viskositeetin kasvua, jonka seurauksena pumppaaminen vaikeutuu.
- Lämmin väliaine kulkee putkessa viileän tilan läpi, jonka lämpötilan ei haluta nousevan.
- Kylmän putken ulkopinnalle voi tiivistyä kosteutta lämpötilaerojen seurauksena. Kosteus voi aiheuttaa korroosiota.
- Kuumaa väliainetta kuljettava putki voi aiheuttaa ihmisille palovammoja, sulattaa lähellä olevia materiaaleja tai aiheuttaa palovaaran.

[13, s. 66.]

Lämmöneristys on hankalaa laivojen konehuoneissa, johtuen ahtaista tiloista. Laivaputkistojen lämmöneristykset tehdään yleensä myöhäisessä varusteluvaiheessa. Nykyisen rakentamistavan mukaan pyritään eristystöitä tekemään mahdollisuuksien mukaan putkipakettien ja koneikkojen rakennusvaiheessa. [13, s. 66.]

3.7 Merivesiputkistojen materiaalit

Hiiliteräkset vaativat suojauksen merivesijärjestelmissä. Merivesiputkien suojaukseen käytetään epoksinnoitusta ja kumivuorausta. Epoksilla pinnoitettu ja korroosiosuojattu hiiliteräs on toimiva ratkaisu. Korroosiosuojaus on välttämätön epoksinnoitteeseen syntyvien vaurioiden varalta. [14, s. 154.]

Sinkillä pinnoitettu teräs on hinnaltaan edullinen materiaali. Se kestää hyvin seisovaa merivettä, mutta jatkuva virtaus syövyttää galvanointia. Galvanoitu teräs ei sovi jäähdytysjärjestelmiin, mutta käy hyvin painolastiputkistoihin. [14, s. 154.]

Alumiinimessinkiä käytetään paljon merivesiputkistoissa, koska se on halvin erikoismateriaali. Puhtaassa merivedessä se kestää hyvin, mutta likaisissa vesissä syöpyy nopeasti. [14, s. 154.]

Nikkelikupariseokset ovat kalliita materiaaleja, mutta ominaisuuksiensa vuoksi paljon käytettyjä. Korroosionesto on hyvä puhtaassa merivedessä, mutta likainen merivesi aiheuttaa korroosiota. Virtausnopeudet ovat alhaisia. [14, s. 154.]

Titaani on kallis putkimateriaali, minkä takia sitä käytetään melko vähän. Ominaisuuksiltaan se on kevyt ja hyvin korroosiota kestävä. Sitä on suunniteltu käytettäväksi nopeiden ja suuritehoisten alusten jäähdytysputkistoon. Ne tarvitsevat vain ajoittain suuria virtausnopeuksia. [14, s. 154.]

Ruostumaton teräs on rautaseosta, joka sisältää kromia enemmän kuin 10 %. Hyvä korroosion kestävyys perustuu sen sisältämään kromiin. Pienimmillään on ongelmana pistesyöpymisen esiintyminen merivedessä. Ruostumaton teräs sallii korkeita virtausnopeuksia ja on nikkelikuparia halvempi. [14, s. 154.]

Lujitemuovi on vieraampi materiaali useille varustamoille. Se kestää hyvin merivettä, mutta asennus on erittäin vaativaa. Pienetkin kolhut saattavat tuhota putken, eli jos valmistuksessa on sattunut esimerkiksi naarmuja, saattavat kuidut alkaa imeä vettä. Hintaa on vaikea verrata muihin materiaaleihin erilaisten valmistusmenetelmien takia. Keveyttä pidetään etuna ja hintaa halvempi kuin nikkelikuparilla. Lujitemuovia käytetään yleensä painolastiputkistoissa. [14, s. 154.]

3.8 Korroosio

Korroosio on sähkökemiallinen reaktio, joka edellyttää samanaikaisesti kahden metallin, elektrolyytin ja hapen läsnäolon. Korroosiota ei esiinny, jos jokin edellä mainituista puuttuu. Korroosio on epäjalomman metallin syöpymistä. Yksinkertainen esimerkki korroosioista on raudan hapettuminen eli ruostuminen. [14, s. 153.]

Korroosiota voidaan torjua sopivan materiaalin valinnalla, pinnoitteilla, sähköisillä suojausmenetelmillä sekä kemikaalien käytöllä ja näiden menetelmien yhdistelmillä. [14, s. 153.]

Korroosion esiintymismuodot:

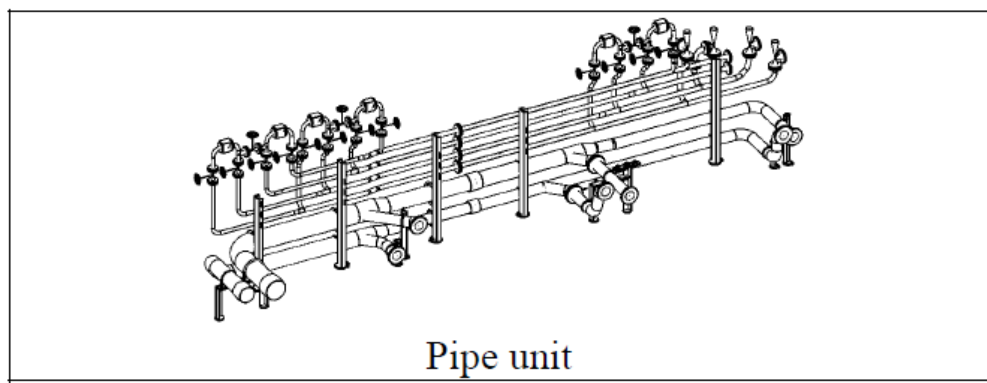
- yleinen tasaisesti etenevä korroosio
- pistesyöpyminen
- rakokorroosio
- jännityskorroosio
- raerajakorroosio
- eroosion ja kavitaation aiheuttama korroosio
- galvaaninen korroosio eri metallien välillä
- valikoiva liukeneminen.

[14, s. 153.]

4 Koneikot

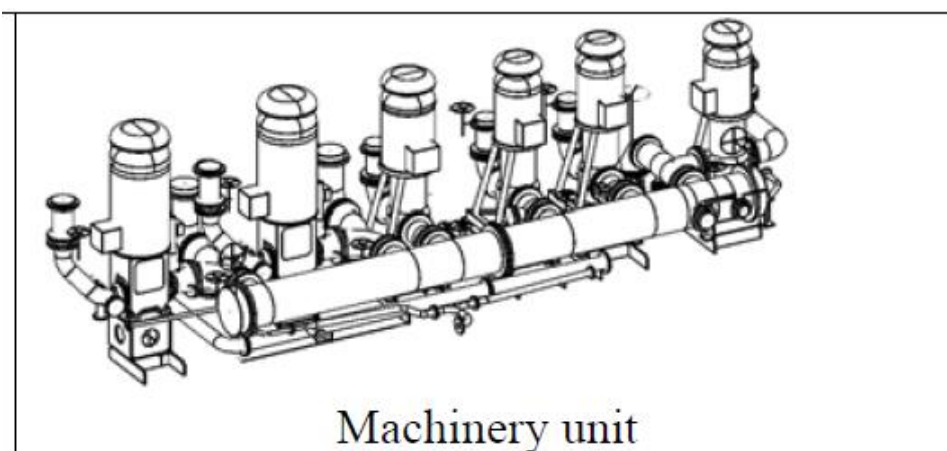
4.1 Valmistustapa ja komponentit

Nykyinen modulaarinen rakentamistapa suosii EP-putkien, koneiden ja laitteiden asen-
tamista varhaisessa varusteluvaiheessa, mikä vähentää asennustöitä laivassa. Tällöin
isot kokonaisuudet eli koneikot ja putkipaketit (kuva 4) pyritään valmistamaan koneikko-
pajoilla ennen laivoihin vientiä. Sillä pyritään tehokkaampaan tuotantoon ja kehittämään
tuotantoa standardisoiduksi ja yhtenäiseksi. Modulaarisen rakennustavan tavoitteena on
vähentää kustannuksia, lyhentää rakennusaikaa laivaprojekteissa ja lisätä esivalmius-
astetta. [19.]



Kuva 4. Putkipaketti [19].

Koneikolla tarkoitetaan yhden järjestelmän toiminnallista kokonaisuutta (kuva 5). Kahden
tai useamman koneikon, eri järjestelmien laitteiden ja esimerkiksi putkipaketin yhdistel-
mää kutsutaan rakenneyksiköksi. Koneikkoon kuuluu yleensä runko, putket ja muut kom-
ponentit. Muut komponentit ovat yleensä venttiileitä, pumppuja ja antureita. [5.]



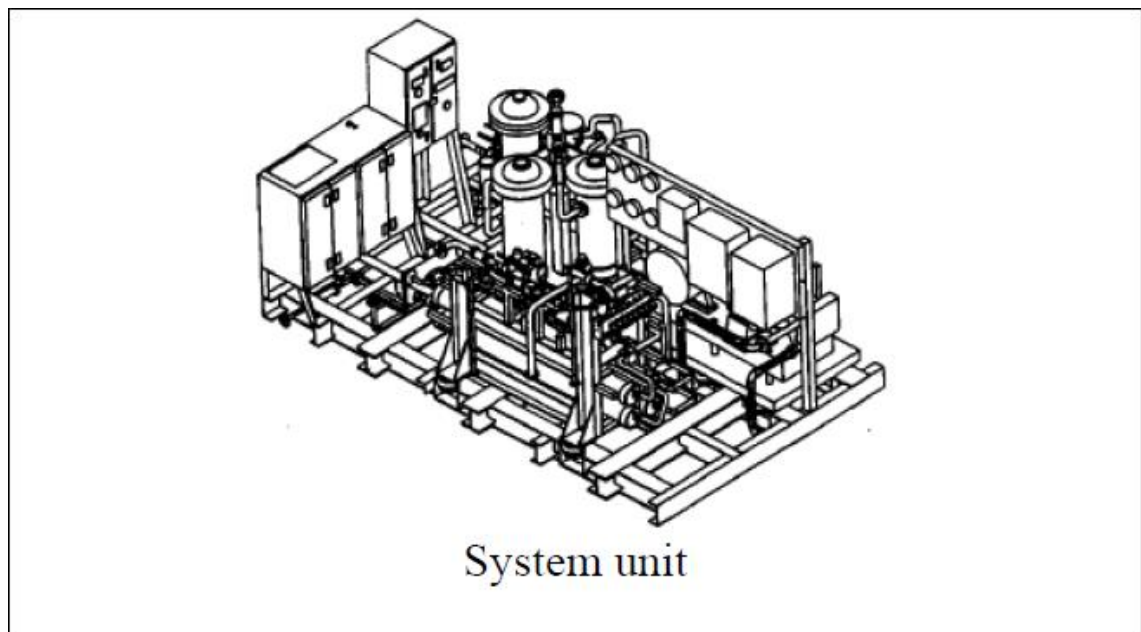
Kuva 5. Koneikko [19].

Koneikkovalmistus voidaan jakaa suunnitteluun, työsuunnitteluun, hankintaan ja valmistukseen.

Rakenneyksikkö (kuva 6) käsittää seuraavat osat:

- toiminnallisen koneikon ja koneikot
- yksittäiset laitteet
- pienputket
- saattolämmitykset ja eristykset
- kaapeliradat, MCC-keskukset ja sähkökaapit
- turkkilevyt.

[5.]



Kuva 6. Rakenneyksikkö [19].

4.2 Koneikon suunnittelu ja sen ongelmat

Koneikkojen suunnittelu käsittää rungon, putket, pumput, lämmönvaihtimet ja muut komponentit. Pienimmillään se tarkoittaa pumppua ja siihen liittyviä venttiileitä. Suunnittelu sisältää myös läpimenevät putket ja muut erilaiset laitteet. Käynnistimet ja muut sähkölaitteet pyritään asentamaan koneikkoon valmiina, koska niitä on vaikea saada jälkikäteen laivaan. [6]

Suunnittelu aloitetaan käymällä kaaviot, tilat ja putkistot läpi. Sen jälkeen katsotaan mitkä liittyvät toisiinsa. Tavoite on saada kaikki komponentit mahdollisen pieneen tilaan. Tämän jälkeen putket mallinnetaan, ja laitteet kootaan putkien ympärille runko huomioiden. Ihanne olisi, jos rungon materiaalit pystyttäisiin standardisoimaan, mikä vähentäisi koneikkovalmistuspajalla ongelmia materiaalien valinnassa. Standardisoinnin ongelmana olisi, että suunnittelijan luovuuden käyttäminen vähenisi, koska hän luottaisi valmiisiin malleihin. Tämä voisi vaikuttaa suunnittelun tulokseen negatiivisesti. [6.]

Koneikot myydään kilohinnoilla, ja hitsisaumoista on myös omat hinnat esimerkiksi putkilla. Yksinkertaisemmat ja pienemmät koneikot ovat edullisempia kuin painavammat ja monimutkaisemmat.

Suunnittelun ongelmat

- Koneikkoa tehdessä pitää alusta asti huomioida runko, ettei ensin mallinna putkia. Putkista aloittaminen tuottaa yleensä vaikeuksia rungon sovittamisessa.
- Koneikon rungosta on tehtävä helposti nostettava ja kuljetettava.
- Tehdään mieluummin useampi pieni koneikko kuin yksi suuri ja monimutkainen. Voidaan yhdistää useampia pajan lattialla, mutta sitten ne pitää irrottaa kuljetuksen ja noston ajaksi.
- Pitää huolehtia, että koneikon ja rungon väliin jää riittävä tila, koska koneikon alta pitää pystyä maalaamaan.
- Suunnittelun ongelmat Helsingin telakalla liittyvät pääosin aikatauluihin. Työn tilaukset tulevat toimitusaikaan nähden liian myöhään.

[6.]

4.3 Koneikon työsuunnittelu ja sen ongelmat

Työsuunnittelu vastaanottaa suunnittelulta esivalmistekuvan putkista, runkokuvan ja kokoonpanokuvan. Kokoonpanokuva tulee yleensä viimeisenä. Toimitusvarmuuden ja hinnan perusteella valitaan työpaja, joka voisi mahdollisesti valmistaa koneikon. Tämän jälkeen lähetetään kuvat pajalle, tehdään tarjouspyyntö ja annetaan tarvepäivämäärä. Asioiden ollessa kunnossa tehdään tilaus, kerätään komponentit ja revisiomuutokset jaetaan. Työnjohtajille toimitetaan aina tieto revisiomuutoksista. [7.]

Koneikot pyritään valmistamaan omalla putkipajalla, mutta rakentamista on yleensä niin paljon, että kapasiteettia ei ole. Omalla putkipajalla rakentaessa työsuunnittelija lähettää piirustukset ja ilmoittaa tarvepäivämäärän työnjohtajalle. Työnjohtaja tai työsuunnittelija keräilee komponentit, mikä sovitaan erikseen. [7.]

Työsuunnittelun ongelmat

- Suunnittelusta tulee virheitä, minkä seurauksena tulee uusia revisioita. Silloin ilmoitetaan pajoille ja työnjohtajille muutoksista, minkä seurauksena tulee lisää työtä valmistukseen.
- Komponenttien ja koneikkojen valmistuksen seurannan voisi ilmoittaa työsuunnitteluun. Tällöin tiedettäisiin missä mennään, ja informaatio toimisi oman pajan kanssa.
- Pumput ovat kriittisiä materiaaleja, joten niiden pitkä toimitusaika on huomioitava. [7.]

4.4 Koneikon hankinta ja sen ongelmat

Hankkija arvioi kriittiset materiaalit ja komponentit, ja tekee hankinnat sen mukaan. Tärkeää on aikataulutusta: arvioidaan hankintaprosessi sekä muuttuva aikataulu ja huomioidaan tilauksien tarvepäivämäärä. Tarveaika voi siirtyä tuotannon mukaan. Pitkät toimitusajat on huomioitava koneikkojen hankinnassa. [8.]

Koneikossa käytettävät venttiilit arvioidaan, samalla käydään läpi kaaviot ja suunnitelmat, katsotaan tiedot materiaalinhallintajärjestelmä MARS:sta, tehdään tarjouskyselyt ja vertailut. Tämän jälkeen hoidetaan kuntoon kaupalliset asiat, joiden mukaan tehdään ostopäätös. [8.]

Hankinnan ongelmat

- Pääoman varmistaminen on suurin ongelma hankintapuolella: materiaalien saanti myöhästyy, kun rahoitusta ei saada ajoissa. Isoimmat kokonaisuudet pitäisi aikatauluttaa tarkasti ja rahat saada kokoon, jotta ostaminen saadaan tehtyä ajoissa. [8]
- Jouduttu tilaamaan osia välikäden kautta ja jopa kuuden viikon siirtymiä on tullut rakentamiseen. [8]

4.5 Koneikon valmistus

Tässä insinööriyössä tutkitaan Helsingin telakan putkipajalla valmistettavien koneikkojen läpimenoaikaa ja valmistustapoja. Koneikot koostuvat rungosta, putkista ja komponenteista. Rungon ja putkien valmistaminen pyritään aloittamaan samaan aikaan. Rungon ollessa valmis alkaa komponenttien sovittaminen koneikkoon. Samalla tehdään tarvittavia muutoksia, jos niitä tulee vastaan.

4.5.1 Rungon valmistus

1. Rungon valmistus aloitetaan tekemällä keräilypyyntö MARS-ohjelmalla tarvittaville runkomateriaaleille osaluettelon mukaisesti.
2. Ensin tehdään rungon materiaalitarkistus. Selvitetään tarvittavat materiaalit varastosta ja aloitetaan valmistaminen.
3. Materiaalisahauksessa valmistetaan oikean kokoista rungon materiaalia tarvittava määrä osaluettelon mukaisesti.
4. Tarvittavat komponentit polttoleikataan osaluettelon mukaisesti, esimerkiksi polviot ja vuotoallas.
5. Tarvittavat poraukset tehdään työkuvan mukaisesti.
6. Kokoonpano.
7. Hitsaus, suoritetaan hitsausohjeiden mukaisesti.
8. Lopuksi viimeistely ja hionta tehdään viimeistelyohjeiden mukaisesti.
9. Runko merkitään lopuksi piirustuskuvan mukaisesti, minkä jälkeen se menee jatkojalostukseen.

4.5.2 Putkien esikokoaminen

- Valitaan taivutettavat putket ja viedään ne taivutettavaksi.
- Käydään sahaamassa tarvittavat suorat putket, joita ei taivutella.
- Suoritetaan putkien asennus, missä sovitetaan käyriä ja suorita putkia. Esimerkiksi laipan sovituksessa sahataan putket määrämittaan ja huomioidaan asennusvarat.
- Asentajat merkitsevät putket. Aluslevyyn kirjoitetaan piirustusnumero tai osanumero ja mikä pintakäsittely siihen tulee.
- Putket viedään pintakäsittelyhäkkiin, josta ne lähtevät jatkojalostukseen. Jatkojalostuksena käytetään putkissa sinkkiä, maalausta sekä öljyämistä, joka tehdään maalauksen jälkeen.

[9.]

4.5.3 Jatkojalostus

Putket ja runko toimitetaan jatkojalostukseen niiden valmistuttua tuotannosta. Runko maalataan tarvemaalain ja maalausjärjestelyn mukaan. Rungon tarvemaalai riippuu tarvittavasta korroosiosuojasta. Putkien jatkojalostus riippuu järjestelmästä: käsittelytapoja voivat olla esimerkiksi sinkitys, kumiointi, sisältä hiekkapuhallus tai ei ollenkaan maalia ja pelkkä öljyäminen putken sisältä, tai pelkästään päälle maalaus. [10.]

Huomioitavaa:

- Koneikot halutaan purettuna maalaukseen, hiekkapuhallus rikkoo osat.
- Putkiin merkitään järjestelmän mukaisesti laiva ja järjestelmännumero.
- Putkistot tunnistetaan telakan oman litterasysteemin mukaan.
- Turkkitason alapuolelle tulee eri maalit kuin turkkitason yläpuolelle.
- Korjattava maali ei ole ikinä alkuperäisen veroinen.
- Käytössä on maaleja yhdestä kolmeen vaihtoehtoon, vaikea standardisoida. Valitaan tapauskohtaisesti.
- Jokainen paikka pitäisi pystyä maalaamaan, mahdollistaen riittävän korroosiosuojan.
- Pohjamaali yleensä erikseen ja pintamaali päälle.

[10.]

Jatkojalostuksen ongelmat:

- Pilssiin meneviä osia on maalattu väärälle järjestelmälle, eli ei ole ollut riittävää korroosiosuojaa.
- Suunnittelu pitäisi saada kuntoon, ettei maalausta tarvitse tehdä kahteen kertaan. Välillä maalauksen jälkeen on tehty vielä hitsaustöitä.
- Putkien ja rungon osat on merkattava osaluettelon mukaisesti, jotta nähdään, mikä käsittely niille kuuluu.

[10.]

5 Koneikkovalmistuksen tutkimus

5.1 Tutkittavat koneikot

Tässä kappaleessa käydään läpi AHS:n putkipajalla valmistettavat tutkittavat koneikot sekä niiden valmistusvaiheet. Tutkimuksen edetessä selviävät päiväkohtaiset läpimenoajat sekä ongelmakohdat. Työvaiheet on kerrottu päiväkirjamaisesti, jotta lukija saa paremman kokonaiskuvan valmistusprosessin etenemisestä.

5.1.1 Hätädiesel-polttoaineen siirtokoneikko K09-A21 L380

Hätädiesel-polttoaineen siirtokoneikolla siirretään polttoainetta hätädieseltankkiin sekä pois tankista. Tällä voidaan myös täyttää työveneitä. Koneikko tulee laivaan numero L-512. [21.]

Koneikkovalmistuksen tutkimus aloitettiin tekemällä keräilypyyntö MARS-ohjelmalla Hätädiesel-polttoaineen siirtokoneikkoon K09-A21 tarvittaville komponenteille. Keräily tehtiin viikolla 13 vuonna 2016. Kuvat luovutettiin 1.4.2016 alihankkijoille, jotka valmistavat koneikkoja Helsingin telakan koneikkopajalla. Kuviin sisältyvät kokoonpanopiirustukset sekä osaluettelo tarvittaville komponenteille.

Työntekijät aloittivat työnsä 2.4.2016 tutkimalla osaluetteloja ja kokoonpanokuvaa. Niiden perusteella määrätyt materiaalit tarkastettiin ja rungon rakentaminen aloitettiin. Aluksi valmistettiin vuotokaukalon pohja, johon kuului 7 eri kokoista teräslevyosaa: osa 14; 100x150, osa 15; 205x150, osa 16; 575x150, osa 17; 685x150, osa 18; 755x150, osa 19; 960x150 ja osa 21; 150x150 4 kappaletta. Vuotokaukalonpohja ja levyt silloitushitsattiin. Seuraavaksi valmistettiin jalat tuplinkilevyistä ja U-profiiliteräksestä. Tämän jälkeen jalat hitsattiin tuplinkilevyihin, minkä jälkeen jalat ja polviot silloitushitsattiin alustaan (kuva 7). Levyjen reunaan laitetaan silloitushitsi, jotta levyt pysyvät yhdessä.



Kuva 7. Jalat ja polviot silloitushitsattuna alustassa [Juha Järvinen].

Tämän jälkeen lopulliset saumat hitsattiin ja hiottiin viimeistelyasteen mukaisesti, joka on määritetty piirustuskuvassa (kuva 8). Rungon tekemisessä työskenteli yksi alihankkija, ja runko valmistui 6.4.2016 (kuva 9). Työpäiviä valmistukseen kului 4.



Kuva 8. Polvio sekä jalka hitsattuna ja hiottuna alustaan [Juha Järvinen].



Kuva 9. Valmis vuotokaukalon runko [Juha Järvinen].

Putkien valmistaminen aloitettiin päivä rungon valmistamisen jälkeen eli 7.4.2016. Putkiasentajat aloittivat työnsä kytkemällä suodattimen ja pumpun alustaan, minkä jälkeen he alkoivat valmistaa soviteputkia. Putkien päät viistettiin kulmahiomakoneella (kuva 10) ja useista palasista tehtiin käyrä. EP-putkina käytettiin putkea 48.3*3.6 ja 42.4*3.6, laipoina hitsattavia levylaippoja: DN32/42,4 PN16, DN40/48,3 PN16 ja DN50/60.3 (kuva 11), PN16 ja liittiminä G 1/2*39. Ensimmäinen mitta putkissa tarkoittaa ulkohalkaisijaa ja toinen mitta ainepaksuutta. Laipoissa ensimmäinen mitta tarkoittaa sisäreiän halkaisijaa ja PN (10, 16, 25, 35, 40) tarkoittaa paineluokkaa baareina. Kaksi putkiasentajaa työskenteli kokoonpanon kanssa, ja he saivat koneikon jatkojalostuskuntoon 11.4.2016. Työpäiviä tähän kului 4.



Kuva 10. Kulmahiomakoneella viistettyjä käyriä [Juha Järvinen].



Kuva 11. DN50 ja DN30 laippa silloitushitsattuna supistajaan [Juha Järvinen].

Koneikko lähti jatkojalostukseen 12.4.2016 ja tuli sieltä takaisin 15.4.2016 (kuva 12). Koonpano aloitettiin 18.4.2016, mutta ongelmia tuli, koska kaikkia soviteputkia ei löytenyt. Uudet soviteputket valmistettiin ja asennettiin 19.4.2016. Soviteputket odottivat hitsausta laippoihin päivän, koska pätevää hitsaajaa ei ollut työmaalla. Hätädiesel-polttoaineen siirtokoneikko saatiin valmiiksi putkipajalla 20.4.2016 (kuva 13). Kaksi putkea, jotka valmistettiin jatkojalostuksen jälkeen, maalattiin laivassa.

3816.1. Tank top, bulkheads and foundations under floor plate level and AC-rooms decks:

Steel preparation:	SFS 8145-03			
Surface cleaning:	SFS 8145-03			
Painting:	1 x Ballyoxy HB Light	grey	150 µm	PH
	Total			150 µm

Kuva 12. Käytetty pintakäsittely koneikoille ja koneikoiden osille laivoissa 511-514. Koneikko käsitellään standardin SFS 8145-03 mukaan ja maalataan harmaalla epoksimaalilla. Paksuus 150 mikrometriä. [10.]



Kuva 13. Valmis hätädiesel-polttoaineen siirtokoneikko K09-A21 [Juha Järvinen].

5.1.2 Rakenneyksikkö K01-A12

Rakenneyksikkö K01-A12 tulee laivaan L-513. Tähän on yhdistetty kolme eri järjestelmää: 7310 pilssijärjestelmä, 2360 porausvesijärjestelmä ja 7320 painolastijärjestelmä. Numerot tarkoittavat laivassa käytettävää litteraa. [8.]

Pilssijärjestelmässä on kaksi sääntöjen mukaista keskipakopumppua, joilla pystytään tyhjentämään laivan pilssikaivot. Yksi näistä pumpuista syötetään hätätaulusta sen varmistamiseksi, että se toimii aina, vaikka sähköt menisivät laivasta. Pumpuilla pumpataan nestettä joko yli laidan tai varastotankkiin. Koko järjestelmä on automaatiojärjestelmästä ohjattavissa: pumput sekä pilssikaivojen venttiilit. [8.]

Porausvesijärjestelmässä on yksi pumppu, jolla pumpataan nestettä tankista porauslautalle. Tankkia täytettäessä ohitetaan tämä pumppu, eli tankki täytetään maista tulevalla paineella. Tämäkin järjestelmä on ohjattu automaatiojärjestelmästä. [8.]

Painolastijärjestelmässä on kaksi keskipakopumppua, joilla voidaan siirtää painolasti merestä tankkeihin, tankeista mereen tai tehdä sisäinen siirto. Järjestelmään kuuluu painolastiveden käsittelylaitos, jossa on suodatin sekä UV-kammio, jolla puhdistetaan painolastivesi. Järjestelmää ohjataan myös automaatiojärjestelmästä. [8.]

Koneikon tutkimus aloitettiin tekemällä keräilypyynnöt tarvittaville komponenteille MARS-ohjelmalla 5.4.2016. Osaluettelo ja kokoonpanokuva luovutettiin työntekijöille 6.4.2016. Tämän jälkeen rungon valmistajat leikkasivat osaluettelon mukaisesti muotoraudat ja profiilit rungon valmistusta varten sekä tekivät tarvittavat merkinnät ja mittaukset (kuva 14). Rungon tekijät asensivat muotoraudat kuvan mukaisesti ja silloitushitsasivat ne 7.4.2016.



Kuva 14. Rungon muotorautojen mittausta ja asennusta [Juha Järvinen].

Putkityöt alkoivat samaan aikaan kuin rungon hitsaustyöt eli 7.4.2016. Koneikonrunko saatiin valmiiksi 13.4.2016, ja sitä valmistivat kaksi alihankkijaa. Rungon valmistukseen käytettiin 6 työpäivää, jonka jälkeen se saatiin maalaukseen 14.4.2016. Maalauksesta runko tuli 18.4.2016 ilman tunnustekilpeä. Putkia valmistettiin samaan aikaan ja ne tulivat sinkkaamosta 18.4.2016. Koneikkoon asennettiin painemittarit 19.4.2016, mutta muuta ei pystytty tekemään, koska muita komponentteja ei ollut saatavilla kokoonpanoa varten (kuva 15).



Kuva 15. Valmis runko ja siihen asennetut painemittarit [Juha Järvinen].

Putkien asennus alkoi, kun muita komponentteja saapui putkipajalle (kuva 16). 22.4.2016 asennettiin 3 putkea ja kannakkeita. Työt seisoivat pitkään materiaalipuutteiden vuoksi ja töitä jatkettiin 2.5.2016 asentamalla lisää putkia. Pumput tulivat putkipajalle 16.5.2016 ja asennus aloitettiin (kuva 17). Komponentteja puuttui vielä, joten rakenneyksikköä K01-A12 ei saatu valmistettua insinööriyön aikana.



Kuva 16. Asennettuja putkia ja venttiilejä K01-A12 [Juha Järvinen].



Kuva 17. Pumpujen sovittaminen alustaan [Juha Järvinen].

5.2 Ongelmat valmistuksessa

Hätädiesel-polttoaineen siirtokoneikon K09-A21 kokoonpanoa tehdessä suodatin asennettiin aluksi väärinpäin. Asentajat eivät huomanneet, että pumpun ja suodattimen virtaussuunnat olivat vastakkaiset (kuva 18). Pyydettiin suunnittelija paikalle tarkistamaan tilanne, koska oikein asennettuna suodatin otti kiinni venttiiliin. Pohdinnan jälkeen päätettiin siihen tulokseen, että venttiiliin asentoa käännetään ja tehdään uudet soviteputket (kuva 19). Asentajille pitäisi aina saada kaaviokuva, josta näkee virtaussuunnat pumpeille ja suodattimille.



Kuva 18. Takana oleva vihreä suodatin kytkettynä väärinpäin [Juha Järvinen].



Kuva 19. Edessä vasemmalla kallistettu sininen venttiili ja oikealla käännetty vihreä suodatin [Juha Järvinen].

Eri työvaiheita seurattaessa yksi ongelma oli työohjeiden puuttuminen alihankkijoilta. He eivät tieneet, mitä laatua koneikkojen hitsisaumojen hiomisessa käytetään. Vuotokaukalokoneikon hiomiseen käytettiin liian paljon aikaa (kuva 20). Viimeistely-, hitsaus-, putkiasennus- ja kokoonpano-ohjeiden olisi hyvä olla olemassa kaikille koneikkojen valmistajille.

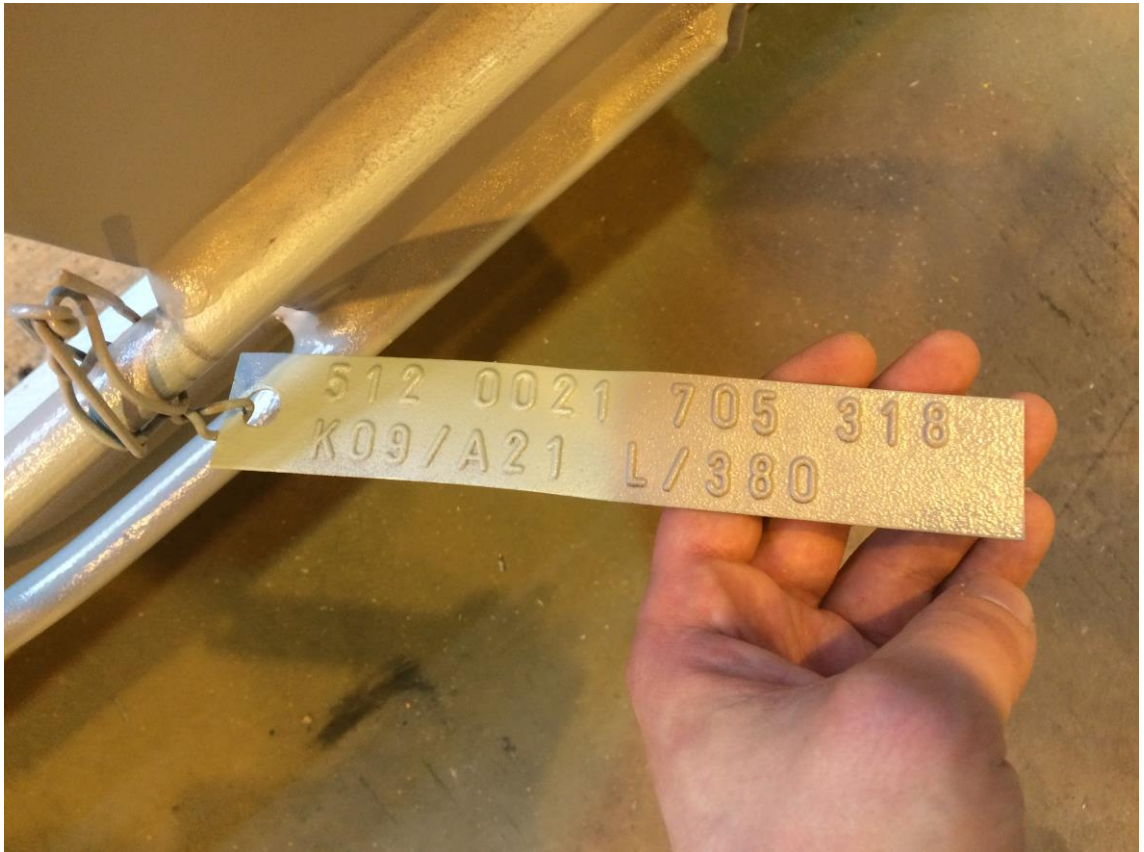


Kuva 20. Hiomisen jälki liian siistiä [Juha Järvinen].

Vuotokaukalon pohja meni kaarelle hitsatessa, joten jatkossa pitäisi huomioida materiaalien lämpökäyttäytyminen. Rungon valmistamisen läpimenoaika oli 4 työpäivää, selkeimmällä ohjeistuksella työt olisivat valmistuneet 1 - 2 päivässä. Koneikon tullessa maalauksesta kokoonpanoa ei voitu suorittaa loppuun, koska soviteputkia puuttui. Jouduttiin valmistamaan kaksi uutta soviteputkea, koska vanhoja ei löytynyt etsinnöistä huolimatta. Logistiikassa on jonkun verran ongelmia putkipajan ja maalaushallin välillä, mistä syystä kokonaisläpimenoaika hidastuu.

Rakenneyksikön K01-A12 runkoa valmistaessa huomattiin erään mitan puuttuvan rungon kokoonpanokuvasta. Puuttuva mitta laskettiin asentajan kanssa suhdeluvuilla. DN250-putkea puuttui putkivalmistusvaiheessa, ja kyseistä putkea jouduttiin odottamaan pari päivää.

Rakenneyksiköstä K01-A12 puuttui tunnistekilpi, kun se tuli maalauksesta. Tunnistekilvellä (kuva 21) tulkitaan, mikä koneikko on kyseessä, ja sen on erittäin tärkeää olla paikalla. 16.5.2016 kriittisiä komponentteja puuttui vielä runsaasti, joten koneikkoa ei saatu rakennettua valmiiksi insinööriyön aikana.



Kuva 21. Häädiesel-polttoaine siirtokoneikon K09-A21 tunnistekilpi. Ylhäältä vasemmalta oikealle selvitettyinä numeroiden tarkoitus: laivanumero (512), aluenumero (0021), piirustusnumero (705), komponenttinumero (318). Alhaalta vasemmalle: koneikkonumero/alue (K09/A21) ja lohkonumero (L/380). [Juha Järvinen.]

6 Alihankkijan valmistusprosessin vertailu

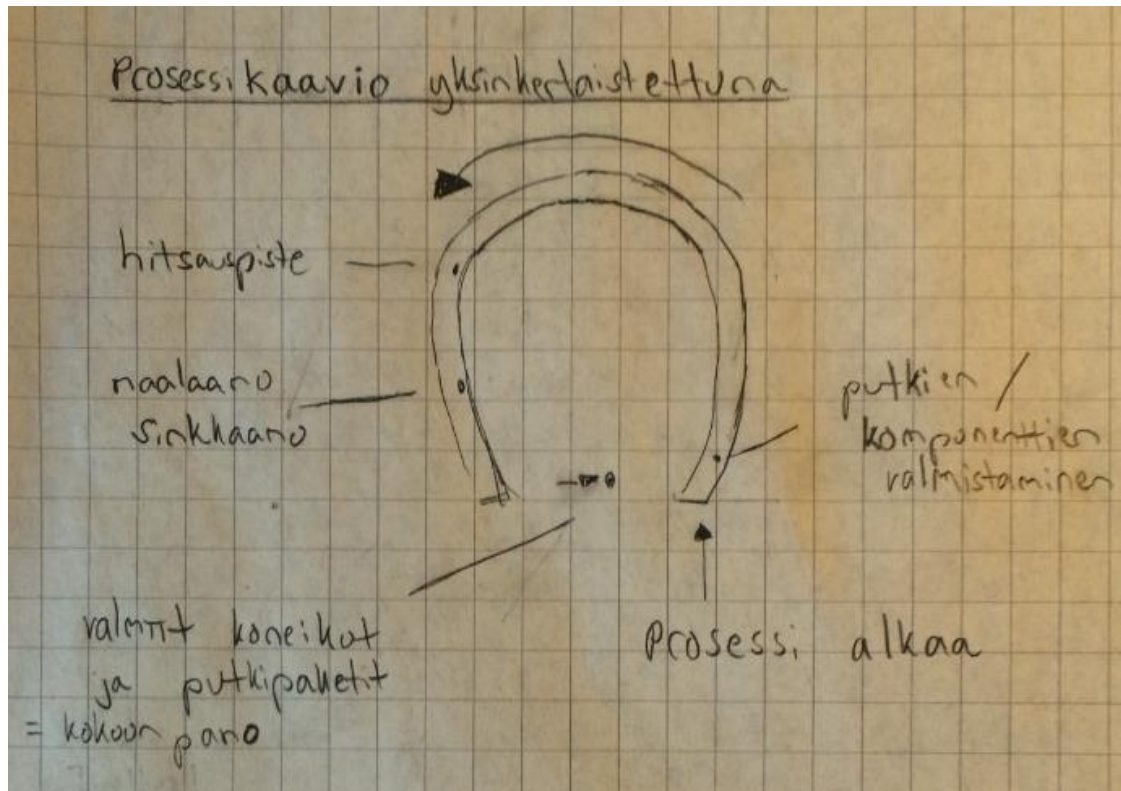
6.1 Caverion yrityksenä

Insinööriyön aikana käytiin vierailulla Ylivieskan Caverionin koneikkopajalla, minkä aikana seurattiin heidän tuotantoprosessia. Caverionin projektipäällikkö piti esitelmän heidän yrityksestään. Caverion on teollisuusalan yritys, joka suunnittelee, toteuttaa, huoltaa ja ylläpitää. Se toimii 12 maassa: Itävallassa, Latviassa, Liettuassa, Norjassa, Puolassa, Ruotsissa, Saksassa, Suomessa, Tanskassa, Tshekissä, Venäjällä ja Virossa. Pääkonttori sijaitsee Suomessa Helsingissä. Caverion työllistää 17 400 työntekijää ja sille kuuluu 30 000 huoltokohdetta ja 5 700 huoltoautoa. [11.]

Caverionin toimialoja ovat lämmitys, vesi ja viemäri, jäähdytys, informaatio ja viestintä sekä sähköistys ja automaatio. Ylivieskassa tehdään teollisuusasennukset ja prosessiputkistot. He valmistavat tapauskohtaisesti asiakkaille komponentit: joskus pelkät esivalmisteet, välillä putket ja asennukset. Ylivieskan koneikkopajalla valmistetaan putkisto-esivalmisteet, putkipaketit, putkitaivutukset, supistuskartiot, puolipallopäädyt, T-kappaleet, paineastiat ja kammiot. Valmistusmetodeina he käyttävät kylmätaivutusta, induktioitaivutusta, supistuskartioita, puolipallopäätyjä ja T-kappaleita. Koneistus parantaa hitsausviisteiden, kammioden rei'itysten, T-kappaleiden rungon ja esivalmistuksen laatua. Heillä on erittäin vahva osaaminen ja kokemus vaativistakin materiaaleista. [11.]

6.2 Tuotantoprosessin seuranta

Käytiin läpi Caverionin tuotantoprosessi ja verrattiin sitä AHS:n tuotantotapaan. Sillä hetkellä heillä ei ollut koneikkoa valmistuksessa, mutta muutamia putkipaketteja oli koottu valmiiksi. Katsottiin tuotantoprosessi läpi, ja heidän tuotantotapansa vaikutti hyvältä. Heillä valmistusprosessi etenee selkeästi hevosenkenkämuodossa läpi tehtaan (kuva 22). Sinkkaamo ja maalamo ovat viereisissä tiloissa, joten putkia ei juurikaan katoa matkan varrelle.



Kuva 22. Caverionin valmistusprosessi yksinkertaistettuna [Juha Järvinen].

Artechillä koneikkovalmistuksen etenemisellä ei ole varsinaisesti mitään järjestystä, runkotavarat sahataan eri paikassa, kuin mistä valmistus alkaa ja prosessi etenee epämääräisesti. Työt tehdään siellä missä on tilaa valmistaa. Ei ole varsinaista työnkiertoa, mikä Caverionilla oli erittäin hyvä. Artechillä maalaushalliin ja sinkkaamoon menevät komponentit lähtevät joka tiistai tai torstai. Maalaushalli sijaitsee viereisessä rakennuksessa. Sinkkaamo sijaitsee Järvenpäässä. Komponentit katoaisivat vähemmän, jos AHS:n sinkkaamo ja maalamo olisivat lähellä valmistuspisteitä.

7 Päätelmät ja yhteenveto

Insinöörityön koneikkotutkiminen toteutettiin kahdella erilaisella koneikolla. Koulun ja AHS:n asettaman aikataulun puitteissa enempää koneikkoja ei keritty tutkimaan. Työn aikana koneikkovalmistuksen ovat hoitaneet alihankkijat.

7.1 Päätelmät

- Työntekijöiltä puuttuivat työohjeet koneikkovalmistuksessa. He eivät tiedäneet, minkä laatuista hitsauskohteiden vaativuusluokat ovat. Telakan varusteluohjeiden mukaan putkikannakkeille, putkipaketin rungolle ja putkikoneikon rungolle käytetään normaalia vaativuusluokkaa D (kuva 23). Putkille yleisesti käytetty vaativuusluokka on C eli hyvä. 1-luokan putkille käytetty vaativuusluokka on B eli vaativa.

4.4 HITSAUSKOYTEIDEN VAATIVUUSLUOKAT		
KOHDERYHMÄ	VAATIVA	NORMAALI
	Runkoläpivienti Työaukko rungossa Parraslaita Konttikuppi Surrauskuppi Surrauslenkki Keulaportti Peräportti Laitaportti Autokansi Ajoramppi Hissirunko Pollari Köysisilmäke Taittopyörä Masto Palo-ovi Nosturi Vinssi Pelastusvene-, pelastuslauttaavetti Vt- ovi Vt -ikkuna Tikkaat Varusteluhiitaukset tankeissa	Portaat Ovi (ei vt) Kaiteet
	I -luokan putki II- luokan putki III -luokan putki Konepeti, laitealusta Laakeripukki Koneen, alennusvaihteen ja painelaakerin stoppari Potkuriakselin lukituslaite Eväköli Nostokorva Nostopalkki Vt. -ilmakanava	Putkikannake Putkipaketin runko Putkikoneikon runko Kondenssivesiputki*** Varusteluhiitaukset tankeissa**
	Tässä ohjeessa luettelemattomat, luokituslaitoksen valvonnan piiriin kuuluvat, varusteet!	Kaapelirata Sisustushitsaus; koolaus yms. kiinnittimet Tässä ohjeessa luettelemattomat, luokituslaitoksen valvontaan kuulumattomat, varusteet!

Kuva 23. Putkipaketin- ja putkikoneikon rungolle vaativuusluokka D [20].

- Työntekijät eivät myöskään tienneet terästyön edellyttävistä laatuasteista kone-tiloissa. Kuvasta 24 huomaa, että laivojen 512 – 514 laatuluotaimen mukaan kone-tiloissa käytetään yleisesti standardin SFS 8145 mukaista 02 ja 03 laatuastetta. Hätädiesel-polttoaineen siirtokoneikon terästyön toimenpiteet vastasivat laatuastetta 06 (kuvat 25 – 27). Rungon piirustuskuvasta ei löytynyt SFS-8145 mukaista laatuastetta, vaan pelkkä huomio, jonka mukaan terävät reunat pyöristetään R5.

Kone- ja tekniset tilat ja sekalaiset tilat:	Laatuaste SFS 8145
* Tankintoppi, laipiot ja alustat turkkitason alapuolella sekä AC-huoneiden kannet	03
* Laipiot kone-, varasto-, ilmastointi- ja pumppuhuoneissa sekä muissa teknisissä tiloissa	03
* Kone-, varasto-, ilmastointi- ja pumppu-huoneiden sekä muiden teknisten tilojen kannet ja turkkilevyt	03
* Kylmät teräspinnat eristyksen takana missä veden kondensoitumista voi tapahtua	02
* Teräspinnat vuorauksen ja eristyksen takana ja kuivat tyhjät tilat	02
* Ilman sisäänotto kanavat	03
* Ilman poistokanavat putki- ja kaapelikuilut	03

Kuva 24. Kone- ja teknisissä tiloissa vaadittavat SFS 8145 mukaiset laatuasteet laivoissa 512-514 [22].

Terästyön edellyttämät toimenpiteet ja laatuasteet (SFS 8145)

Kohde	Nro	Toimenpide	Esikäsittelyn laatuaste, ks. kuvallitteet					
			01	02	03	04	05	06
Hitsausliitokset	1	Hitsauskuona poistetaan						
	2	Hitsauslangan pätkät poistetaan						
	3	Kaapimella irtoavat hitsausroiskeet poistetaan						
	4	Hitsausroiskeet poistetaan						
	5	Avohuukokset korjataan						
	6	Reunahaavat korjataan						
	7	Terävät huiput pyöristetään						
Leikkauspinnat	8	Kaapimella irtoava purse ja jäyste poistetaan						
	9	Terävät reunat ja huiput poistetaan						
Viat teräspinnassa	10	Polttohaavat korjataan						
	11	Terävät pintaviat korjataan						

Hitsausliitokset

- Hitsauskuona poistetaan hitsauksen yhteydessä.
- Kiinnipalaneet hitsauslangan pätkät poistetaan hitsauksen yhteydessä.
- Kaapimella irtoavat hitsausroiskeet poistetaan. Tätä lujemmin kiinnittyneitä hitsausroiskeita ei poisteta.
- Hitsausroiskeet poistetaan.
- Avohuukokset, jotka voivat estää suojaavan maalikalvon muodostumisen tehdään luoksepäästäviksi tai täytetään.
- Reunahaavat tehdään juoheiksi ja luoksepäästäviksi tai täytetään.
- Terävät huiput pyöristetään. Terävillä huipuilla tarkoitetaan epätasaisuuksia, jotka paljaalla kädellä kosketeltaessa tuntuvat teräviltä. Hyvin tehdyt automaatti- ja käsihitsit eivät aiheuta toimenpiteitä.

Leikkauspinnat

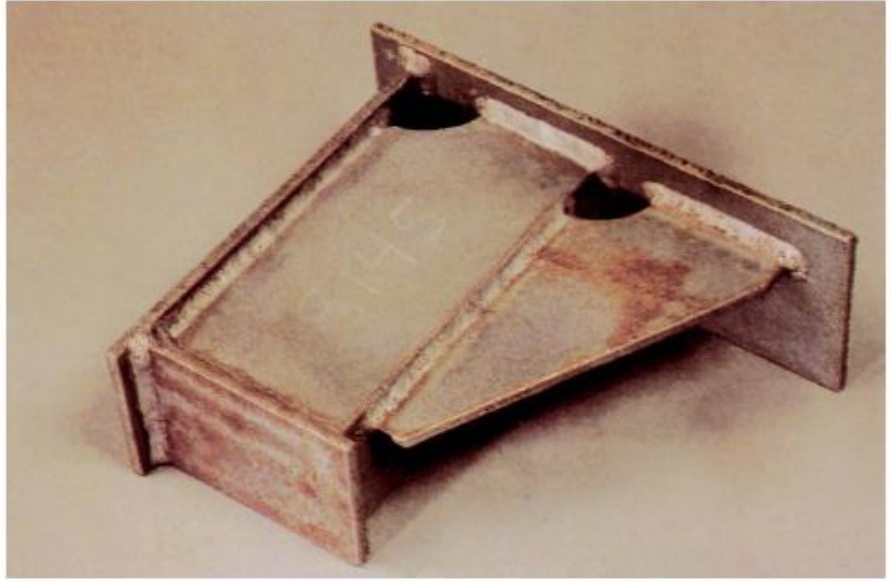
- Kaapimella irtoava purse ja jäyste poistetaan leikkauksen yhteydessä.
- Terävät reunat ja huiput poistetaan siten, että pyöristyssäde $r > 2$ mm.

Viat teräspinnassa

- Polttohaavat tehdään juoheiksi ja luoksepäästäviksi tai täytetään
- Valssausvirheet ja terävät pintaviat korjataan siten, että saavutetaan juoheita ylimenoja.

Kuva 25. Laatuasteet 1-6 ja niitä vastaavat toimenpiteet 1 - 11 [23].

03

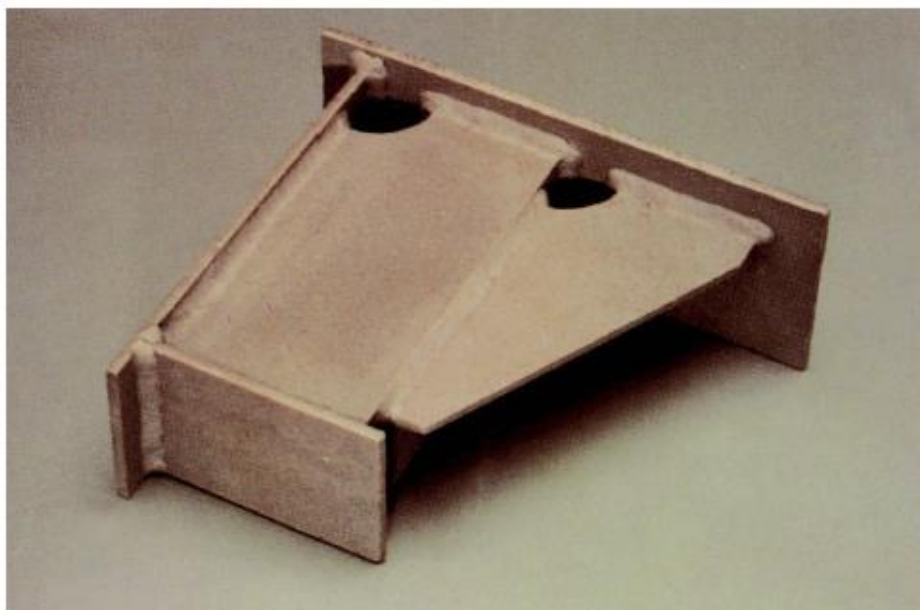


03

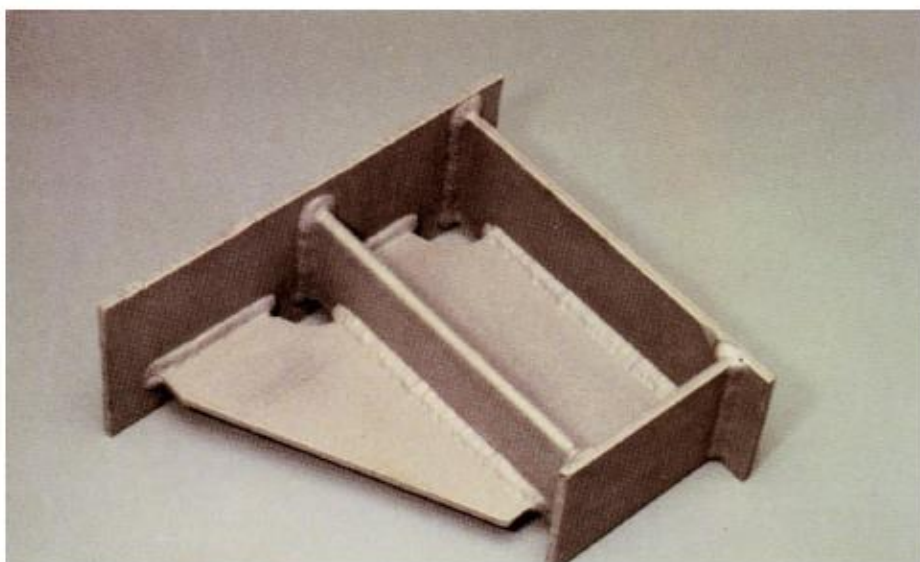


Kuva 26. Laatuastetta 03 vastaavat toimenpiteet [23].

06



06



Kuva 27. Laatuastetta 06 vastaavat toimenpiteet [23].

- Hätädiesel-polttoaineen siirtokoneikon läpimenoaika oli moninkertainen vaatimuksiin nähden. Paremmilla työohjeilla olisi rungon läpimenoaika pienentynyt. Suunnittelijat voisivat tulevaisuudessa merkitä selkeästi standardin SFS 8145 mukaiset laatuasteet ja muut tarvittavat työohjeet runkokuvaan.

- Kaaviokuvat on hyvä antaa asentajille osaluettelon, EP- ja kokoonpanokuvien yhteydessä. Asentajien tehdessä kokoonpanoa on erittäin tärkeää, että kytkennät on tehty oikein. Hätädiesel-polttoaineen siirtokoneikkoa valmistessa tuli ongelmia virtaussuuntien kanssa, koska asentajilla ei ollut aluksi kaaviokuvaa. Pumppu ja suodatin asennettiin ensin siten, että virtaukset olivat vastakkaiset.
- Suunnittelun puutteet näkyvät tuotannossa, mikä hidastaa kokonaisläpimenoaika koneikkovalmistuksessa. Hätädiesel-polttoaineen siirtokoneikon valmistuksen aikana jouduttiin kutsumaan suunnittelija paikalle katsomaan, kun kaavion ja kokoonpanokuvan mukaan asennettuna venttiili otti suodattimeen kiinni. Lisäksi rakenneyksikön K01-A12 runkoa valmistessa puuttui yksi tärkeä mitta. Alihankkija ei itse saanut tätä selvitettyä, vaan tarvitsi apua. Nämä kaikki edellä mainitut kohdat toivat lisäaikaa kokonaisläpimenoon.
- Suunnittelun puutteista pitäisi keskustella työnjohdon ja suunnittelijoiden välillä, minkä jälkeen virheisiin alettaisiin kiinnittää enemmän huomiota ja puutteita yritettäisiin parantaa tulevaisuudessa. Kuvien virheet pystyttäisiin poistamaan ja esivalmistusastetta nostamaan, jos 3D-kuvat ja kokoonpanokuvat saataisiin esivalmistekuvien yhteydessä putkipajalle. 3D-kuvasta näkee heti mallintaessa, että onnistuuko kokoonpano oikeilla mitoilla ja asettuuko komponentit runkoon. Suunnittelijan kanssa keskusteltua selvisi, että heidän työnsä nopeutuisi, jos joitain koneikkoja voitaisiin standardisoida. Vastaavanlaista Hätädiesel-polttoaineen siirtokoneikkoa käytetään useassa laivassa. Suunnittelijat tekevät työnsä aina aloittaen alusta, vaikka he voisivat aloittaa mallintamisen valmiilta pohjalta.
- Materiaalin tunnistamista ei ole käytössä Arctech Helsinki Shipyardin putkipajalla. Tällä hetkellä luotetaan, että putkimateriaali (muotoraudat/putket) on sitä, mitä tilattu. Putket ja muotoraudat olisi hyvä merkitä esimerkiksi värikoodeilla. Värikoodien tulisi olla putkien ja muotorautojen molemmissa päissä. Tällä tavalla pystyttäisiin seuraamaan ja varmistamaan tarvittavan materiaalin käyttäminen.
- Logistiikkaa maalaushallin ja putkipajan välillä pitäisi parantaa. Kaksi SP:tä hävisi matkalla maalaushallista putkipajalle. Jouduttiin valmistamaan 2 uutta putkea, jotka maalattiin vasta laivassa. Caverionin hevosenkenkämalli on hyvä esimerkki putkipajan prosessin kierrosta. Samassa rakennuksessa ovat sinkkaus- ja maalausasteet, joten komponenttejakaan ei häviä paljon.

- Putkia häviäisi vähemmän, jos ne merkittäisiin kunnolla ja oltaisiin huolellisempia jatkojalostus päässä. Tärkeää on huomioida siirtymät jatkojalostuspaikoilta putkipajalle. Koneikot voitaisiin eritellä omiin häkkeihin putkipajan päässä, ja merkitä ne numeroilla, silloin numeroa vastaisi tietty koneikko. Tällöin kaikille koneikoille tarvittaisiin omat häkit. Putkipajalta lähetettäisiin informaatio häkeistä ja niiden komponenteista jatkojalostuspaikoille. Tällä tavalla pystyttäisiin seuraamaan komponenttien häviämistä ja tiedettäisiin arviolta missä vaiheessa komponentit ovat kadonneet. Häkin mukana voisi lähteä esimerkiksi osaluettelolista, josta näkee siihen kuuluvat komponentit. Lisäksi kommunikointia täytyisi lisätä putkipajan ja jatkojalostuspaikan yhteyshenkilöiden välillä.
- Materiaali- ja komponenttipuutteet ovat suurin ongelma koneikkovalmistuksessa. Pisimmät toimitusajat ovat venttiileille ja pumpuille. Rakenneyksikön K01-A12 putkivalmistusvaiheessa puuttui DN250-putkea. Putkea oli varastossa, mutta ei putkipajalla. Tämän toimituksessa kului pari työpäivää. Työtä aloittaessa olisi tärkeää tarkistaa, mitä materiaaleja työn aikana tarvitaan ja joudutaanko tilaamaan lisää. Keräilyt olisi tärkeää tehdä, niin aikaisin kuin mahdollista, jotta prosessi saataisiin etenemään tasaisesti. Työsuunnittelun ja koneikoista vastaavien työnohtajien välinen kirjanpito auttaisi valmistuksen etenemisen seuraamista. Materiaalivajauksien takia koneikot myöhästyvät useita viikkoja/kuukausia. Kriittisten materiaalien eli pumppujen ja venttiilien puutteet hidastavat tuotantoa. Materiaalien puuttuminen heijastuu keskeneräisenä tuotantona (KET). Rakenneyksikön K01-A12 kokoonpanovaihe odotti valmistumista, koska kriittisiä materiaaleja ei ollut putkipajalla. Hankintapuolen ongelmana on ollut rahoituksen turvaaminen komponenteille ja siten toimitusajan varmistaminen pyydettyyn aikaan nähden. Rahoituksen saataessa olisi tärkeää, että komponentit tilattaisiin vähintään 8 viikkoa ennen koneikkojen valmistuksen aloittamista.
- Laiteinvestoinnit parantaisivat läpimenoaikaa. AHS:lla ei ole koneikkovalmistuksessa käytössä nykyaikaisia laitteita, mitkä nostaisivat huomattavasti tuottavuutta. Tarpeeseen tulisivat hitsauksen mekanisointilaitteet (pyörittäjät, apupyörittäjät), viisteytyskone (mekanisoitu/automatisoitu), putkien esivalmistukseen tai vutin (CNC-kone), nykyaikaiset kulmahiomakoneet värinävaimentimella (työergonomia paranisi), saksipöytä (työergonomia). Läpimenoajat puolittuisivat ja työn

laatu paranisi. Taivutuskoneella käsin hitsaus vähenisi 1/3:lla, ja esimerkiksi vuotokaukalo olisi valmistettu taivuttamalla. Tällöin olisi välttytty raudan kaareutumiselta ja pelkästään pystysaumat olisivat vaatineet hitsausta.

7.2 Yhteenveto

Helsingin telakan omalla putkipajalla pystytään valmistamaan koneikkoja vielä tehokkaammin, jos ongelmakohtat saadaan karsittua pois. Isoimmat ongelmat ovat materiaalipuutteet, suunnittelun ongelmat ja laitteiden vanha tekniikka.

7.2.1 Hätädiesel-polttoaineen siirtokoneikko K09-A21

Tuotantopäiviä tarkastelemalla huomaamme, että pienen koneikon valmistamiseen käytettiin 13 työpäivää. Pienen koneikon läpimenoaika olisi parannuksilla ollut arviolta 5 - 7 päivää. Vastaavasti ison koneikon valmistamiseen käytettiin 17 työpäivää ja se ei tullut lähellekään valmiiksi. Parannuksilla valmistukseen käytettävä aika isossa koneikossa olisi arviolta 8 - 12 päivää. (Kuva 28.)

Hätädiesel-polttoaineen siirtokoneikon rungon tekemiseen ei olisi mennyt päivääkään, jos taivutuskone olisi ollut käytössä. Lisäksi työohjeiden vajoaus hidasti rungon valmistamista. Töitä tuli lisää arviolta yhteensä 3 ylimääräistä työpäivää (kuva 28).

Hätädiesel koneikossa putkia ja kokoonpanoa tehtiin samaan aikaan, jotta putkia voitiin sovittaa komponentteihin. Putkien valmistamisessa ei ollut ongelmia, mutta ongelmat tulivat kokoonpanoa tehdessä sovittamisen ja suunnittelun puutteista. Komponentit eivät mahtuneet oikein asennettuina ja kaavion puuttumisen seurauksena tuli asennusvirhe. Töitä tuli lisää arviolta 0,5 - 1 ylimääräistä työpäivää (kuva 28).

Jatkojalostukseen komponentit lähtevät joka tiistai tai torstai. Siihen käytettiin 3 työpäivää, mikä on vakio tällä hetkellä. Tiistaina sisään jalostukseen ja torstaina takaisin työpajalle. Mahdollisen sinkkaamon ja maalaamon ollessa samassa tuotantotilassa saataisiin tästäkin 1 - 2 päivää pois (kuva 28).

Kokoonpanoa tehdessä katosivat soviteputket, jotka valmistettiin uudestaan. Putkia etsittiin tuloksetta, joten lisäputkien uudelleen käsittely tehtiin laivassa. Töitä tuli lisää arviolta 1 ylimääräinen työpäivä (kuva 28).

7.2.2 Rakenneyksikkö K01-A22

Rakenneyksikön kokonaisläpimenoaikaa on erittäin vaikea arvioida materiaali- ja komponenttipuutteiden vuoksi. Voidaan päätellä, että läpimenoaika saataisiin arviolta puolitettua paremmilla laitteilla, sekä kun komponentit tilataan hyvissä ajoin. (Kuva 28.)

Tuotantopäivät numeroina		Hätä diesel polttoaineen siirtokoneikko K09-A21		Rakenneyksikkö K01-A12	
Runko		4		6	
Putket		4		6	
Jatkojalostus		3		3	
Kokoonpano		2		2+x	
	Yhteensä	13		15+2+x	
				2 tarkoittaa kokoonpanopäiviä seisomisen aikana	
				x tarkoittaa puuttuvia päiviä, joita ei vielä tiedetä	
				Yhteensä 17+x	
Parannuksien jälkeen arvioitu aika		-3		-3	
		-1		-3	
		-1		-1	
		-1		x	
	Yhteensä	7		10+x	

Kuva 28. Tuotantovaiheiden läpimenoaika numeroina ja parannuksien jälkeen arvioitu uusi läpimenoaika

Lähteet

- 1 Arctech Helsinki Shipyard Oy. 2016. Helsingin telakan historia.
<<http://arctech.fi/fi/about-us/history/>>.
Luettu 17.3.2016.
- 2 Arctech Helsinki Shipyard Oy. 2016. Helsingin telakka yrityksenä.
<<http://arctech.fi/fi/about-us/>>.
Luettu 17.3.2016.
- 3 Arctech Helsinki Shipyard Oy. 2016. Tuotteet ja ratkaisut.
<<http://arctech.fi/fi/products-solutions/>>.
Luettu 17.3.2016.
- 4 Arctech Helsinki Shipyard Oy. 2016. Telakan koko.
<<http://arctech.fi/fi/about-us/facilities/>>.
Luettu 17.3.2016.
- 5 Arctech Helsinki Shipyard Oy. 2015. Koneikkojen ja rakenneyksiköiden suunniteluohje. Työohje. Q.HKI.C.S.053. Sisäinen arkisto.
Luettu 20.3.2016.
- 6 Mattila, K. Suunnittelija. 2016. Haastattelu 22.3.2016. Haastattelija Järvinen, J. Helsinki.
- 7 Moilanen, P. Työsuunnittelija. 2016. Haastattelu 22.3.2016. Haastattelija Järvinen, J. Helsinki.
- 8 Johansson, O. Suunnittelija. 2016. Haastattelu 22.3.2016, 18.5.2016. Haastattelija Järvinen, J. Helsinki.
- 9 Halinen, J. Putkipajatyönjohtaja. 2016. Haastattelu 30.3.2016. Haastattelija Järvinen, J. Helsinki.
- 10 Takkinen, J. Pintakäsittelytoiminnan tuotantovastaava. 2016. Haastattelu 12.4.2016. Haastattelija Järvinen, J. Helsinki.

- 11 Pudas, T. Projektipäällikkö, Caverion. 2016. Diaesitys. 29.4.2016, Ylivieska.
- 12 Hitsausmenetelmät. Verkkodokumentti, OY ESAB.
<<http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/puikkohitsaus.cfm>>.
Luettu 3.5.2016.
- 13 Häkkinen, Pentti. 1994. Laivan putkistot. Otaniemi. Helsingin teknillinen korkeakoulu.
- 14 Häkkinen, Pentti. 1993. Laivan koneistot. Otaniemi. Helsingin teknillinen korkeakoulu.
- 15 MIG-MAG-hitsaus. Verkkodokumentti, Oy ESAB
<<http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/mig-mag-hitsaus.cfm>>.
Luettu 3.5.2016.
- 16 TIG-hitsaus. Verkkodokumentti. Oy ESAB
<<http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/tig-hitsaus.cfm>>.
Luettu 3.5.2016.
- 17 Kupariputkien liittäminen. Verkkodokumentti.
<<http://www.cupori.com/kupariputkien-asennus/asennus-asennusopas/kupariputkien-liittaminen>>.
Luettu 3.5.2016.
- 18 Russian Maritime Register of Shipping. Rules for the Classification and Construction of Sea-Going Ships, PART VIII – SYSTEMS AND PIPING. Verkkodokumentti.
<http://www.rs-class.org/upload/iblock/796/2-020101-087-E_8.pdf>.
Luettu 3.5.2016.
- 19 Procedure for estimating the effectiveness of ship modular outfitting. Verkkodokumentti
<https://www.researchgate.net/publication/279445468_Procedure_for_estimating_the_effectiveness_of_ship_modular_outfitting>.
Luettu 5.5.2016.

- 20 Arctech Helsinki Shipyard Oy. 2015. Varusteluhitsaukset. Työohje. Q.HKI.C.R.713. Sisäinen arkisto.
Luettu 25.04.2016.
- 21 Kymäläinen, V. Suunnittelija. 2016. Häädiesel-polttoaineen siirtokoneikko. Sähköpostiviesti.
Luettu 18.5.2016.
- 22 Arctech Helsinki Shipyard Oy. 2016. Laatuluotain laivoille 512-514. Sisäinen arkisto.
<https://projectportal.arctech.fi/kronodoc/1327/Get/113031/512_514_Laatuluotain_suomi_Kronoon.pdf>.
Luettu 18.5.2016.
- 23 Teräspintojen mekaanisten esikäsittelyjen laatuasteet. 2001. SFS 8145. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 24 Hitsausmenetelmät. Verkkodokumentti.
<<http://www.esab.fi/fi/fi/education/>>.
Luettu 3.5.2016.