

Opinnäytetyö (YAMK)  
Turun Ammattikorkeakoulu  
Teknologiaosaamisen johtaminen  
2017

Atte Kirjavainen

# HITSAUKSEN LAADUNHALLINTA LAIVARUNGON KOKOONPANOSSA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (YAMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Teknologiaosaamisen johtaminen | Teknologiaosaamisen johtaminen

2017 | 62

Ohjaajat Osmo Eerola, Yliopettaja  
Kari Viklund, Kehityspäällikkö

Atte Kirjavainen

## HITSAUKSEN LAADUNHALLINTA LAIVARUNGON KOKOONPANOSSA

Kehittämishankkeessa käsitellään kolmea sisäisessä auditoinnissa esille tullutta konkreettista tuotannollista haastetta (case studies), jotka liittyvät hitsaukseen ja hitsauksen laadunhallintaan. Työssä pohditaan laatukustannusten muodostumista yleisellä tasolla ja tutkitaan hitsausvirheiden syntymistä Turun telakan rungonkoontiosastolla. Työssä käsitellään myös laivanrakennukseen kohdistuvien standardien vaikutuksia hitsauksessa, koska standardien hyödyntäminen on tärkeä osa valmistavan teollisuuden laadunhallintaa.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin avaintoimijoiden kanssa yhdessä täytettyä kalanruotokaaviota ja pareto -diagrammia, joiden avulla arvioitiin hitsausvirheisiin johtavia syitä. Tämän juurisyy-analyysin pohjalta pystyttiin löytämään oleellimmat syyt hitsausvirheiden syntyyn Meyerin Turun telakan rungonkoontiosastolla.

Kehittämishankkeessa tutkittiin lisäksi rakenteellisen ja visuaalisen laadun nykytilaa sekä laadittiin suunnitelma näiden kehittämiseksi ja tehostamiseksi. Työssä tutkittiin myös korjaushitsauksen kehittämistä tavoitteena selvittää havaittujen poikkeamien juurisyyt sekä niiden mahdollisimman nopea korjaaminen vaadittuun laatuun.

ASIASANAT:

Laadunhallinta, hitsausvirheet, hitsauksen laatu, korjaushitsaus, jatkuva parantaminen

## MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme in Technological Competence Management

2017 | 62

Instructors Osmo Eerola, Principal lecturer

Kari Viklund, Head of development department

Atte Kirjavainen

# WELDING QUALITY MANAGEMENT IN THE ASSEMBLY OF A SHIP HULL

The present master's thesis and the development project which it is based on, focus on three production-based problems, which were discovered during the internal auditing. These cases associate with welding defects and quality management. The thesis discusses about the formation of the quality costs in general and examines the creation of welding defects at the hull assembly in the Turku Shipyard. In addition, it discusses the effects of the standards concerning welding, as quality control is an important part when utilizing standards in the manufacturing industry.

A fishbone diagram together with a pareto diagram were used as research methods. The diagrams were filled with the key actors from Meyer's Turku Shipyard and its subcontractors. With the fishbone diagram and the pareto diagram the root causes of the welding defects were assessed. This analysis was the basis whereby the most fundamental causes of the welding defects were found.

Besides this, the thesis includes examination of the present state of structural and visual quality and a plan to develop and increase their efficiency. In addition, the thesis explores the development of repair welding, to find out the root causes of the noticed defects and to repair them as quickly as possible to meet the quality requirements.

## KEYWORDS:

Quality control, welding defects, welding quality, repair welding, continuous improvement

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 MEYER TURKU OY</b>	<b>10</b>
2.1 Terästuotannon organisaatiot	10
2.2 Rungonkoonnin tavoite ja prosessikuvaus	11
2.3 Yhteistyökumppanuudet meriteollisuudessa	12
2.4 Yhteistyökumppanuudet rungonkoonnissa	14
<b>3 LAATU, LAADUN MITTAAMINEN JA LAATUKUSTANNUKSET</b>	<b>15</b>
3.1 Laatu ja sen mittaaminen	15
3.2 Laatumukautannukset	16
3.2.1 Ulkoiset ja sisäiset virhekustannukset	17
3.2.2 Laadun ylläpitokustannukset ja ehkäisykustannukset	18
3.2.3 Laatumukautannusten vähentäminen	19
3.3 Laadunhallintajärjestelmät ja niiden sertifiointi	20
<b>4 LAADUNHALLINTA JA LAATUSTANDARDIT MEYER TURUN TELAKALLA</b>	<b>23</b>
4.1 Laadunhallinta Turun telakalla	23
4.2 Käytössä olevat laatumandardit	23
4.3 Hitsauksen laadunhallinta	23
4.3.1 Käytössä olevat hitsausstandardit	24
4.3.2 Hitsausohjeet	25
<b>5 HITSAUSVIRHEET RUNGONKOONNISSA</b>	<b>27</b>
5.1 Hitsausvirheet ja niiden tyypit	27
5.1.1 Halkeamat	28
5.1.2 Huokokset ja ontelot	28
5.1.3 Kuonasulkeumat	29
5.1.4 Liitosvirheet	29
5.2 Nykytilan kartoitus	30
5.3 Hitsausvirheiden juurisyiden analysointi	33
5.4 Kehittämisen lopputulos	37

<b>6 HITSIN RAKENTEELLINEN JA VISUAALINEN LAATU</b>	<b>40</b>
6.1 Hitsaustarkastukset	40
6.2 Silmämääräinen tarkastus	41
6.2.1 Tarkastusolosuhteet ja laitteiston vaatimukset	42
6.2.2 Railon silmämääräinen tarkastus	44
6.2.3 Tarkastuspöytäkirjat	45
6.2.4 Silmämääräinen tarkastus Turun telakalla	45
6.3 Nykytila	46
6.4 Tavoitetila	46
6.5 Laatuportti	47
<b>7 HITSIN KORJAUS JA VASTEAIKA</b>	<b>51</b>
7.1 Korjaushitsaus	51
7.1.1 Esikuuminen ja jälkilämmitys	51
7.1.2 Avaus	52
7.1.3 Korjaushitsaus ja sen jälkeiset toimet	52
7.2 Korjauksen vasteaika	53
7.3 Nykytilanne	53
7.4 Tavoitetila	54
7.5 SIPOC -prosessikuvaus	55
7.6 Hitsaustarkastusprosessin kuvaukset	57
7.7 Korjausten työohjeet	58
<b>8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>59</b>
8.1 Yhteenveto	59
8.2 Johtopäätökset	61
<b>LÄHTEET</b>	<b>63</b>

## **LIITTEET**

- Liite 1. Korjaushitsaus, liitosvika (railon kyljessä)
- Liite 2. Korjaushitsaus, kuonansulkeumat
- Liite 3. Korjaushitsaus, huokokset ja ontelot
- Liite 4. Korjaushitsaus, halkeamat
- Liite 5. Kalanruotokaavio
- Liite 6. C –tason ohje
- Liite 7. Virhekoodien selitykset

## KUVAT

Kuva 1. Halkeamat (Esab Oy, 2017).	28
Kuva 2. Huokoset (Esab Oy, 2017).	29
Kuva 3. Kuonasulkeuma (Esab Oy, 2017).	29
Kuva 4. Liitosvirhe (Esab Oy, 2017).	30
Kuva 5. Hitsausvirheiden juurisyy-pisteitys	36
Kuva 6. Kemppi Arc system 3	38
Kuva 7. Silmämääräisen hitsin tarkastelu	43
Kuva 8. Työntömitta pienahitsien mittaukseen	43
Kuva 9. Rakomitta, juuriraon, välin leveyden ja reiän halkaisijan mittaamiseen.	44
Kuva 10. Laatuportin prosessikaavio	50
Kuva 11. Korjaushitsausprosessi	53
Kuva 12. Aikataulutarkastelu	54
Kuva 13. SIPOC -prosessikuvaus hitsauksen vasteaika rungonkoonnissa	56

## KUVIOT

Kuvio 1. Pääosastotason organisaatiot (Meyer Turku intranet)	10
Kuvio 2. Terästuotannon osastot (Meyer Turku intranet)	11
Kuvio 3. Laatu kustannusten muodostuminen. (Lecklin 2006, 160)	17
Kuvio 4. Hitsausvirhejakauma %	32

## TAULUKOT

Taulukko 1. Ote NDT -tarkastuspöytäkirjasta	32
---	----

## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

VT	Visuaalinen tarkastus, silmämääräinen tarkastus
WPS	Hitsausmenetelmän hyväksymispöytäkirja
QC	Laadunhallinta (quality control)
KAS3	Kemppi Arc System 3
NTD	Ainetta rikkomaton aineenkoetus (Non-Destructive Testing)
RT -tarkastus	Radiografinen tarkastus
UT -tarkastus	Ultraäänitarkastus
Rihtaus	Liekkioikaisu

# 1 JOHDANTO

Suomalainen laivanrakennusala on piristynyt huomattavasti verrattuna menneiden vuosien haasteisiin. Meyerin perheyhtiön ostettua telakan vuonna 2014 on telakan tilauskanta tervehtynyt huomattavasti ja tätä kirjoitettaessa telakalla on ennätyspitkä tilauskanta ulottuen vuoteen 2024 asti olettaen aiesopimusten toteutuvan. Kuormitusmielessä tämä tuo lukuisia positiivisia haasteita jokapäiväiseen tekemiseen ja telakalla työskentelevien onkin sopeuduttava uuteen tilanteeseen yhdessä yhteistyökumppanien kanssa.

Lukuisten tilausten ja pitkän tilauskannan ansiosta pystytään telakalla pitkästä ajasta kehittämään toimintoja sekä tekemään huomattavia investointeja tuotantoon. Nämä edellä mainitut asiat ovat äärimmäisen tärkeitä, koska kilpailu maailman laivanrakennusmarkkinoilla on kovaa ja uusia yrittäjiä mm. Aasiasta on astumassa mukaan kilpailuun. Tilausten saamiseen potentiaalisilta asiakkailta vaikuttaa moni asia, joista tärkeimpinä voidaan mainita toimitusaika, lopputuotteen laatu, hinta ja telakan maine erikoisalusten toimittajana. Uusien tilauksien saamiseksi ja nykyisten asiakkaiden pitämiseksi tyytyväisenä täytyy telakan yhdessä alihankkijoidensa kanssa panostaa kaikkiin osa-alueisiin ja keskittyä kehittämään telakkaa yhdessä. Yhdessä kehittäminen onnistuu vain täydellisellä sitoutumisella ja yhteisen päämäärän ymmärtämisellä. Lisäksi se vaatii erilaisia kehityshankkeita ja jatkuvan parantamisen periaatteiden harjoittelemista sekä hankkeiden implementointia.

Tämä opinnäytetyö ja siihen liittyvä kehittämishanke on tehty Meyer Turun telakan rungonkoontiosastolle. Hankkeen yhteydessä muodostettua tietoa ja sen pohjalta luotuja työohjeita tullaan hyödyntämään soveltuvin osin koko Turun telakan terästuotantoon. Kehittämishankkeelle huomattiin tarve 29. lokakuuta pidetyn sisäisen auditoinnin löydösten johdosta. Auditoinnissa kriittisiksi osa-alueiksi nousivat rungonkoontin hitsausvirheiden syntyminen, hitsauskorjausprosessin kehittäminen, korjausten vasteajan pienentäminen ja visuaalisen laadun tarkastaminen.



Kehittämishankkeen tavoitteena oli tehdä nykytilan kartoitus, joka sisältää hitsausvirheiden syntyminen juurisyyt, hitsauskorjausten tekemisen, korjausten vasteajan sekä hitsien visuaalisen laadun. Lähtötilanteen kartoituksen jälkeen tehtiin tavoitetilamäärittely, jonka pohjalta määriteltiin tarvittavat prosessit, prosessikuvaukset sekä koottiin työohjeet jokaiselle prosessille.

Hankkeen päätarkoituksena oli tunnistaa yleisimmät rungonkoonnissa esiintyvät hitsausvirheet sekä niiden juurisyyt. Hankkeeseen valikoituivat vain ne hitsausvirheet, jotka vaativat toimenpiteitä ja näin ollen vaikuttivat osaston laatuprosesiin ja aikataulun pitämiseen.

Virheiden tunnistamisen jälkeen määriteltiin korjauksille vasteaika ja tehtiin siitä prosessikuvaus. Hitsin hyvä visuaalinen laatu on olennainen osa valmista tuotetta. Hitsin laatu poikkeamat oli jo aiemmin tunnistettu ja sen vuoksi kehitettiin toiminnankuvaus sekä prosessikuvaus koko prosessille siten, että se tukee oman työn tarkastusta samalla tähdäten tuotteen luovuttamista seuraaville vaiheille.

Opinnäytetyön tuotoksena oleva kalanruotokaavio (Liite 5) tähtää siihen, että tunnistettujen ongelmien pohjalta luodaan toimintatapa virheiden korjaamiseksi ja sen tueksi, että virheitä pystytään ennakoimaan ja sitä kautta kouluttamaan hitsareita tekemään hitsaus ohjeiden mukaan ja huolellisesti siten, että hitsausvirheprosentti saadaan laskemaan alle tavoitetason eli alle neljään prosenttiin.

Opinnäytetyössä sivutaan aluksi laatua yleisellä tasolla sekä laadunhallintaa ja siihen liittyviä standardeja ja luodaan käsitys organisaatiosta, johon työ kohdistuu. Lisäksi käsitellään hitsauksen laadunhallintaa Turun telakan rungonkoonti-osaston näkökulmasta, pohditaan hitsausvirheiden syntymistä sekä niiden prosessin mukaista hallintaa tulevaisuudessa.

## 2 MEYER TURKU OY

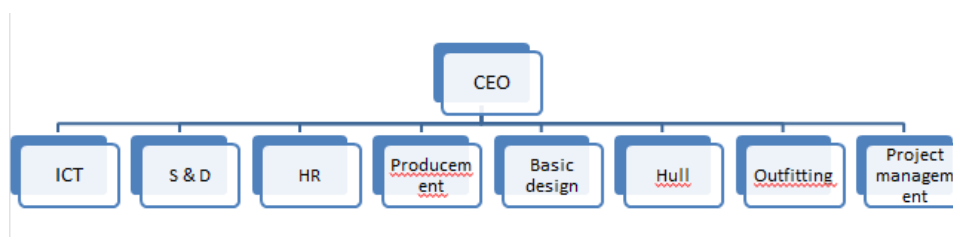
Meyer Turku Oy on yhdessä sisartelakoidensa, Papenburgissa sijaitsevan Meyer Werftin sekä Rostockissa olevan Neptun Wertin, kanssa yksi maailman johtavista perheomistuksessa olevista laivanrakennusyhtiöistä. Meyerin perhe osti Turun telakan vuonna 2014 sen silloiselta omistajalta, jolloin yrityksen toimitusjohtajaksi tuli Jan Meyer. Meyer Turun telakka on erikoistunut erittäin vaativien, innovatiivisten ja ympäristöystävällisten risteilyalusten, autolauttojen sekä erikoisalusten rakentamiseen. Laivoja on rakennettu Turussa menestyksekkäästi vuodesta 1737 alkaen ja tällä hetkellä telakalla on 1 600 omaa työntekijää sekä moninkertainen määrä yhteistyökumppaneita. (Meyer Turku 2017)

Meyer Turulla on myös tytäryhtiöt Suomessa: Piikkiön hyttitehdas Piikkiö Works Oy, Shipbuilding Completion Oy, joka tarjoaa erilaisia ratkaisuja laivojen yleisiin tiloihin avaimet käteen –periaatteella sekä suunnittelu yritys ENG´nD Oy, joka on keskittynyt laivanrakennus- ja offshore-alan suunnitteluun. (Meyer Turku 2017)

### 2.1 Terästuotannon organisaatiot

Luvussa käsitellään lyhyesti terästuotannon eri organisaatiot ja yhteistyökumppanien merkitys telakan toimintoihin sekä rungonkoonnin organisaatioon. Yhteistyöorganisaatiot ovat tärkeitä, koska rungonkoonnissa noin 75 % projekti-kohtaisista työkuormista tehdään niiden toimesta.

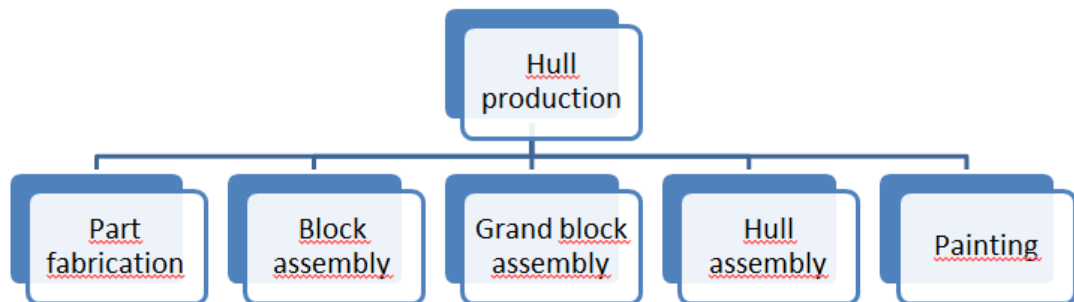
Kuviossa 1 on kuvattu telakan pääosastotason organisaatiot



Kuvio 1: Pääosastotason organisaatio (Meyer Turku intranet)

Toimitusjohtajan alaisuudessa toimii seuraavat Meyerin Turun telakan pääosastot: Tieto- ja viestintäteknologia, myynti ja suunnittelu, henkilöstöhallinto, hankinta, perussuunnittelu, runkotuotanto, varustelu ja projektinjohto.

Kuviossa 2 on telakan terästuotannon organisaatio, johon myös rungonkoonti kuuluu yhtenä osastona.



Kuvio 2: Terästuotannon osastot (Meyer Turku intranet)

Muut osastot ovat osavalmistus, lohkokoonti, suurlohkokoonti sekä maalaus.

## 2.2 Rungonkoonnin tavoite ja prosessikuvaus

Rungonkoonti tehdään telakan rakennusaltaassa, jossa runko kasataan suurlohkokoonnissa rakennetuista suurlohkoista. Tavoitteena rungonkoonnissa on suorittaa suurlohkojen asennus siten, että pituussuuntaiset referenssit ovat keskilaivalinjan suuntaisia ja oikealla etäisyydellä keskilaivasta. Toinen vaihtoehto asentaa suurlohkot on siten, että keskilaivalinjat ovat yhdensuuntaisia ja samalla pystysuoralla.

Suurlohkot toimitetaan rakennusaltaaseen suurlohkokohteista. Ennen tätä työvaihetta tehdään tarpeelliset ennakkovalmistelut, joita ilman lohkon vastaanottoa ei voida aloittaa. Ennen työn aloittamista on varmistettava riittävät resurssit työn suorittamiseen, käytävä läpi mm. turvallisuusasiat ja työtapa-standardit kattava yleisohjeistus työntekijöiden kanssa ja muutoinkin varmistettava työn tekemisen edellytykset.

Ennen suurlohkon nostamista täytyy alempi kansi merkitä sen päälle nostettavaa lohkoa varten. Kannen siivoamisen ja merkkauksen jälkeen suurlohko lasketaan tämän kannen päälle merkittyjen pisteiden mukaisesti. Lopulta lohko kohdistetaan paikoilleen työkaluja apuna käyttäen. Kun lohko on saatu laskettua paikoilleen, mittaryhmä tarkastaa lohkon sijainnin mittapisteiden avulla ja tämän jälkeen suoritetaan tarvittaessa lohkon sovitepoltto. Mahdollisen sovitepolton jälkeen suoritetaan lohkon kevennysnosto, jossa nosturilla otetaan kiinni työkohteesta painon keventämiseksi ja lohko asennetaan mittaryhmän määrittelemään paikkaan sekä kohdistukset tarkastetaan.

Kun suurlohko on saatu paikoilleen, kohdistetaan kannen alapuoliset rakenteet, kansipalkit, laipiot ja jäykisteet sekä asennetaan tarvittavat matkaosat eli polviot ja tukiraudat. Lopuksi suoritetaan kansien ja laitasauvojen kohdistukset sekä niiden hitsaukset. Hitsaus voidaan aloittaa levytöiden ollessa kesken, ja hitsauksessa pitää huomioida oikeat hitsausarvot (WPS) sekä määritelty hitsausjärjestys. Erityisesti risteilijöissä valmis kansi joudutaan ohuiden levynpaksuuksien takia oikaisemaan rihtaamalla, minkä jälkeen tuote on valmis omaan tarkastukseen ja myyntiin tilaajalle sekä luokituslaitokselle.

### 2.3 Yhteistyökumppanuudet meriteollisuudessa

Meriteollisuudella on tärkeä rooli Suomen ja erityisesti Varsinais-Suomen teollisuudelle. Alalla on koettu suuria muutoksia ja haasteita viimeisten vuosien aikana. Tilanteet ovat vaihdelleet pettymyksistä orastavaan tulevaisuuden uskoon ja viimeisten vuosien aikana varsinaisiin saatuihin tilauksiin. Meriteollisuus on varsin laajasti verkostoitunutta toimintaa ja alan suurimpien toimijoiden saamalla tilauksilla on suora vaikutus yhteistyöverkoston koko Turun alueella. (Vuorenmaa & Välimaa 2015, 3)

Turun telakan rungonkoontiosastolla työskentelee noin 57 omaa työntekijää ja 12 toimihenkilöä. Tämä suhteellisen pieni kapasiteetti ei riitä vastaamaan rungonkoonnin projektikohtaisista kokonaiskuormituksista, vaan osaston pitää hoidtaa loput niistä alihankinnalla. Alihankinnan osuus onkin noin 75 % kokonaiska-

pasiteetista. Tämä määrä tarkoittaa noin 200 henkilön projektikohtaista työpanosta.

Yhteistyökumppanien tärkeimmät edellytykset ovat aikataulujen pitävyys, luotettavuus, laatu ja osaaminen. Näiden osa-alueiden laiminlyönti on yksi tärkeimpiä syitä mahdolliseen yhteistyökumppanien valintaan tai vaihtamiseen. Näiden lisäksi kustannus- ja kokonaistehokkuus ovat tärkeitä mittareita yhteistyökumppanuuksia solmittaessa. Tiivistetysti voidaan todeta, että hyvällä prosessin hallinnalla päästään kaikkia osapuolia tyydyttäviin ratkaisuihin. (Vuorenmaa & Välimaa 2015, 4)

Työntekijöiden osaaminen, työn laatu ja erityisesti luottamus toimijoiden välillä yhdistettynä toimitusvarmuuteen ovat meriteollisuuden yhteistyökumppaneiden tärkeimpiä fokusalueita. Ne koettiin paitsi tärkeimmiksi yhteistyökumppaneilta edellytettäviksi vaatimuksiksi, myös tärkeimmiksi kehittämisen kohteiksi ja menestyksen avaimiksi, joilla varmistetaan luottamus telakan ja yhteistyökumppanien välillä. Luottamus pohjautuu rehellisyyteen ja avoimuuteen tuotannollisissa sekä laadullisissa haasteissa ja mahdollisissa ongelmatapauksissa.

Alihankintamarkkinoilla voi menestyä vain pysymällä kilpailukykyisenä ja kykenemällä uudistumaan jatkuvien muutosten edellyttämällä tavalla. Kilpailukykyinen yritys ymmärtää kustannus- ja kokonaistehokkuuden tärkeyden. Hinta saakin helposti suurimman painoarvon yhteistyökuvioita mietittäessä. Kuitenkin yksi tärkeimpiä menestymisen edellytyksiä on yhteistyökyky, joka edellyttää joustavuutta. Voidaankin sanoa kilpailukykyyn olevan yhdistelmä osaamista, laatua, kustannustehokkuutta, luotettavuutta, aikatauluvarmuutta, joustavuutta ja tiivistä yhteydenpitoa. Näiden kokonaisuuksien hallinta yhteistyökumppanuuksia luotaessa on ensiarvoisen tärkeää. (Vuorenmaa & Välimaa 2015, 39)

Suurimmat haasteet aikataulun pitämisen suhteen koetaan materiaalitoimituksista johtuvista syistä. Ne johtuvat huonosti organisoidusta työstä, suunnitelmien puutteellisuudesta ja vajaista resursseista. Aiempien vaiheiden aikatauluhaasteet heijastuvat suoraan yhteistyökumppaneiden omiin aikatauluihin aiheuttaen resursointipaineita. Laatuun liittyvät ongelmat johtuvat suurimmaksi osaksi

osaamattomuudesta, ammattitaidon puutteesta ja tekijöiden asenteesta. Haasteisiin puuttumisen keinoina nähdään tehostettu projektin hallinta, työn koordinointi ja uudelleen aikataulutus. Tiedotuksen kehittäminen on nostettu ensiarvoisen tärkeäksi kokonaisvaltaisen yhteistyön kehittämisen kannalta. (Vuorenmaa & Välimaa 2015, 40)

## 2.4 Yhteistyökumppanuudet rungonkonnissa

Kuten Vuorenmaa & Välimaa (2015, 5) kirjoittavat, menestyäkseen telakoiden välisessä kilpailussa myös rungonkonnissa pitää panostaa laatuun, aikataulukuriin, hintaan ja kilpailukykyyn. Tärkeään rooliin rungonkonnissa on nostettu myös pitkäaikaisten kumppanuussuhteiden luominen, mikä osaltaan luo yhteistyökumppanille mahdollisuuden ja vakaan pohjan kehittää omaa prosessiaan yhdessä telakan asiantuntijoiden kanssa. Rungonkonnin alihankintapäätökset perustuvat aikaisempiin kokemuksiin yhteistyökumppanista. Tärkeään rooliin nousevat laatutietoisuus, luotettavuus, joustavuus, kyky hallita omaa prosessia sekä kustannustietoisuus ja hinta.

Rungonkoonti tekee tiivistä yhteistyötä muiden pääosastojen, kuten varusteluorganisaation sekä logistiikkaosastojen kanssa. Normaalisti esille nousevat haasteet koskevat aikataulua ja laatua. Nämä teemat on ensiarvoisen tärkeä huomioida myös yhteistyökumppaneita valikoitaessa. Lisäksi yhteistyökumppanilta pitää löytyä joustavuutta ja kykyä sopeutua hektiseen työympäristöön. Kumppanuussuhteet yhteistyöyritysten ja rungonkonnin välille pyritään luomaan samankaltaisiksi kuin tehtäisiin töitä telakan oman väen kanssa.

Rungonkoonti ei pysty projektien toteuttamiseen ilman alihankintaa, joten on selvää, että se on iso osa paitsi tämänhetkistä tilannetta, myös tulevaisuuden visiota. Tulevaisuuden tavoitteena on valita projekteihin yhteistyökumppaneita, jotka sitoutuvat pitkäjänteiseen kehitysohjelmaan telakan kanssa ja ovat valmiita panostamaan tuottavuuden parantamiseen sekä yhteistyön kehittämiseen.

## 3 LAATU, LAADUN MITTAAMINEN JA LAATUKUSTANNUKSET

### 3.1 Laatu ja sen mittaaminen

Laadun mittaaminen on haasteellista. Laatu on käsitteenä epämääräinen, helposti subjektiivisesti tulkittavissa eikä sen ominaisuudelle ole omaa yksittäistä mittayksikköä. Tästä johtuen kaksi arvioijaa voi saavuttaa organisaatioiden paremmuuden arvioinnissa jopa päinvastaisia tuloksia. (Multimäki 2003, 18)

Hyvän lopputuloksen takaamiseksi yrityksen laadunvarmistusjärjestelmän täytyy olla kunnossa. Laadunvalvonnan tulee myös olla kokonaisvaltaista: sen pitää ulottua yrityksen kaikkiin eri toimintoihin. Hyvä laatu yhdistetäänkin kokonaisvaltaisesti toimivaan ja hyväksi todettuun tuotteeseen tai palveluun, joka täyttää sille määritetyt odotukset. Mikäli tuotteen tai palvelun hinta ylittää vastaavan tuotteen tai palvelun keskihinnan, odotetaan sen olevan myös keskitasoa parempilaatuinen. (Multimäki 2003, 19)

Besterfield (2011, 6-7) on määritellyt laadun seuraavan kaavan avulla (1).

$$Q = \frac{P}{e} \quad (1)$$

Q= laatu

P= suorituskkyky

e= (laadun) suorituskkyky

Tuote täyttää odotukset, mikäli Q:n arvo yhtälössä on suurempi kuin yksi.

Laatu voidaan määritellä myös Rumasen (2011, 7) tavoin jakamalla se viiteen eri lähestymistapaan:

1. Ylivertainen: laatua ei voida määritellä, mutta se on jollain tasolla hyvää.
2. Tuotelähtöinen: vastaavalla toisella tuotteella ei ole samaa arvoa lisäävää ominaisuutta.

3. Käyttäjälähtöinen: tuotteen erityispiirteet täyttävät asiakkaan odotukset.
4. Tuotantolähtöinen: tuotanto pystyy täyttämään tuotteelle asetetut standardit ja vaatimukset.
5. Arvolähtöinen: tuotteen hinta ja ominaisuudet ovat kompensoitu parhaan tuloksen saavuttamiseksi.

Laadun varmistamisessa olennaista ovat asiakkaan vaatimukset ja toiveet. Laatu liitetään asiakasvaatimusten mukaiseksi siten, että laadun taso on suoraan sidoksissa asiakastyytyväisyyteen. Huomioitavaa on, että asiakastyytyväisyys ja vaatimusten mukaisuus eivät välttämättä aina ole sama asia. Pohdittaessa käsitettä laatu asiakaskeskeisestä näkökulmasta ei ole yksiselitteistä, mikä on hyvää laatua: vaikka tuote olisi teknisesti täysin virheetön ja vastaisi täysin valmistajan työhjeita ja suunnitelmia, voi asiakkaalla olla muitakin vaatimuksia laadun suhteen. Omistajan kustannusnäkökulmasta katsoen pitää huomioida se, ettei lähdetä tavoittelemaan asiakkaan tyytyväisyyttä ylilaadulla, joka tarkoittaa asiakkaan tarpeet ja vaatimukset ylittävää osuutta, jolla on suora negatiivinen vaikutus kustannuksiin. (Multimäki 2003, 28-29)

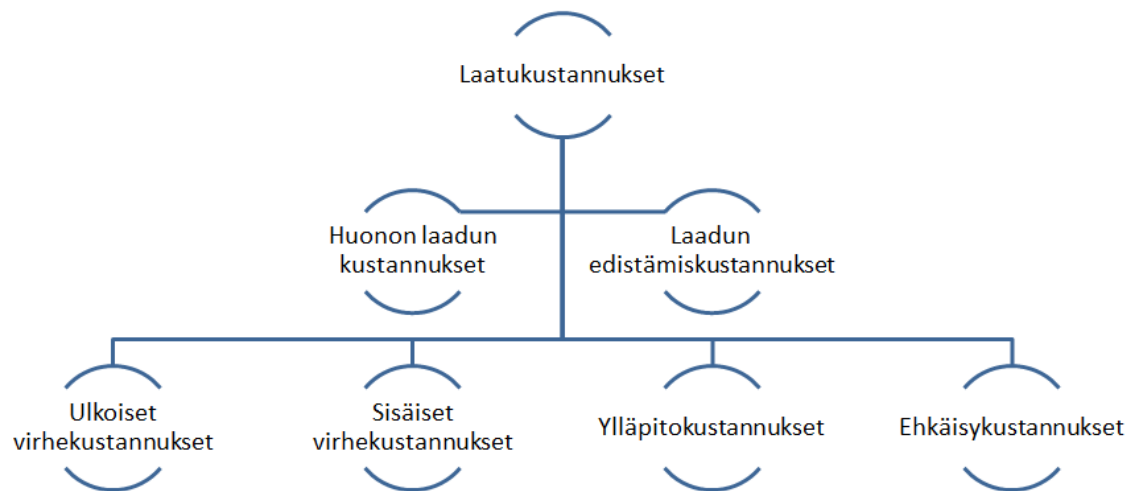
Laadunhallinta on siis kokonaisvaltainen käsite, jossa projektin jokainen osa-alue tulee ottaa huomioon niin tarkasti, ettei tule mahdollisuutta asioiden tulkitaan, vaan päätökset tulee tehdä faktojen perusteella.

### 3.2 Laatukustannukset

Laatukustannuksia syntyy valmistettaessa tuotteita asiakkaiden vaatimusten mukaisesti. Ne voidaan jakaa kahteen päätyyppiin: laatua edistäviin kustannuksiin ja huonosta laadusta johtuviin kustannuksiin. Laatua edistävät kustannukset ovat esimerkiksi investoinnit, joiden tavoitteena on vähentää virheellisten tuotteiden määrä ja korjata virheellisiä prosesseja. Huonon laadun kustannuksia ovat väärin asioiden tekeminen ja virheet. Edellä mainitut päätyypit voidaan jakaa neljään ryhmään kuvan 3 mukaisesti: ulkoiset virhekustannukset, sisäiset virhekustannukset, laadun ylläpitokustannukset ja huonon laadun ehkäisykustannukset. (Lecklin 2006, 155)



Laatukustannusten määrittäminen ei ole yksinkertaista, koska jokainen yritys joutuu etsimään itselleen toimivan tavan laatukustannusten tarkasteluun. Yleisiä laskentakaavoja tai standardeja laatukustannusten laskemiseen ei ole, vaan ne ovat puhtaasti yrityskohtaisia. Yrityksillä on käytössään erilaisia prosessi- ja laatumittareita kustannusten tarkkailuun. Tutkimuksissa on havaittu, että laatukustannukset voivat olla 15-30 % yrityksen liikevaihdosta, joten niiden vähentäminen vaikuttaa huomattavasti yrityksen tulokseen. (Lecklin 2006, 155)



Kuvio 3. Laatukustannusten muodostuminen. (Lecklin 2006, 160)

### 3.2.1 Ulkoiset ja sisäiset virhekustannukset

Tarkastuksissa havaittujen virheiden tai puutteiden korjaaminen ovat ulkoisia virhekustannuksia. Tämä tarkoittaa sitä, että virheellinen tuote on päässyt eri prosessien laadunvarmistuksen läpi. Ulkoisten virheiden korjaaminen on kallista ja ne vaikuttavat negatiivisesti yrityksen imagoon. Ulkoisia virhekustannuksia ovat esimerkiksi

- vahingonkorvaukset
- myöhästymissakot
- takuukustannukset
- menetetyt tuotot ja luottotappiot
- virheiden korjauskustannukset ja palautettujen tuotteiden kustannukset

- reklamaatioiden käsittelykustannukset. (Lecklin 2006, 155-156)

Yrityksen sisällä, ennen tuotteen lähettämistä seuraavaan vaiheeseen, havaitut ja korjatut virheet ovat sisäisiä virhekustannuksia. Sisäiset virhekustannukset johtuvat yleensä huolimattomuudesta, väärrien asioiden tekemisestä, huonosta suunnittelusta tai puutteellisista välineistä. Sisäisiä virhekustannuksia ovat esimerkiksi

- sisäisesti havaittujen virheiden korjaaminen
- ylityöt/joutoaika
- virheiden tekeminen
- tietojärjestelmähäiriöt
- virhekappaleet/hylkytavarat
- toimittajien huono laatu. (Lecklin 2006, 157)

### 3.2.2 Laadun ylläpitokustannukset ja ehkäisykustannukset

Laadun ylläpitokustannukset liittyvät lopputuotteiden tarkastamiseen ja laadun varmistamiseen sekä parantamiseen. Tarkastukset suoritetaan aina ennalta määrättyjen ohjeistusten mukaisesti. Ylläpitämällä laatua estetään virhekustannusten kasvua. Laadun ylläpitokustannuksia ovat mm.:

- katselmukset ja auditoinnit
- valvonta ja tarkastukset
- virheiden käsittelyt
- valvonta- ja mittalaitteiden ylläpito
- laadun mittaus ja laatutiedon kerääminen sekä analysointi
- testaukset. (Lecklin 2006, 157)

Ehkäisykustannuksiin lasketaan kustannukset, jotka aiheutuvat mahdollisten virhelähteiden ja laaturiskien poistamisesta ennen ongelmien syntymistä. Kehittäminen, suunnittelu ja koulutus ovat yleisimpiä ennakointimenetelmiä. Näitä keinoja apuna käyttäen voidaan laadun ylläpitokustannuksia vähentää laatu-

tasosta tinkimättä. Ennalta ehkäisyyn kannattaa panostaa, koska se vähentää virheiden määrää. Ennaltaehkäisykustannuksia ovat mm.:

- laadukkaan johtamisjärjestelmän rakentaminen
- toiminnan suunnittelu ja prosessien kehittäminen
- laatukoulutus ja laaturaportit
- laatuorganisaatio
- henkilöstön motivointi. (Lecklin 2006, 157-158)

### 3.2.3 Laatukustannusten vähentäminen

Kokonaisvaltaisen laadunhallinnan tavoitteena on laatukustannusten vähentäminen. Muodostuneet kustannukset kirjataan seurantajärjestelmään, josta ne voidaan tarvittaessa ottaa esille. Laatukustannusten kehittymistä tulee tarkkailla prosessikohtaisesti riittävän usein. Laatukustannuksia voidaan vähentää parhaiten tarkoin rajatuilla projekteilla, ottamalla laatukustannuksia aiheuttava prosessi kehitystyön alle. Prosesseja tutkimalla saadaan selville sen vaiheiden kustannusvaikutukset. (Lecklin 2006, 158-159)

Laatukustannusten alentamiseksi on tärkeää tehdä palvelut ja tuotteet kuntoon kerralla. On huomattavasti kalliimpaa korjata ja oikaista virheitä myöhemmissä vaiheissa. Laatukustannusten syntymistä ei voida koskaan estää täysin, mutta oikein kohdennetuilla toimenpiteillä niiden rakenteeseen ja määrään voidaan huomattavasti vaikuttaa. Tuotteiden ja palveluiden jatkuva parantaminen edellyttää kokonaisvaltaisen laadunhallinnan integroimista organisaation kaikkiin toimintoihin ja laadun näkemistä välttämättömänä osana strategista suunnittelua. Kokonaisvaltaisen laatujohtamisen soveltaminen voi kuitenkin epäonnistua, jos keskitytään liikaa menetelmien ja työkalujen käyttöön ilman laatukulttuurin sisäistämistä. (Logistiikan Maailma 2017)

Laatukustannukset muodostuvat yleensä pareto-säännön mukaisesti eli 20 % toiminnoista aiheuttavat 80 % laatukustannuksista. Prosessin eri vaiheiden kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä arvioitaessa pitää huomioida yrityksen kannalta paras lähestymistapa ja se, mitä tietoa tarvitaan prosessin kehittämiseen sekä

miten tiedon kerääminen tapahtuu. Kun prosessin ongelmista ja laatukustannusten muodostumisesta on saatu riittävästi informaatiota, se analysoidaan ja analysoinnin jälkeen luodaan laatukustannusten vähentämiseen tähtäävä strategia. (Karjalainen 2017)

### 3.3 Laadunhallintajärjestelmät ja niiden sertifiointi

Laadunhallinta on toiminnan jatkuvaa kehittämistä yrityksessä, jonka tavoitteena on kannattava liiketoiminta, asiakkaiden tyytyväisyys ja kilpailukyvyyn säilyttäminen sekä kasvattaminen. Laadunhallintajärjestelmä on asiakastyytyväisyyden varmistamiseksi ja yrityksen tehokkuuden parantamiseksi kehitetty ja dokumentoitu yhdistelmä eri toimintoja. Käytännössä se tarkoittaa yksikössä olevaa organisaatorakenteen, menettelyjen, prosessien ja resurssien muodostamaa kokonaisuutta ja sen tehokasta johtamista. Jokaisessa yrityksessä laadunhallintajärjestelmä rakennetaan ja sovitetaan kyseiselle yritykselle ominaisten liiketoimien mukaiseksi. Laadunhallintajärjestelmään vaikuttavat sekä valmistajien tarpeet ja edut että ostajien tarpeet ja odotukset. Järjestelmä dokumentoidaan laatukäsikirjaan, menettely- ja työhohjeisiin. (Yritys-Suomi 2017)

Kaikkien yritysten laadunhallinta ei kuitenkaan toimi niin kuin pitäisi. Käytössä on yleensä jonkinlainen laadunhallintajärjestelmä, koska työn tekemisestä ja toimintatavoista on sovittu kirjallisesti tai suullisesti. Yleensä työn suorittamista ja toimintatapojen noudattamista valvotaan jollakin tavalla, mutta yllättävien tilanteiden paikkaamisesta tai ongelmien korjaamisesta ei jää dokumenttia. Pahimmillaan ongelmista ei keskustella, joku korjaa virheet ja ongelmat unohdetaan, kunnes ongelma taas hetken päästä toistuu, eli virheistä ei opita mitään. Laatujärjestelmän avulla ongelmista on tavoite päästä eroon. (Pesonen 2007, 50-51)

Laadunhallintajärjestelmät ovatkin tärkeä osa hyvin johdetun yrityksen strategiaa. Ottaessaan laadunhallintajärjestelmiä käyttöönsä, yritys panostaa tulevaisuuteensa ja pystyy järjestelmällisesti parantamaan toimintaansa.

Yleinen ja toimivaksi havaittu vaihtoehto on hyödyntää sertifioitua johtamisjärjestelmää. Sertifioidusta laadunhallintajärjestelmästä voidaan nähdä olevan yritykselle seuraavia hyötyjä:

- Järjestelmän käyttöönotto kehittää yrityksen toimintaa ja prosesseja. Samalla virhekustannukset minimoituvat.
- Asiakkaiden luottamus yritykseen kasvaa.
- Laadunhallintajärjestelmä itsessään on kilpailuetu.
- Järjestelmä parantaa henkilökunnan osaamista, motivaatiota ja tehokkuutta.
- Järjestelmä antaa tietoa yrityksen tuotteen tai palvelun laadun tasosta. (Yritys-Suomi 2017)

Standardia 9001 käytetään, kun tarkoituksena on rakentaa johtamisjärjestelmä, joka antaa luottamusta tuotteen vaatimustenmukaisuudesta. Se on ainoa ISO 9000 -sarjan standardi, jonka vaatimusten pohjalta ulkopuolinen laitos voi sertifioida laatujärjestelmän. ISO-standardijärjestelmää ylläpitää International Organization for Standardization (ISO), joka on globaali kansallisten standardisointijärjestöjen liitto. Suomessa ISOa edustaa Suomen Standardisointiliitto (SFS). (Yritys-Suomi 2017)

Ottaessaan käyttöön ISO 9001 standardipohjaisen järjestelmän, pystytään paremmin huomioimaan asiakkaan tarpeet ja sitä kautta nostamaan asiakastytyväisyyttä. Pystytään tunnistamaan ja ennakoimaan mahdollisia riskejä ja toisaalta mahdollisuuksia. (ISO 9001 2015, s. vi.) ISO 9001:n mukaan riskeihin kohdistunut ajattelutapa mahdollistaa organisaation määrittää niitä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa poikkeamia prosessien suunnitelluissa tavoitteissa ja määrittää näihin ennaltaehkäiseviä toimia. ISO 9001 korostaa seuraavia asioita: organisaation toimintaympäristö, johtajuus, riskilähtöisyys, suunnittelu, laadunhallinnan perusteet sekä prosessilähtöisyys.

Laadunhallintaperiaatteet ISO 9000 mukaan ovat seuraavat:

- asiakaslähtöisyys
- johtaminen

- ihmisten sitoutuminen
- prosessilähtöinen ajattelutapa
- kehittäminen
- faktoihin perustuva päätöksenteko
- kommunikointi.

## 4 LAADUNHALLINTA JA LAATUSTANDARDIT MEYER TURUN TELAKALLA

### 4.1 Laadunhallinta Turun telakalla

Laadunvarmistus on tärkeä osa telakan päivittäisjohtamista. Hitsausvirheiden havainnointiin on telakalla käytössä sisäinen laatuportti, (Quality Control) jolla pyritään minimoimaan virheiden määrät virallisessa tilaajan tarkastuksessa (kohta 6.5 laatuportti).

Meyer Turun telakan laadunhallintajärjestelmä sisältää myynnin, suunnittelun, tuotannon ja projektien elinkaaripalvelut. Järjestelmä kattaa kaikki Meyer Turku Oy:n toiminnot, mutta ei ota kantaa sisaryhtiöiden toimintoihin, joilla on omat laadunhallintajärjestelmänsä.

Telakalla toimii sisäinen laatuosasto, jonka tehtävänä on ohjata ja ohjeistaa eri prosesseja sekä osastoja. Osasto on myös tarvittaessa tukena tilaajan ja luokituslaitoksien kanssa käytävissä keskusteluissa.

### 4.2 Käytössä olevat laatustandardit

Telakka noudattaa laadunhallintajärjestelmän johtamisstandardia ISO 9001:2015 / ISO 3843-2:2005, soveltuvin osin työskentelyyn liittyen OHSAS 18001:2007 standardia ja ympäristöstandardia ISO 14001:2005, joka antaa telakan eri organisaatioille raamit ympäristönäkökohtien vaatimien vastuiden ja velvollisuuksien täyttämiseen. (ISO 14001 2015, 5)

### 4.3 Hitsauksen laadunhallinta

Hitsauksessa iso osa lopputuloksen laadusta perustuu hitsausprosessin laadunvarmistamiseen sekä ohjeistusten jatkuvaan päivittämiseen sekä niiden noudattamiseen. Telakalla laadukkaaseen toimintaan tähdättäessä panostuk-

sen kohteeksi pitää nostaa hyvä ammattitaito ja -tieto yhdistettynä hitsausstandardien ja päivitettyjen hitsausohjeiden käyttöön sekä käytön valvontaan. (Lukkarila 2000, 2)

Meyer Turun telakalla hitsaustyön laatua ohjaavat hitsausstandardit SFS-EN ISO 3834 ja SFS-EN ISO 5871 sekä telakan omat hitsausohjeet (WPS): teräksen, nikkelin, titaanin ja niiden seosten sulahitsaus ja IACS Shipbuilding and repair quality standard.

#### 4.3.1 Käytössä olevat hitsausstandardit

Telakalla käytössä oleva ISO 3834 standardi on suunniteltu erityisesti hitsaaville organisaatioille. (ISO 3834-1 2005, s.4; ISO 9001 2015, 5) Standardin ISO 9001 mukaisesti yrityksen pitää määrittää tietyt toiminnot erikoisprosesseiksi. Erikoisprosesseiksi määritetään toimintoja, joiden lopputulosta ei voida varmistaa pelkällä lopputuotteen tarkastuksella. Hitsaus on erikoisprosessi, mikäli hitseille on asetettu laatuvaatimuksia. SFS-EN ISO 3834 Standardi toimii standardin ISO 9001 apuvälineenä, kun yksi yrityksen erikoisprosesseista on hitsaus. (Lindewald 2013, 6)

Standardi SFS-EN ISO 3834 koostuu viidestä eri osiosta:

1. SFS-EN ISO 3834-1: Tarkoituksenmukaisen laatuvaatimustason perusteet
2. SFS-EN ISO 3834-2: Kattavat laatuvaatimukset
3. SFS-EN ISO 3834-3: Vakiolaatuvaatimukset
4. SFS-EN ISO 3834-4: Peruslaatuvaatimukset
5. SFS-EN ISO 3834-5: Asiakirjat

Standardi ISO 3834 asettaa tiettyjä laatuvaatimuksia metallien sulatushitsausprosesseille. Vaatimukset kohdistuvat vain niihin tuotteen näkökohtiin, joihin sulahitsaus vaikuttaa. Standardi soveltuu joiltakin osin myös muiden hitsausprosessien laadunhallintaan.



Standardi on laadittu siten, että

- Se on riippumaton hitsattavasta rakennetyypistä.
- Se antaa ohjeita, jotka kuvaavat valmistajan kykyä valmistaa hitsattuja rakenteita annettujen vaatimusten mukaisesti.
- Se määrittelee laatuvaatimukset, kun hitsaus suoritetaan konepajassa ja/tai asennuspaikalla.
- Se antaa ohjeita valmistajan hitsausvalmiuksien arvioimiseen. (SFS-EN ISO 3834-1 2006, 10)

Standardi käsittelee varsin kattavasti ja systemaattisesti hitsauksen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Näitä tekijöitä kehittämällä yritys voi parantaa tuotantonsa hallittavuutta, tuotteiden laatua, tuotteiden toimitusvarmuutta ja valmistuksen kustannustehokkuutta. Standardin avulla yritys pystyy osoittamaan kykynsä valmistaa tuotteita sille annettujen laatuvaatimusten pohjalta ja sen käyttöönottoa puoltavat erilaiset direktiivit, tuotestandardit, viranomaisvaatimukset ja ISO 9001. Lisäksi standardi yhtenäistää valmistajan ja tilaajan välistä sopimuskäytäntöä. Sopimuskäytäntöjen yhtenäistämisen avulla valmistaja ja tilaaja pystyvät sopimaan paremmin tuotteiden ominaisuuksista ja spesifikaatioista. ISO 3834:n käyttöönotto yrityksessä on pitkä projekti, joka vaatii merkittävän työpanoksen ja koko henkilöstön sitoutumisen laadunhallintaan. (Lindewald 2013, 3-7; SFS-EN ISO 3834-1 2006, 10)

#### 4.3.2 Hitsausohjeet

Meyer Turun telakalla on hitsausohjeet kaikkiin hitsaustöihin ja näitä ohjeita on käytettävä hitsauksessa. Tyypillisesti laivarakenteiden hitsausluokaksi on määritetty luokka C. IACS-standardi ohjaa laajasti rakenteiden valmistusta antaen ohjeita ja tarkkuusvaatimuksia materiaaleista ja osavalmisteista.

Telakka on ohjeistanut hitsausvaatimukset seuraavasti:

- mekaanisten esikäsittelyjen laatuasteet
- hitsausohjeet ja niiden lukuohjeet

- työnteko ulko-olosuhteissa
- korotettu työlämpötila
- silloitushitsaus
- korjaushitsaus
- hitsaajatunnusten merkintä
- hitsauslisäaineiden varastointi ja käsittely
- hitsaajien pätevyitys
- silloitushitsaus
- tankkirakenteiden vesitiiveyden varmistaminen
- laitojen, laipoiden ja kansien lyhyyksien korjaus ja käsittely
- hitsauksen aloitus- ja lopetuspalat.

## 5 HITSAUSVIRHEET RUNGONKOONNISSA

### 5.1 Hitsausvirheet ja niiden tyypit

Hitsatun rakenteen päätoiminto on kantaa siihen kohdistuvat voimat ja kuormat. Jotta tähän päästäisiin, on hitsattavan rakenteen ja hitsausliitosten oltava riittävän lujia sekä kestäviä niihin käytön aikana kohdistuvien kuormitusten takia. Hitsattavalle rakenteelle hitsaus on ”raju tapahtuma”, johon liittyvät nopeat lämpötilojen muutokset vaikuttavat olennaisesti hitsattavan materiaalin perusominaisuuksiin sekä rakenteen ja liitosten jännitystiloihin. Hitsaus aiheuttaa myös muodonmuutoksia varsin helposti ja rakenteen geometriaan ilmaantuu epäjatkuvuuksia, jotka aiheuttavat jännityskeskittymiä ja –huippuja (Lukkarila 2000, 2)

Erilaiset vauriot hitsatuissa rakenteissa lähtevät usein liikkeelle hitsien alueelta. Siihen, että hitsausliitos on ”heikoin lenkki”, on useita syitä, hitsausvirheet mukaan lukien. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että hitsit olisivat heikkoja. Hitsatun rakenteen pitää kestää siihen kohdistuvat kuormitukset riittäväällä luotettavuudella ja hitsiin ennakoitavissa olevilla kuormituksilla. (Lukkarila 2000, 2)

Hitsausvirheellä tarkoitetaan poikkeamaa hitsissä ja hitsausvialla puolestaan sellaista virhettä, joka on korjattava. Hitsausvirheet syntyvät rakenteiden valmistuksen yhteydessä ja ovat käytännössä erilaisia valmistuksellisia virheitä. Rakenteisiin voi myös käytön aikana syntyä erilaisia vaurioita ja vikoja, joiden syntyyn voivat vaikuttaa myös aikaisemmat, valmistuksessa syntyneet hitsausvirheet. (Lukkarila 2000, 3)

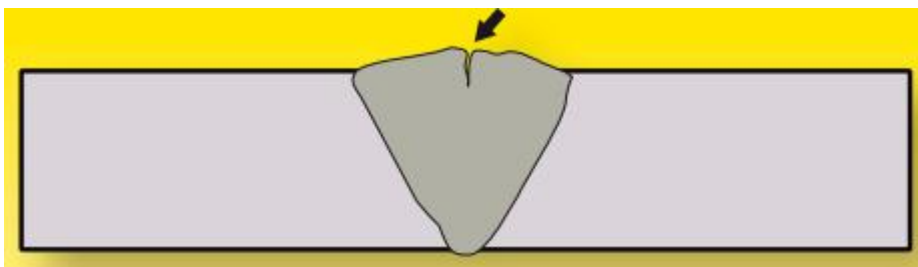
Sanastostandardin SFS 3052 mukaisesti hitsausvirhe on ”epäjatkuvuus hitsissä tai poikkeama hitsin muodossa. Hitsausvirheitä ovat esim. halkeamat, vajaa hitsautumissyvyys, huokoisuus ja kuonasulkeumat”. Hitsausvirhestandardi SFS-6520-1 määrittelee puolestaan virheen (engl. imperfection) ”poikkeamaksi ihanteellisesta hitsistä” ja vian (engl. defect) ”ei-sallituksi virheeksi”. (Lukkarila 2000, 3)

Koska hitsausvirheet voivat heikentää hitsausliitoksen kestävyyttä tai muita sen ominaisuuksia, on syytä pyrkiä mahdollisimman virheettömaan, laatuvaatimukset täyttävään hitsaukseen. Virheet hitsausliitoksissa eivät tee tuotetta välttämättä käyttökelvottomaksi tai vaadi täydellistä korjausta tuotteeseen. Tuotannossa vaadittavat hitsauksen laatutasot ja sallitut virheet osoitetaan hitsausluokilla B, C tai D (SFS-EN 25817). (Lukkarila 2000, 3) Turun telakalla käytössä oleva luokitus on C.

Prosessikehitykseen on valikoitu rungonkonnissa neljä yleisimmin esiintyvää hitsausvirhettä luvun 5 mukaisesti. Näiden virheiden poistaminen ja ennaltaehkäisy vähentää rungonkonnin projektikohtaisia kustannuksia sekä stabiloi resurssien hallintaa.

#### 5.1.1 Halkeamat

Halkeamat ovat normaalisti kapeita ja teräväkärkisiä kiinteässä aineessa tapahtuneita murtumia. Murtumat voivat aiheutua jäähtymisen ja/tai jännitysten vaikutuksesta. Halkeamat ovat virhetyypeistä vaarallisimpia. (Lukkarila 2000, 5)



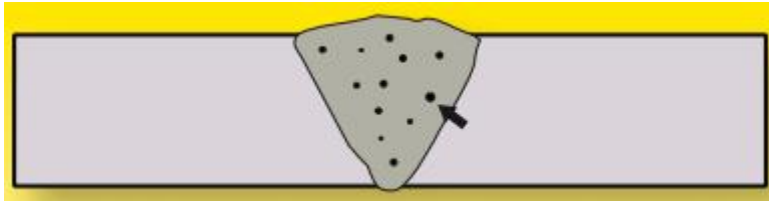
Kuva 1. Halkeamat (Esab Oy, 2017).

#### 5.1.2 Huokoset ja ontelot

Kaasuontelot kuuluvat onteloihin, joita kutsutaan myös pelkästään huokosiksi. Ne ovat hitsiaineeseen sulkeuksiin jääneiden kaasujen täyttämiä ja muodostamia pallomaisia onteloita, jotka sijaitsevat hitsiaineessa. Ne voivat esiintyä yksit-

täisesti hitseissä, mutta myös jonossa, ryhmissä sekä tasaisena huokoisuutena. (Lukkarila 2000, 10)

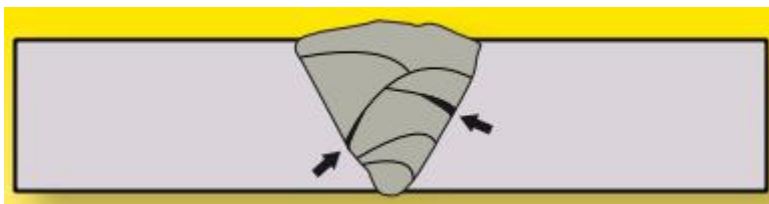
Kaasut, jotka pääasiallisesti aiheuttavat huokosia, ovat seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen hitsauksessa vety, happi ja typpi sekä ruostumattoman teräksen sekä alumiinin hitseissä vety. (Lukkarila 2000, 10)



Kuva 2. Huokoset (Esab Oy, 2017).

### 5.1.3 Kuonasulkeumat

Hitsiaineeseen jäänyttä kiinteää kuonaa tai muuta vastaavaa vieraan aineen palasta kutsutaan sulkeumaksi. Virheet poikkeavat ulkonäöltään huokosesta ja ovat muodoltaan säännöttömiä. Sulkeumat voivat olla yksittäisiä tai jonomuodostelmia ja sijaita hitsin pituussuuntaan tai esiintyä hajallaan ryhmässä. (Lukkarila 2000, 11)

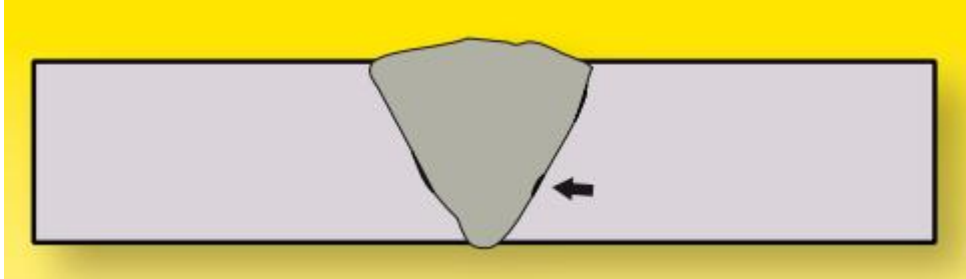


Kuva 3. Kuonasulkeuma (Esab Oy, 2017).

### 5.1.4 Liitosvirheet

Hitsin epätäydellistä liittymistä hitsiaineen ja perusaineen välillä tai usean palon välillä kutsutaan liitosvirheeksi. Sitä voi esiintyä railokyljessä tai hitsauspalkojen

välissä kun kyseessä on monipalkohitsi. Sitä voi esiintyä myös sulamattomana juuripintana hitsin juuressa. Liitosvirhettä voidaan kutsua myös kylmäjuoksuksi. (Lukkarila 2000, 12)



Kuva 4. Liitosvirhe (Esab Oy, 2017).

Liitosvirheisiin johtavat syyt ja niiden estäminen on esitetty liitteessä 1.

## 5.2 Nykytilan kartoitus

Turun telakan rungonkoonnin osastolla työskentelee noin 30 Meyer Turun telakan omaa hitsaajaa ja kuormituksesta riippuen noin 100 – 200 yhteistyökumppanien hitsaajaa. Työskentely tapahtuu pääsääntöisesti ulko-olosuhteissa vallitsevien sääolosuhteiden armoilla, mikä aiheuttaa omat haasteensa ja vaatimuksensa hitsaustyölle.

Osastolle kuormitetuista töistä noin 75 % alihankitaan eri yhteistyökumppaneilta ympäri maailmaa. Parhaimmillaan osastolla voi työskennellä 5-10 eri yhteistyökumppaniyritystä samanaikaisesti saman projektin parissa. Yritysten erilaiset toimintatavat ja kommunikaatiovaikeudet aiheuttavat haasteita hitsaukseen, mikä puolestaan vaikuttaa hitsausvirheiden muodostumiseen ja korjaushitsausten läpiviemiseen.

Ei ole realistista ajatella, että hitsausvirheistä päästäisiin koskaan kokonaan eroon. Suuri osa havaituista hitsausvirheistä johtuu joko inhimillisistä tekijöistä (Katso Liite 5: Kalaruotokaavio) tai siitä, ettei noudateta käytössä olevaa hitsausohjetta tai osata lukea sitä oikein.

Osastolla haasteena on hitsausvirheiden korjauksessa se, että liian suuri osa niistä joudutaan tekemään useaan kertaan ennen vaaditun laatutason saavuttamista. Tästä koituu lähes aina aikataulullisia ja kustannuksiin sekä budjetteihin liittyviä haasteita. Myöskään tilaajan ja luokituslaitoksen edustajien luottamuksen voittaminen ei onnistu, elleimme pysty parantamaan huomattavasti korjausten vasteaikaa, ennakoimaan virheiden muodostumista ja parantamaan onnistumisprosenttia.

Hitsausvirheistä johtuvat ongelmat ja kustannukset koostuvat pääasiassa seuraavista asioista:

- UT/RT – tarkastukset
- työmaan uudelleen perustaminen
- rungonkoontiosaston aikataulun venyminen ja siihen liittyvät aikataulun kiinniottosuunnitelmat (projektikohtainen budjetti).
- seuraavien työvaiheiden aikataulu siirtymät ja aikataulun kiinniottosuunnitelmat.

Tässä opinnäytetyössä on käsitelty rungonkoontin hitsausvirheitä NB-398 laiva-projektin osalta. Tiedot virheistä on saatu osastokohtaisesta NDT-tarkastusten pöytäkirjoista (Taulukko 1), jotka toimitetaan osastolle noin 2 päivän välein laatuorganisaation toimesta. Virheistä noin 85 % on yhteistyöyritysten tekemiä ja niistä noin 50 % menee uudelleen korjaukseen eli virheitä ei saada ensimmäisellä korjausyrityksellä kuntoon.

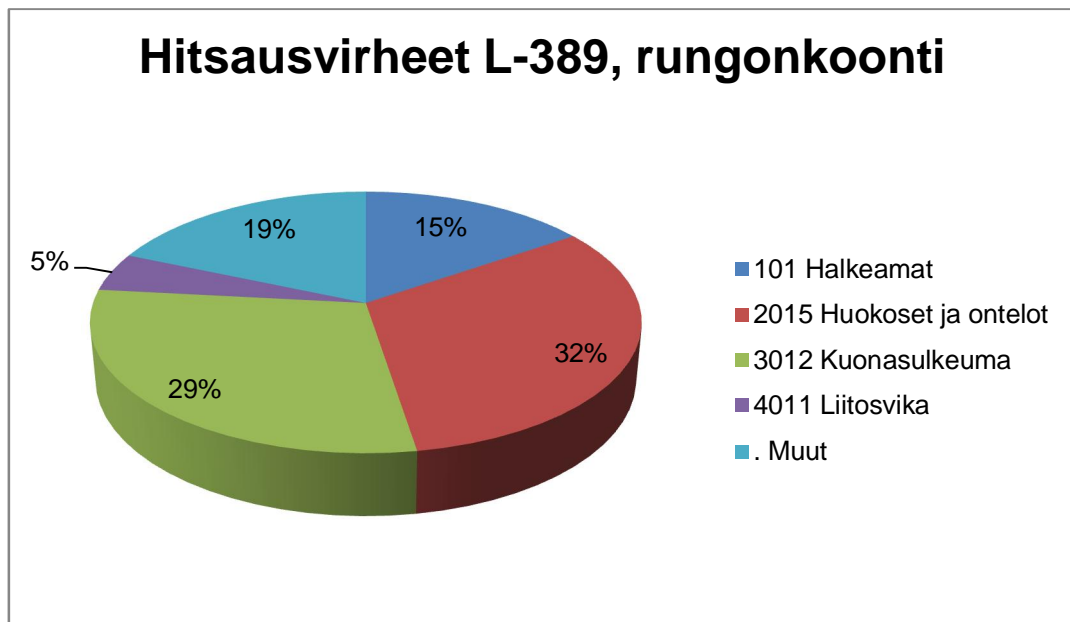
Virhekoodien selitykset löytyvät liitteestä 7.

Taulukko 1. Ote NDT -tarkastuspöytäkirjasta

Kuva nro	Lohko	Kaari	Kansi / Puoli	MEYER työnjohtaja	Alihankkija	pvm	Virhekoodi
286	230-510	51	PL/S	XXX	Yritys 1	16.9.2015	3012,3011
283	230-510	51	PL/P	XXX	Yritys 1	16.9.2015	3011,4011
RCCL 5 INSERTTI R2	680-690	266	Below Deck 1/S	XXX	Yritys 1	1.10.2015	2024,101
289 R1	230-520	51	2/S	XXX	Yritys 2	29.9.2015	3012,102
292	230-520	51	1/P	XXX	Yritys 2	17.9.2015	3011
312	330-340	51	5/S	XXX	Yritys 3	30.9.2015	3012
313	330-340	51	5/P	XXX	Yritys 1	30.9.2015	3011
314	330-340	51	3/S	XXX	Yritys 4	30.9.2015	104,2024
316	330-340	51	3/P	XXX	Yritys 4	30.9.2015	2024

Rungonkoonnin osalta virheet koostuvat seuraavista hitsausvirheistä:

- halkeamat (39 kpl)
- huokokset ja ontelot (81 kpl)
- kuonasulkeumat (74 kpl)
- liitosviat (12 kpl)
- muut – ovat yksittäisiä virheitä, joita ei luokiteltu alhaisen (alle 10) kappa-lemäärän takia. (Kuvio 4)



Kuvio 4. Hitsausvirhejakauma %



### 5.3 Hitsausvirheiden juurisyiden analysointi

Hitsausvirheet syntyvät siis rakenteiden valmistuksen yhteydessä ja ovat käytännössä erilaisia valmistuksellisia virheitä. Rakenteisiin voi myös käytön aikana syntyä erilaisia vaurioita ja vikoja, joiden syntyyn voivat vaikuttaa myös aikaisemmat valmistuksessa syntyneet hitsausvirheet. (Lukkarila 2000, 3)

Kehittämisprosessin tavoitteena oli ennaltaehkäistä hitsausvirheitä mm. kouluttamalla työntekijöitä ja työnjohtoa. Hitsausvirheprosentin tulee osastotasolla olla alle 4 % kaikista tarkastetuista hitseistä.

Jotta päästäisiin kiinni juurisyihin rungonkoonnin hitsausvirheiden synnyssä ja niiden estämisessä tehtiin yhdessä kahden yhteistyökumppaniyrityksen sekä telakan oman tuotantotiimin kanssa juurisyianalyysin kalanruotokaaviota (Liite 5) apuna käyttäen. Kyseiset yritykset valittiin, koska ne ovat henkilömäärältään isoja toimijoita ja rungonkoonnilla on pitkä yhteinen työhistoria molempien kanssa. Osaltaan yritykset valittiin myös siitä käytännön syystä, että niiden kanssa on mahdollista kommunikoida suomeksi.

Valitsin juurisyiden analysointia varten tutkimusmenetelmäksi kyselytutkimuksen, kalanruotokaavion, joka on prosessikehittämiseen ja laatujohtamiseen käytettävä työkalu. Kaavio soveltuu erinomaisesti ryhmätyöskentelyyn. Sitä voidaan kutsua myös Ishikawa-diagrammiksi japanilaisen keksijänsä professori Kaoru Ishikawan mukaan tai syy-seuraus-kaavioksi. (Quality knowhow, Karjalainen 2017)

Halusin käyttää kehittämistyössä juuri kalanruotokaaviota (liite 5), koska sillä pystytään konkreettisesti havainnollistamaan asioiden syy-seuraussuhteita ja siitä on helposti saatavilla pisteytettynä pareto -diagrammi, mikä havainnollistaa juurisyiden syntymistä selkeästi ja ymmärrettävästi.

Kalanruotokaavion perusmalli etenee seuraavasti:

1. Päätetään yhdessä, mikä on tutkittava ongelma/seuraus (effect).

2. Pohditaan ja päätetään pääryhmät seurauksen syyille. Yleisesti voidaan käyttää "6M" syitä, jotka ovat: Man (henkilö), Machine (laite), Method (menetelmä), Materials (materiaali), Measurement (mittaus), Mother earth (ympäristö).
3. Tehdään aivoriihi ja pohditaan ongelman syitä. Kysytään n x Miksi ja listataan syyt ruotokaavioon oikeaan ryhmään ja oikealle ruodon tasolle.
4. Kirjataan kaikki ideat ja sitten keskitytään ryhmiin, joissa ideoita on niukasti.
5. Arvioidaan syitä ja pois-suljetaan syyt, jotka eivät ole todennäköisiä esim. pisteytyksellä tms.
6. Lähdetään tutkimaan jäljelle jääneitä syitä. Huom! Ongelmalla voi olla useita syitä, joiden vaikutuspainoarvo pitäisi pystyä arvioimaan ja esittämään esim. Pareto –diagrammilla.

Ensimmäiset kokoukset syy-seuraussuhteiden kartoittamiseksi pidettiin 18.5.2016. Kokoukseen osallistui rungonkoontiosaston tuotantoinsinööri, työnjohtaja ja osastopäällikkö. Aloitettiin siis kartoitus telakan omien toimijoiden kanssa, koska haluttiin luoda pohja kaavioille, jota käytettäisiin myös yhteistyökumppanien kanssa.

Kalanruotokaavion ruotoihin valittiin hitsausvirheiden syntymiseen oleellisesti vaikuttavat asiat: materiaali, koneet, ihmiset, ympäristö, mittaus, menetelmät. Tämän jälkeen lähdettiin työstämään mieltien oleellisimmat asiat jokaisen pääotsikon alle. Myöhemmin samana päivänä pidettiin kokous myös kahden yllä mainitun alihankkijayrityksen kanssa, joiden edustajina olivat kyseisten yritysten työnjohtajat ja heidän tulkkinsa. Käytiin heidän kanssaan jokaisen pääotsikon tarkoitus läpi ja mietittiin syy-seuraus suhteita kunkin osa-alueen vaikutuksista.

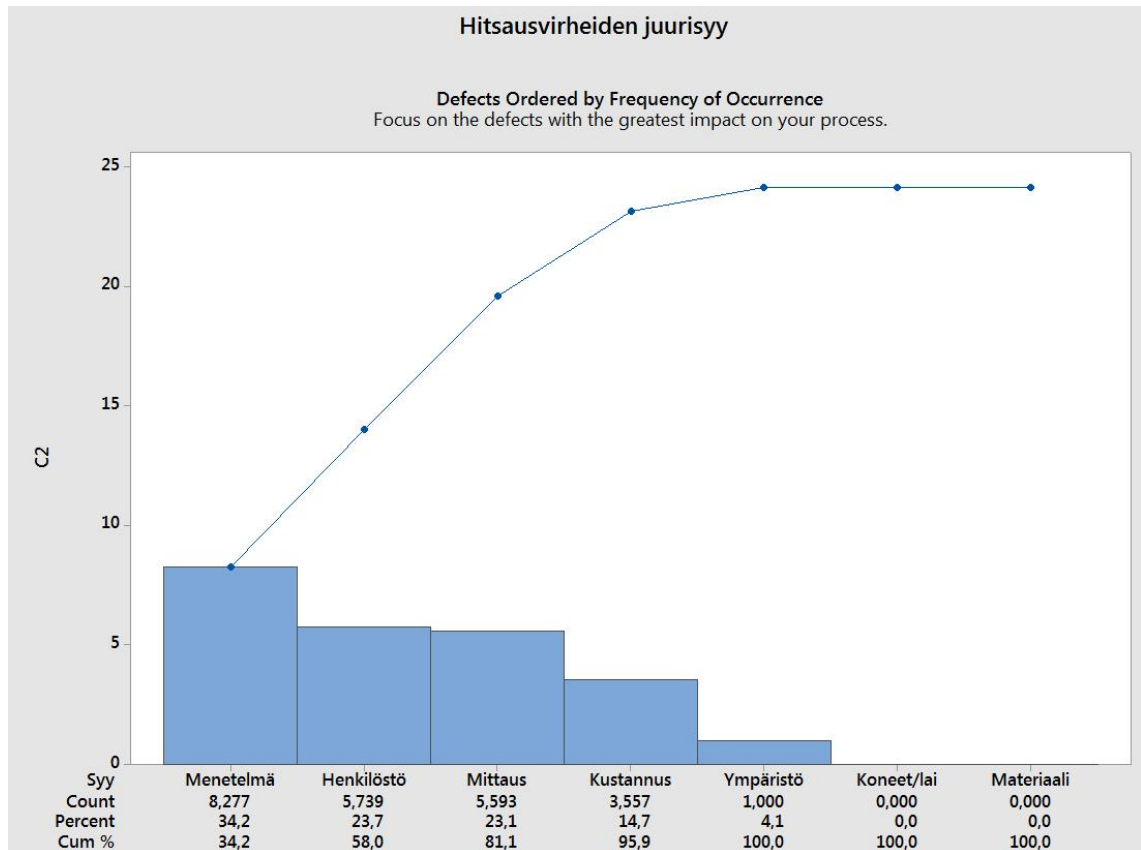
Näiden kahden kokouksen pohjalta määrittelin kalaruotokaaviota apuna käyttäen oleellisimmat juurisyyt hitsausvirheiden syntymisille käyttäen apuna pisteytettyä pareto -diagrammia. Hitsausvirheiden syntymiseen vaikuttavia tekijöitä löydettiin yllä mainittujen yhteistyökumppanien kanssa monia. Jokainen aihe

vaikuttaa hitsauksen laatuun, mutta tarkoituksena oli löytää kolme oleellisesti eniten vaikuttavaa asiaa, jotka oli helppo määrittää pisteytyksen avulla.

Oleellisimpien ongelmien löytämiseksi tehtiin yllä mainittujen organisaatioiden kanssa myös pareto -diagrammi: jokainen yhteistyökumppaniyritys sekä telakan oma työnjohto pisteytti otsikoiden mukaiset haasteet antaen niille eri painoarvot. Näiden painoarvojen mukaan syntyi nk. pareto -diagrammi, joka kertoo, mihin haasteisiin pitää ensisijaisesti keskittyä ongelmien poistamiseksi ja ennaltaehkäisemiseksi.

Pareto-diagrammi on italialaisen taloustutkijan Vilfredo Pareton kehittämä diagrammi, jota käytetään tilastollisen prosessinohjauksen (SPC) työkaluna. Pareto-diagrammin pohjalta voidaan luoda pareto-analyysi: menettelytapa, jolla voidaan seuloa esiin merkittävien tekijöiden vaikutukset suuremmasta havaintoryhmästä. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi vika-analyysissä työkaluna, jonka avulla määritetään korjaustoimenpiteiden prioriteetteja. Menetelmä on yksinkertainen ja tulokset voidaan esittää havainnollisessa muodossa. Pareto -analyysissä tietoa järjestetään sen prioriteetin tai tärkeyden mukaan. Sen avulla saadaan helposti selville suurimmat virheen aiheuttajat. (Qualitas Forum. Pareto –analyysi, Karjalainen 2017).

Rungonkoonnin hitsausvirheiden osalta pareto -analyysin tuloksia voidaan tarkastella kuvan 5 mukaisesti:



Kuva 5. Hitsausvirheiden juurisyy-pisteytys

kuvan 5 mukaisesti jokainen yritys (yritys 1, yritys 2, rungonkoonti) pisteytti ka-  
lanruutokaaviossa (liite 5) esitetyt aiheet pistein 1, 3, 5, 7, 9, joissa 1 kuvaa vä-  
hiten vaikuttavaa tekijää ja vastaavasti 9 kuvaa eniten vaikuttavaa tekijää. (liite  
8)

Analyysistä voidaan havaita, että eniten painoarvoa hitsausvirheiden syntymi-  
selle annettiin hitsausmenetelmien osalta, kun taas vähiten hitsausvirheiden  
syntyyn vaikuttavat ympäristötekijät. Koneiden ja laitteiden sekä materiaalien ei  
koettu vaikuttavan hitsausvirheiden syntyyn.

## 5.4 Kehittämisen lopputulos

Kehittämisprosessissa huomattiin, ettei telakalla ole käytössä systemaattista ohjeistusta hitsaamiseen. Prosessin lopputuloksena määriteltiin, tehtiin ja ohjeistettiin hitsausvirhekohtaiset työohjeet yleisesti eniten esiintyville hitsausvirheille rungonkoonnissa. Ohjeet käytiin läpi kaikkien toimijoiden kanssa telakan toimesta ja ne käännettiin usealle eri kielelle. Kehittämisprosessin alkuvaiheessa ei myöskään ollut olemassa prosessikuvausta hitsausvirheiden korjauksesta, joten osastolle tehtiin prosessikuvaukset, jotka osaltaan auttavat ymmärtämään korjausprosessia ja sen läpiviemistä.

Ohjeiden lisäksi osastolle palkattiin hitsausneuvoja, jonka tärkeimpänä tehtävänä on valvoa hitsaamista osastolla, varmistaa edellytysten toteuttamista ja toimia osaltaan yhteyshenkilönä QC –osaston sekä tekijöiden välillä. Hitsausneuvoja myös valvoo, että hitsauskorjaukset toteutetaan annettujen työohjeiden mukaisesti ammattitaitoisten hitsaajien tekeminä.

Prosessin lopputuloksena huomattiin myös, ettei telakalla ole käytössä tarpeeksi järjestelmällistä hitsausparametriseurantaa. Rungonkoonnin osasto päätti toteuttaa parametrien seurannan yhdessä hitsauslaittevalmistaja KEMPPI Oy:n kanssa. Tavoitteena on luoda hitsausparametrien konekohtainen seurantajärjestelmä, joka antaa reaaliaikaista dataa käytetyistä hitsausparametreista sekä seurantatietoa hitsaajapätevyyksien raportoimiseen. Datan avulla päästään käsiksi siihen, noudattaako hitsaaja määritettyjä hitsausparametreja, jotka taas vaikuttavat suoraan hitsin laatuun ja hitsausvirheisiin, joita on käsitelty tarkemmin luvussa 5.1. Parametrien seuranta otettiin mukaan yhdeksi osaksi hitsausneuvojan työtehtäviä.

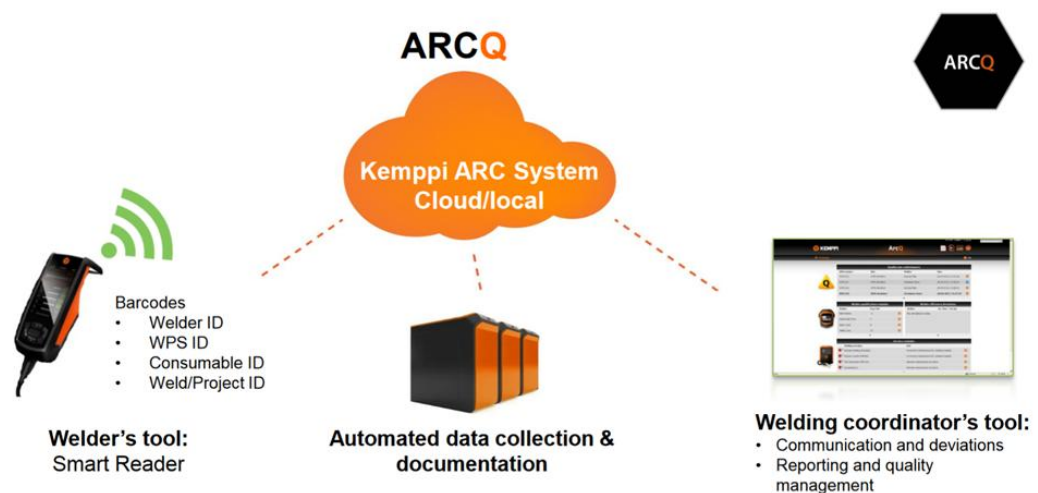
KAS3 –järjestelmään päädyttiin koska se antaa työnjohdolle ja osastopäälliköille valmiudet seurata hitsausdataa reaaliaikaisesti, minkä vuoksi hitsausvirheiden syntyyn päästään helpommin käsiksi.

KAS3 pitää sisällään:

- weldeye-hitsauspätevyysrekisterin

- WPS-tarkastukset
- reaaliaikaisen laadun varmistuksen
- tuottavuus-seurannan.

KAS3 systeemin peruseriaate on kuvan 6 mukaisesti se, että hitsauskoneisiin yhdistetään lukija, joka kirjaa hitsausdataa hitsauskoneelta. Lukija toimii langattomassa verkossa ja lähettää reaaliaikaista dataa palvelimelle. Dataa on mahdollista tallentaa myös laitteeseen. Palvelin tallettaa datan, jota voidaan lukea web-pohjaisella ohjelmistolla.



Kuva 6. Kemppi Arc system 3

KAS3:n etuja ovat:

- Se mahdollistaa tarkan mittaamisen ja tuottavuuden kehityksen
- Yhteistyökumppanit pystyvät tekemään itse omat kuuden kuukauden pidennyksensä hitsauspätevyysiin.
- Työnjohto saa ilmoituksen sähköpostiin, kun hitsaajan sertifiikatit ovat vanhentumassa.
- Hitsausparametrit voidaan kerätä automaattisesti.
- Ohjelmistopäivitykset asennetaan nopeasti.
- Telakka ei tarvitse datan keräämiseen omaa palvelinta, koska tiedot tulevat yhteistyökumppanin palvelimelta.

- Järjestelmää voidaan laajentaa myös muihin Meyer perheen toimipisteisiin.

Tätä työtä kirjoitettaessa KAS3-systeemi on koeajossa rungonkoonnin osastolla ja datan kerääminen sekä ohjelmiston käytön harjoitukset ovat käynnistyneet.

## 6 HITSIN RAKENTEELLINEN JA VISUAALINEN LAATU

Lukkarilan (2000, 2) mukaan laatu syntyy tekemällä, ei tarkastamalla. Tekijän tavoitteena tulee olla tuotteen valmistuminen kerralla sille asetetut laatuvaatimukset ja standardit täyttäen. Hyvä laatu saavutetaan ammattitaitoisten työntekijöiden ja olemassa olevien ohjeistusten sekä standardien yhdistelmällä.

Hyvän laadun takaamiseksi yrityksissä on oltava käytössä riittävät laadunvarmistusprosessit. Pelkästään prosessin olemassaolo ei takaa laatuvaatimukset täyttäviä tuotteita vaan laadunvarmistuksen tulee olla kokonaisvaltaista ja ulottua yrityksen kaikkiin toimintoihin. (Lukkarila 2000-2001, 2)

Hitsin rakenteellinen ja visuaalinen laatu voidaan todentaa erilaisin tarkastuksin sekä prosessein. Niiden avulla voidaan tuottaa tarvittava data laatuseurantojen ylläpitämiseen, joiden perusteella on mahdollista ennakoida ja vähentää hitsausvirheiden määrää eri prosesseissa.

### 6.1 Hitsaustarkastukset

Suurin osa hitsin ominaisuuksista pystytään arvioimaan hitsaustarkastuksen aikana. Tarkastuksista osa liittyy hitsin kokoon ja osa hitsin katkoksiin. Hitsin lujuuteen ja suorituskykyyn vaikuttaa suoraan hitsin koko, mikä tekee siitä tärkeän osan tarkastusta. Myös hitsikatkokset ovat tärkeitä, koska ne ovat hitsin sisällä tai sen vieressä olevia virheitä, jotka saattavat estää hitsiä täyttämästä sille määritettyä tehtävää. (Esab Oy, 2017)

Hitsaustarkastuksen suorittamiselle on monia syitä. Perustavin syy on selvittää, onko hitsin laatu sopiva sille tarkoitettuun käyttökohteeseen. Turun telakalla tarkastuslaajuus on määritetty projektin laatuohjeeseen erikseen sovitusti. Projektiin määritetään prosentuaalinen osuus tarkastuksia.

Jotta hitsin laatua voidaan arvioida, tarvitaan avuksi mittakappale, johon hitsatun hitsin ominaisuuksia verrataan. Hitsin laatua on mahdoton verrata ilman jonkinlaista eriteltyä hyväksymiskriteeriä. Hyväksymiskriteerit voivat olla peräisin



monestakin eri lähteestä esimerkkeinä WPS tai valmistuspiirustus, joista nähdään kaikki tarpeellinen informaatio onnistuneen hitsauksen suorittamiseksi. (Esab Oy, 2017)

Hitsaustarkastus vaatii hitsaustarkastajalta laajaa monialaista tietämystä hitseistä ja hitsatuista rakenteista. Tarkastajan tulee tuntea työpiirustukset, hitsaus-symbolit, hitsausliitosten rakenne, hitsausmenetelmät, määräykset ja standardit sekä tarkastus- ja testaustekniikat. Näistä syistä johtuen hitsausmääräykset ja standardit vaativat hitsaustarkastajalta muodollista pätevyyttä sekä tarvittavaa tietämystä tarkastusten tekemisestä. (Esab Oy, 2017)

Lukkarilan (1997) mukaan jokaisessa eri hitsausprosessissa esiintyy juuri sille prosessille ominaisia hitsausvirheitä. Työssään onnistuakseen tarkastajan on osattava omatoimisesti arvioida, millaisia virheitä tarkastettavissa hitseissä on mahdollisesti odotettavissa mikä edellyttää tarkastajalta tarkastusmenetelmien tuntemuksen lisäksi tietoa eri menetelmien käytöstä. (Lukkarila, 1997)

Hitsaustarkastuksia ovat esimerkiksi:

- NDT-tarkastus
- UT-tarkastus
- silmämääräinen tarkastus.

Tässä opinnäytetyössä keskityn kuvaamaan silmämääräisen tarkastuksen suorittamista, koska se on tärkeä osa hitsauksen laadunhallintaa ja Turun runkotuotannon toimintapa. Silmämääräisen tarkastuksen avulla löydetään ja sen jälkeen korjataan havaittuja laatupoikkeamia ennen lopputuotteen myymistä tilaajan edustajille.

## 6.2 Silmämääräinen tarkastus

Hitsin silmämääräiset tarkastukset jokaisessa työvaiheessa ovat tärkeä osa hitsauksen laadunvarmistusta. Silmämääräisessä tarkastuksessa pyritään havainnoimaan mahdolliset laatupoikkeamat hitseissä ja korjaamaan ne ennen tuot-

teen hyväksyttämistä tilaajalle sekä luokituslaitokselle ja siirtymistä seuraavaan vaiheeseen.

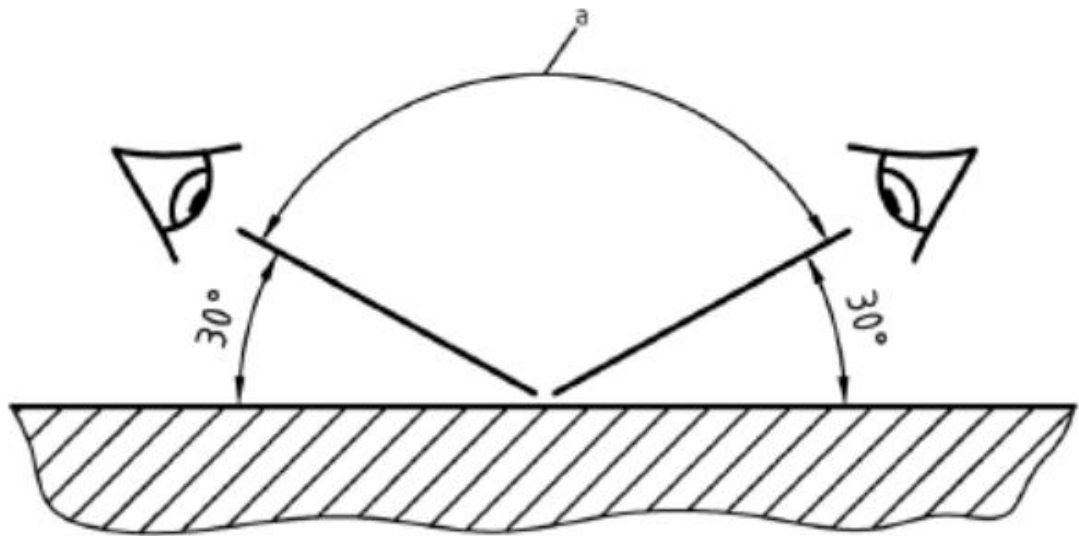
Silmämääräinen tarkastus on usein helpoin, halvin ja oikein suoritettuna luultavasti hitsaustarkastuksista tehokkain menetelmä. Silmämääräisessä tarkastuksessa tarkastetaan hitsin sijainti, virheet, mahdolliset sytytysjäljet ja roiskeet. Näiden lisäksi tarkastettavana voi olla myös liitosmuodon asettamia lisävaatimuksia. Silmämääräinen tarkastus tulee aina tehdä ennen tuotteen myyntiä tilaajalle ja tarkastajalle sekä ennen muita NDT -menetelmiä. Silmämääräisen tarkastuksen laajuuden tulee olla 100 % / tuote / hitsisauma. (Toivonen 2013, 1)

Standardi SFS-EN ISO 17637 (Hitsien rikkomaton aineenkoetus, Sulahitsausliitosten silmämääräinen tarkastus) määrittelee silmämääräiselle tarkastukselle vaaditut olosuhteet ja laitteet sekä vaadittavat kriteerit henkilöstön pätevöittämiseen. Standardi määrittelee näiden lisäksi myös sen, minkä tyyppisiä tarkastuksia voidaan silmämääräisellä tarkastuksella suorittaa. Jotta silmämääräinen tarkastus pystytään suorittamaan vaadittavalla tasolla, tulee vastuuhenkilöiden varmistaa, että kohteen lähelle voidaan päästä esteettä.

Standardia sovelletaan erityyppisten sulahitsausliitosten vaatimiin visuaalisiin tarkastuksiin ja sitä voidaan soveltaa hitsausta edeltäviin tarkastuksiin sekä hitsauksen jälkeisiin visuaalisiin tarkastuksiin.

### 6.2.1 Tarkastusolosuhteet ja laitteiston vaatimukset

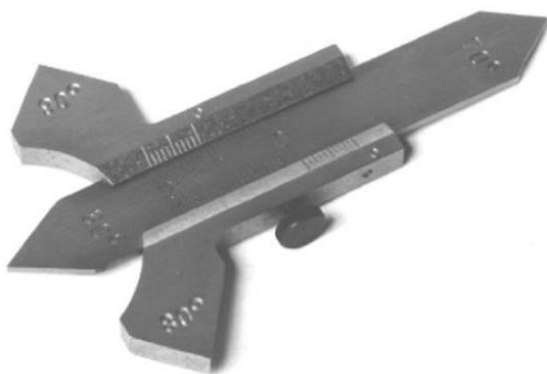
Tarkasteltavan pinnan valaisuvoimakkuuden tulee olla standardin SFS-EN ISO 17637 mukaisesti vähintään 350 lx, mutta mielellään 500 lx. Mikäli valaisuvoimakkuus menee tämän alle, alentuu tarkastuksen luotettavuus virheherkkyyden kasvaessa. Suotavaa on käyttää lisävalonlähteitä sulahitsiliitosten tarkastuksessa. Suorassa tarkastuksessa luoksepäästävyuden täytyy olla riittävä, jotta tarkastusetäisyys on enintään 600 mm tarkastettavasta pinnasta ja on myös varmistettava, ettei kulma ole pienempi kuin 30 astetta (kuva 7); (SFS-EN ISO 17637 2011, 8)



Kuva 7. Silmämääräisen hitsin tarkastelualue

Apuvälineiden, kuten kameroiden ja peilien käyttö on suotavaa, mikäli luoksepäästävyys on haastavaa tai epäsuora tarkastus on määritetty erillisessä sovelusstandardissa. (SFS-EN ISO 17637 2011, 8)

Hitsisaumojen silmämääräisen tarkastuksen avuksi on kehitetty erilaisia tarkastuslaitteita. Kuvissa 8 ja 9 on esitetty muutamia SFS-EN ISO 17637 standardissa lueteltuja hyväksytyjä laitteita:



Kuva 8. Työntömitta pienahitsien mittaukseen



Kuva 9. Rakomitta, juuriraon, välin leveyden ja reiän halkaisijan mittaamiseen.

### 6.2.2 Railon silmämääräinen tarkastus

Standardi SFS-EN ISO 17637 ei määrittele silmämääräisen tarkastuksen laajuutta, mutta tarkastuslaajuus tulisi kuitenkin määrittää etukäteen. Kaikki silmämääräiset tarkastukset tulee suorittaa siinä vaiheessa, kun fyysinen luoksepäästävyys on mahdollista, mukaan lukien pinnan käsittelyn tarkastukset. (SFS-EN ISO 17637 2011, 8)

SFS-EN ISO 17637 standardin mukaiset tarkastukset:

- railon silmämääräinen tarkastus
- hitsauksen aikainen silmämääräinen tarkastus
- valmiin hitsin silmämääräinen tarkastus (SFS-EN ISO 17637 2011, 10)

Standardin SFS-EN ISO 17637 mukaisesti valmis hitsi tarkastetaan sovellus- tai tuotestandardin tai jonkin muun sovitun hyväksymisrajastandardin vaatimusten suhteen. Valmiiden hitsien ominaisuuksia tulee tarkastella vähintään alla olevien otsikoiden laajuisesti:

- puhdistus ja viimeistely
- profiilit ja mitat
- hitsin juuri ja pinnat
- hitsauksen jälkeinen lämpökäsittely (SFS-EN ISO 17637 2011, 12).

Korjaukseen menevien hitsien hitsausliitokset tarkastetaan seuraavien kohtien mukaisesti:

- Paikalliset korjaukset, joiden avaukset ovat oltava riittävän syviä kaikkien virheiden poistamiseksi.
- Koko hitsin korjaus missä on varmistuttava siitä, että railon muoto ja mitat täyttävät alkuperäiselle hitsille määritetyt vaatimukset.

### 6.2.3 Tarkastuspöytäkirjat

Mikäli tarkastuksesta vaaditaan tarkastuspöytäkirjat, standardin SFS-EN ISO 17637 pöytäkirjojen tulee sisältää ainakin seuraavat tiedot:

- kappaleen valmistajan nimi
- materiaali
- tarkastuslaitoksen nimi
- kohteen tunnistustiedot
- liitosmuoto
- aineenpaksuus
- hitsausprosessi
- hyväksymisrajat (SFS-EN ISO 17637 2011, 12).

### 6.2.4 Silmämääräinen tarkastus Turun telakalla

Silmämääräisen tarkastuksen vastuut Turun telakan runkotuotannossa ovat seuraavat:

- QC -osasto vastaa ohjeiden tekemisestä sekä päivittämisestä.
- Osastopäällikön vastuulla on varmistaa, että työohjeita noudatetaan.
- Työnjohto valvoo, että rakenteet ja hitsaukset ovat suunnitelmien mukaisia ja täyttävät määritellyt laatuvaatimukset.
- Työnjohto vastaa, että rakenteet ja hitsit ovat silmämääräisesti tarkastettuja.
- Työnjohto vastaa havaittujen virheiden ja puutteiden korjaamisesta.
- Työntekijä tarkastaa työn edetessä oman työnsä silmämääräisesti ja tekee tarvittaessa välittömät korjaukset.

- Työntekijä ilmoittaa havaitsemistaan virheistä ja poikkeamista työnjohtajalle.

Telakan C-tason työohjeen Q.TKU.C.R.010 (Liite 6) mukaisesti työnjohtaja huolehtii suunniteltujen mittauksen ja NDT-tarkastusten suorittamisesta. Työnjohtaja tarkastaa tuotteen ja varmistaa, että se on telakan toleranssien ja eriteltyjen laatunormien mukainen.

### 6.3 Nykytila

Nykyisissä ja aiemmissa projekteissa terästuotanto ei ole kaikilta osin pystynyt toteuttamaan prosessia vaatimusten mukaisesti. Tilaajalle ja luokituslaitokselle tilattujen myyntien yhteydessä on käynyt ilmi, että ei ole pystytty esittämään laatuvaatimukset täyttäviä tuotteita. Ongelmat johtuvat pääsääntöisesti tuotteen laatuasteisiin liittyvistä haasteista: käytännössä työntekijöiden viimeistely ei ole ollut vaaditulla tasolla. Telakan C-tason työohjeen Q.TKU.C.R.010 (Liite 6) mukaisia tarkastuksia ei ole suoritettu tai ne ovat puutteellisia.

Työnjohto vastaa osaltaan visuaalisen laadun tarkastamisesta, mutta tämä ei kehitysprojektin alkuvaiheessa toteutunut halutusti. Osastolla ei myöskään ollut nimettyä hitsausneuvojaa, joka osaltaan olisi mukana tukemassa osaston tarpeita. Työnjohtajaksi oli osastolle nimetty VT-tarkastaja, jonka tehtävänä on käydä tarkastamassa valmiit hitsit ja raportoida poikkeamat työnjohtajalle.

QC-osastolle oli satunnaisesti tullut tietoa osastolla suoritetuista sisäisistä tarkastuksista, mutta järjestelmällistä seuranta ei suoritettu, eikä kommunikointi osaston ja QC:n välillä ollut riittävää.

### 6.4 Tavoitetila

Kehittämistyön tavoitteena oli, että työnjohto vastaisi yhdessä osastolle nimetävän hitsausneuvojan kanssa työn visuaalisesta laadusta. Vaadittaviin laatuasteisiin pääsemiseksi pitää jokaisen hitsaajan noudattaa ja ymmärtää määritetyt

työohjeet. Hitsaajan tulee myös ymmärtää, miten eri parametrit vaikuttavat hitsin laatuun.

Osastolla käynnistettiin vuoden 2016 alussa yhteistyöhanke hitsaukseen erikoistuneen Kemppi -yrityksen kanssa, minkä tarkoituksena on kehittää hitsaukseen liittyviä toimintoja rungonkoonnin osalta. Yksi oleellinen osa hanketta on hitsauskonekohtainen parametrien reaaliaikainen seuranta / hallinta, mikä voi olla osana osaston hitsausneuvojan toimenkuvaa. Tätä aihetta on käsitelty tarkemmin luvussa 5 WQMS – Kemppi Arc system 3

Tämän lisäksi Turun telakan runkotuotannossa on aloitettu Laatuportti –hankkeen pilotointi. Pilotin tarkoituksena on saada tuotteet vaadittavaan laatu-tasoon ennen tuotteen luovuttamista tilaajalle ja luokituslaitokselle. (katso luku 6.5)

## 6.5 Laatuportti

Jotta tuotannossa pystytään paremmin vastaamaan kasvaviin laadullisiin haasteisiin, on osana laadunkehittämishanketta käynnistetty koko terästuotantoa käsittävä Laatuportti –hanke. Hankkeen tarkoituksena on lisätä oman tarkastuksen määrää, ennaltaehkäistä laatuvirheiden syntymistä ja ennen kaikkea mahdollistaa mahdollisimman aikainen puuttuminen laatuvirheisiin. Hankkeen piiriin kuuluvat tuotteen visuaalinen laatu ja hitsauksen laatu kaikkine osa-alueineen mukaan lukien hitsaustarkastukset.

Runkotuotannossa käyttöön otettava laatuportti on tällä hetkellä pilottivaiheessa. Varsinaisesti mitään uutta ei ole kehitetty, vaan aiemmissa projekteissa voimassa olleet standardit ovat edelleen voimassa. Laatuportti vaatii standardien asettamien hyväksymiskriteerien todellisen toteutumisen, eli tuote ei mene viralliseen tarkastukseen, mikäli se ei täytä kriteerejä. Tuotteen on oltava valmiiksi hitsattu ja viimeistelty, jotta se hyväksytään varsinaiseen tilaajan ja luokituslaitoksen tarkastukseen.

Laatuportti tarkoittaa siis tuotteen sisäistä tarkastusta ja tyydyttävän laatutason toteamista ennen varsinaista virallista tarkastusta. Tuote voi saavuttaa vaadittavan laatutason ainoastaan siten, että työntekijät tarkastavat oman työnsä.

Virallinen rakennetarkastus ei vapauta tuotteen tekijää vastuista. Tuotteen on oltava valmis ja täysin hitsattu sekä viimeistelty ennen tarkastusta. Tarkastuksessa ei myöskään käydä läpi rakenteita sataprosenttisesti, vaan tämä työ kuuluu tuotannolle.

Laatuportti asettaa konkreettisen valmistumispisteen tuotteelle: sen on oltava määritysten mukaan valmis klo 12 mennessä päivää ennen virallista tarkastusta kuitenkin niin, että virallinen tarkastus tilataan kaksi arkipäivää ennen tarkastusta.

Laatuportti on käynnistetty suurlohkokoonnissa pilottisuurlohkoilla rakennuspaikkakohtaisesti siten, että aloituspalaveriin kutsutaan telakan vastuulliset työnjohtajat ja mahdolliset yhteistyökumppanien edustajat tulkkeineen. Palaveriin kutsutaan myös alueen VT-tarkastajat, osastopäällikkö, mittaryhmän edustajat ja tarpeen vaatiessa myös tuotantoinsinöörit kuitenkin niin, ettei ryhmän koko kasva liian suureksi.

Lopetuspalaveri järjestetään viikon sisällä pilotin virallisesta myynnistä ja siinä sovitaan laatuportin käyttöön otosta kyseisessä tuotantopisteessä.

Hankkeen alusta alkaen on erityisesti panostettu kommunikointiin: esimiesten on kerrottava alaisilleen laatuportista ja sen asettamista vaatimuksista. Myös työnjohdon tulee kommunikoida keskenään ja epäselvissä tilanteissa on otettava yhteyttä esimieheen, tuotantoinsinööriin tai QC-osastoon.

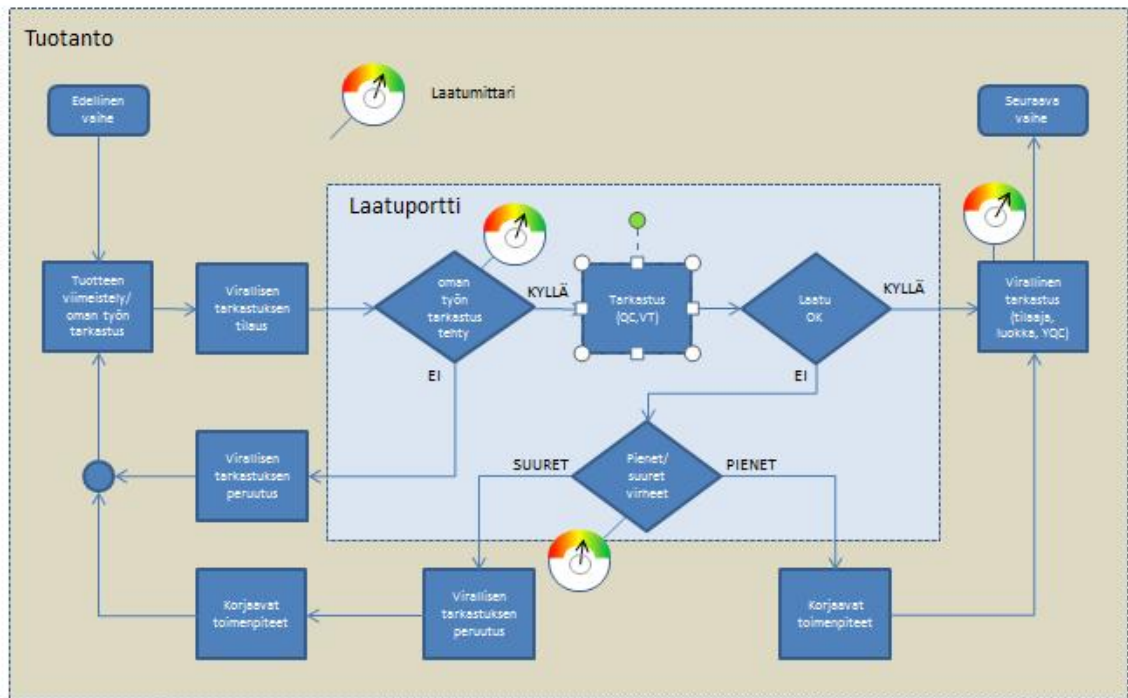
Hankkeen selkeyttämisen ja tiedon jalkauttamisen avuksi telakalla on luotu prosessikaavio kuvaamaan laatuporttiajattelua. Prosessikuvaksen tarkoituksena on määritellä ja kuvata laatuportin vaiheet ensimmäisestä viimeiseen. Laatuportin vaiheet ovat kuvan 10 mukaisesti:

1. Edellinen vaihe: työvaihe, joka on suoritettu ennen kyseessä olevaa työvaihetta.



2. Tuotteen viimeistely ja oman työn tarkastus: Tässä vaiheessa tuote viimeistellään ja tarkastetaan työntekijöiden sekä työjohdon toimesta.
3. Virallisen tarkastuksen tilaus: Virallinen myynti tilaajalle ja luokituslaitokselle tilataan osastosihteeriltä työjohdon toimesta.
4. Oman työn tarkastus tehty: Mikäli todetaan, että tarkastusta ei ole tehty, siirrytään kohtaan 5. Mikäli tarkastus on tehty, siirrytään kohtaan 6.
5. Virallisen tarkastuksen peruutus: Mikäli todetaan, että omaa tarkastusta ei ole tehty peruutan virallinen myynti tilaajan kanssa.
6. Tarkastus (QC,VT): Telakan laatuorganisaatio suorittaa sisäisen tarkastuksen.
7. Laatu ok: Mikäli laatu todetaan olevan hyväksyttävällä tasolla, siirrytään kohtaan 8. Jos laatu ei ole hyväksyttävällä tasolla, siirrytään kohta 9.
8. Virallinen tarkastus: Tilaaja ja luokituslaitoksen edustaja hyväksyvät tuotteen.
9. Pienet vai suuret virheet: Tämä kohta määrittelee korjaustarpeen. Virheiden ollessa pieniä, siirrytään kohtaan 10. Jos laadussa on isoja virheitä, siirrytään kohtaan 11.
10. Korjaavat toimenpiteet: Pienet virheet korjataan ja siirrytään kohtaan 8.
11. Virallisen tarkastuksen peruutus: Tuote todettu huonoksi, virallinen tarkastus perutaan, suoritetaan korjaavat toimenpiteet ja siirrytään kohtaan 2.
12. Seuraava vaihe: Tuote on virallisesti hyväksytty ja voidaan luovuttaa seuraavaan vaiheeseen työstettäväksi.

# Laatuportti prosessikaaviona



Kuva 10. Laatuportin prosessikaavio

Laatuportti –hanke käynnistettiin rungonkoonnin osastolla ja tällä hetkellä se on otettu osaksi päivittäisjohtamista koskien koko Turun telakan terästuotantoa.

## 7 HITSIN KORJAUS JA VASTEAIKA

Virheitä hitsissä ei koskaan voida täysin välttää kunnollisesta ohjeistuksesta ja nykyaikaisten laitteiden käytöstä huolimatta. Hitseistä löytyy virheitä (käsitelty luvussa 5), jotka tulee korjata vaadittujen laatuasteiden saavuttamiseksi.

Telakalla on määritetty korjaushitsauksen ohjeet (Itävuoto 2016), jotka määrittelevät toimenpiteet hitsin korjauksille telakkaolosuhteissa. Ohjeen noudattamisesta vastaavat hitsaus, työnjohto, QC -osasto ja NDT -tarkastajat.

### 7.1 Korjaushitsaus

Ennen korjaushitsausta on selvitettävä hitsausvirheen (ks. luku 5) syy ja alkuperä. Kun juurisyy on saatu selville, on epäkohdat korjattava ennen korjaushitsauksen aloittamista. RT -tarkastuksessa löydetyt viat on mahdollisuuksien mukaan paikallistettava UT -tarkastuksen avulla, jolloin korjattavaan hitsiin merkaataan korjauspaikka ja vian sijaintisyvyys. Kaikissa epäselvissä tapauksissa ohjeistus ohjaa ottamaan yhteyden telakan hitsausinsinööriin. (Itävuoto 2016)

Seuraavaksi käyn läpi korjaushitsauksen vaiheet, jotka ovat esikuumennus ja jälkilämmitys, avaus, korjaushitsaus ja hitsauksen jälkeisen toimenpiteet.

#### 7.1.1 Esikuumennus ja jälkilämmitys

Esikuumennustarve on selvitettävä tapauskohtaisesti ja kosteus poistettava esilämmityksellä ennen hitsauksen aloittamista. Hitsausohjeeksi soveltuu esilämmitykseen tehty ohje tai WPS, jolla korjattava hitsi olisi alkujaankin voitu tehdä. Mikäli esilämmitystarve esiintyy, korotetaan korjauksessa käytettävää esilämmityslämpötilaa 50 asteella (pois lukien jauhekaarihitsaus). Esilämmitys on pakollinen korjaushitsauksessa, eikä siitä saa missään tapauksessa poiketa. Hitsauksen jälkeen lämmitystä on syytä jatkaa vielä noin tunnin ajan. (Itävuoto 2016, 8)

### 7.1.2 Avaus

Avaus tehdään yleensä happi-asetyleeni talttauksella, hiilikaaritalttauksella (teräkset) tai paineilmaplasamalla (alumiini), jolloin railopinnat on hiottava avauksen jälkeen. Avaus voidaan suorittaa myös jyrsimällä tai hiomalla. Avauksen jälkeen on varmistettava, että virhe on saatu pois hitsistä / rakenteesta ja että avatun railon avauskulma vastaa korjauksessa käytettävää WPS:ää. Ennen hitsausta on varmistettava sopivalla NDT-menetelmällä virheen poistuminen korjauskohdasta ja avatun railon pohjalle on tehtävä magneettijauhetarkastus, MT (eng. MPI). (Itävuoto 2016, 8)

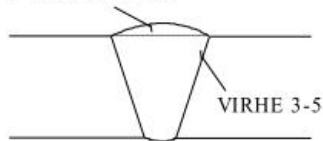
### 7.1.3 Korjaushitsaus ja sen jälkeiset toimet

Korjaushitsaus tehdään soveltaen hitsausohjetta, jolla korjauskohdan sisältävä hitsi olisi voitu alkujaankin tehdä. Hitsaus on tehtävä huolellisesti vähintään kahdella palolla. Korjattu hitsi tai rakenne on tarkastettava ohjeiden mukaisilla NDT –menetelmillä ja tarkastuspituuteen tulee lisätä 100mm korjauksen aloitus- ja lopetuskohdasta. Viimeistely ja hionta tulee tehdä annettujen ohjeiden sekä standardien mukaisesti. (Itävuoto 2016, 8)

Esimerkki prosessista on esitetty kuvassa 11:

## 1) VIRHEEN PAIKANNUS

0-1 PINTAVIKA



## 2) KORJAUS

VIKA HIOTTU POIS



HUOM! Avautumiskulma riittävän suuri kohdistuksen varmistamiseksi!

## 3) KORJAUSHITSAUS



## 4) VIIMEISTELY JA HIONTA

Kuva 11. Korjaushitsausprosessi

## 7.2 Korjauksen vasteaika

Hitsauskorjauksen vasteaika on kriittinen varsinkin runkotuotannon viimeisessä vaiheessa eli rungonkoonnissa, koska rungonkoonti on läheisessä rajapinnassa varustelutuotannon kanssa. Pitkittyneet korjausajat vaikuttavat negatiivisesti seuraavien vaiheiden etenemään aiheuttaen pahimmillaan aikataulun jättämää ja kohonneita kustannuksia seuraavan vaiheen työketjuihin. Korjauksen vasteaika on käsitelty tarkemmin alla olevassa luvussa 7.5.

## 7.3 Nykytilanne

Kehittämispöytäalustuksen alussa NDT -tarkastuksissa havaituista hitsausvirheistä ilmoitettiin telakan hitsausinsinöörille ja työstä vastuussa olevalle työnjohtajalle. NDT -tarkastuksessa havaittujen hitsausvirheiden keskimääräinen korjausaika rungonkoonnissa on noin viikko, olettaen että kyseessä oleva hitsausvirhe saa-

daan hyväksytysti kuntoon heti ensimmäisen korjauskerran jälkeen. Haasteellisimmassa tapauksessa hitsausvirheen korjaukseen saattaa mennä jopa kaksi viikkoa (sisältäen uusintatarkastukset). Keskimäärin 10 - 15% korjauksista joudutaan korjaamaan uudelleen vähintään toisen kerran, projektin haasteellisuudesta riippuen. Edellä mainituista syistä johtuen rungonkoonti ei välttämättä pysty luovuttamaan alueitaan varustelulle sovittujen aikataulujen ja laatuvaatimusten mukaisesti.

Hitsausten korjauksiin ei ollut varsinaista prosessikuvausta rungonkoonnin organisaatiossa. Osana tätä lopputyötä luotiin osastolle SIPOC -mallin mukainen prosessikuvaus, jota tarkastellaan luvussa 7.5.

#### 7.4 Tavoitetila

Rungonkoonti luovuttaa valmiit alueet varustelun organisaatiolle. Rungonkoonnin tulee voida hoitaa hitsausvirheet siten, että alueet luovutetaan varustelulle annettujen aikataulujen puitteissa. Toisin sanoen hitsauskorjaukset täytyy pystyä tekemään yhden viikon sijasta kolmen päivän aikana virheen havaitsemisesta.

Kuvassa 12 on esitetty yhden suurlohkon aikatauluaktiviteetit rungonkoontivaiheessa. Se sisältää suurlohkon asentamiseen ja hitsaamisen varatun ajan, mahdollisiin lisätöihin ja muutostöihin varatun ajan, rihtaukseen varatun ajan sekä alueluovutuspuheen.



Kuva 12. Aikataulutarkastelu

## 7.5 SIPOC -prosessikuvaus

Yrityksellä ei ollut aikaisemmin tehtynä hitsauskorjausten vasteaikaan perustuvaa prosessikuvausta, mistä johtuen päätin tässä kehitystyössä tehdä prosessista SIPOC -kuvauksen. Kuvaus auttaa osastolla työskenteleviä ymmärtämään kuvatun prosessin ja siihen olennaisesti liittyvät muuttujat. Valitsin SIPOC -kuvauksen, koska se keskittyy muihin kuvauksiin verrattuna enemmän prosessin ulkopuolisiin tekijöihin.

Supplier, Inputs, Process, Output, Customer, eli SIPOC on prosessin ulkopuolisiin tekijöihin keskittyvä työkalu ja osa Six Sigma-metodologiaa. Sitä käytetään prosessin parannuskohteiden tunnistamiseen. SIPOC on korkean tason prosessikartta, joka sisältää toimittajat, inputit, prosessin, outputit ja asiakkaat. Sitä käytetään dokumentoimaan prosessia ylätasolla ja esittämään prosessi visuaalisesti yksinkertaisena diagrammina toimittajista asiakkaisiin. (Karjalainen & Karjalainen 2008, 100)

SIPOC on tehokas kommunikointityökalu, joka varmistaa, että tiimin jäsenet näkevät prosessin samalla tavalla. Se voi auttaa näkemään liiketoiminnan prosessinäkökulmasta sekä myös tiedottaa johdolle tarkasti ja selkeästi, mitä tiimi tekee. SIPOCin avulla tunnistetaan ja voidaan esittää prosessin yhtymä- ja liitoskohdat sekä asiakkaat ja eri toimittajat. Se auttaa myös tunnistamaan tarvittavat datankeräyskohteet. (Karjalainen & Karjalainen 2008, 100)

SIPOCin luomisvaiheessa mukaan kannattaa ottaa koko tiimi, joiden tulee olla yhtä mieltä prosessin rajapinnoista sekä ymmärtää koko prosessin laajuus. (Karjalainen & Karjalainen 2008, 100)

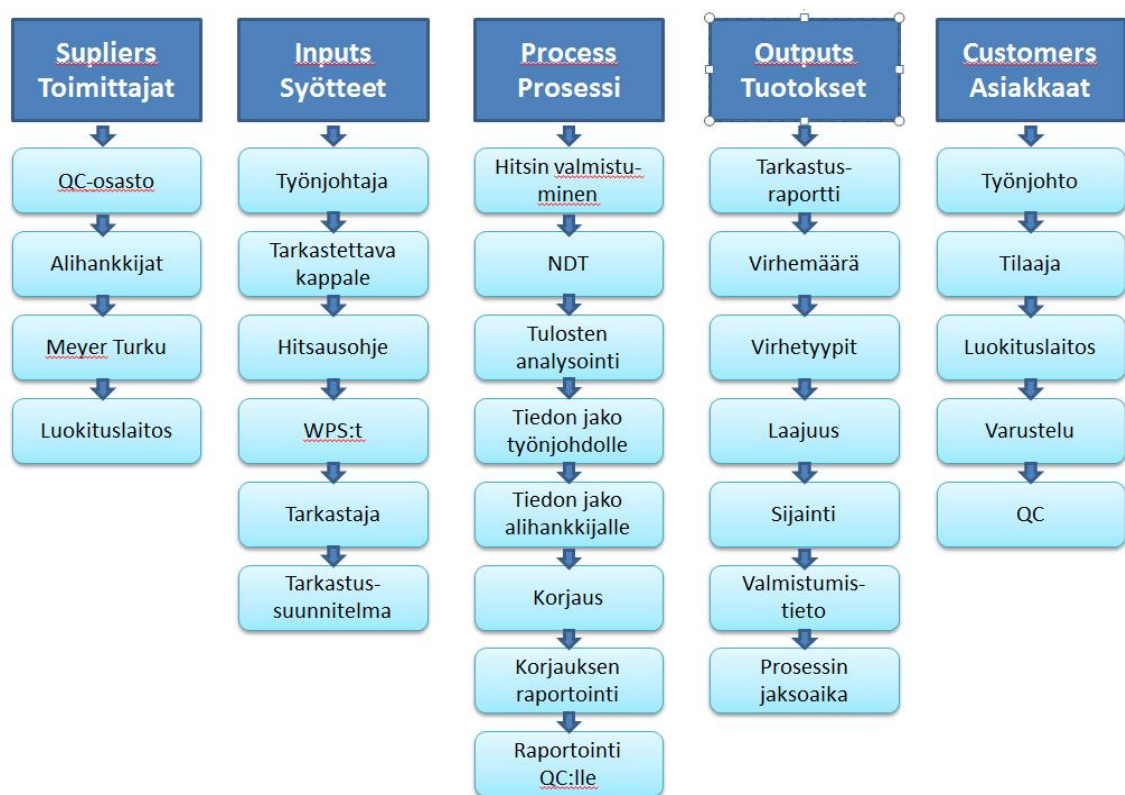
SIPOCin luomiseen käytetään kahdeksaa eri vaihetta, mitkä on lueteltu alla:

1. Kuvattava prosessi on tunnistettava ja luotava.
2. Prosessin laajuus pitää määrittää.
3. Tärkeimmät ulostulot on listattava.
4. Jokaiselle prosessin ulostulolle on listattava asiakkaat.
5. Asiakasvaatimukset eri ulostuloille on dokumentoitava.

6. Prosessin vaatimat inputit on listattava ja määritettävä miten näitä inputteja mitataan.
7. Prosessin toimittajat on listattava
8. Keskeisimmät prosessivaiheet on tunnistettava, nimettävä ja listattava. (Karjalainen & Karjalainen 2008, 101)

Prosessikuvauksen tekoa varten kokoonnuimme 1.8.2016 miettimään nykyistä hidasta korjauksen vasteaikaa sekä ratkaisua siihen. Kokoukseen osallistuivat telakan hitsausinsinööri ja NDT -insinööri sekä rungonkoonnin tuotantoinsinööri, työnjohtaja ja osastopäällikkö. Kokouksen tavoitteena oli luoda toimiva prosessikuvaus hitsausvirheiden korjauksen vasteajan pienentämiseen ja korjausten tarkastamiseen.

Kuvassa 13 on havainnollistettuna hitsauskorjausten vasteaikaprosessi rungonkoonnissa tehdyn SIPOC -prosessikuvauksen mukaisesti.



Kuva 13. SIPOC -prosessikuvaus hitsauksen vasteaika rungonkoonnissa



## 7.6 Hitsaustarkastusprosessin kuvaukset

Prosessin osalta eniten haasteita on ollut rungonkoonnissa, koska havaittujen virheiden korjausten valmiiksi saattaminen on kestänyt liian kauan. Prosessikuvauksen tarkoituksena on ollut havainnollistaa tuotannon esimiehille ja tekijöille kaikki ne oleelliset vaiheet, jotka vaikuttavat prosessin läpimenon pituuteen.

### Hitsin valmistuminen:

Työstä vastuussa oleva työnjohtaja ilmoittaa laatuosastolle hitsausten valmistumisesta.

### NDT

Nondestructive testin eli NDT on rikkomaton aineenkoetus, joka pitää sisällään joukon tarkastusmenetelmiä, joita käytetään metallirakenteiden, valujen ja hitsien tarkastamiseen ilman valmiin tuotteen rikkomista. Menetelmillä voidaan löytää hitsausvirheitä materiaaleista sekä hitsisaumoista.

Yleisimpiä NDT-menetelmiä ovat silmämääräinen tarkastus sekä ultraääni-, magneettijauhe- ja tunkeumaneste -tarkastus.

Laatuosasto lähettää ainetta rikkomatonta testausta varten pätevöidyn tarkastajan työkohteeseen.

### Tulosten analysointi

Työkohteessa suoritettujen NDT- tarkastusten jälkeen tarkastaja analysoi saadut tulokset, tarvittaessa hitsauspäällikön kanssa.

### Tiedon jako työnjohdolle

Tarkastaja ilmoittaa työnjohdolle löydökset.

### Tiedon jako alihankkijalle

Telakan työnjohto informoi alihankkijan edustajia löydöksistä. Mikäli tarkastuksessa on löytynyt laatupoikkeamia, suoritetaan kohteessa korjaavat toimenpiteet välittömästi.

### Korjaus

Korjaukset tulee tehdä 24 tunnin sisällä havaitusta poikkeamasta. Korjauksissa on noudatettava voimassa olevia WPS:iä sekä työohjeita.

### Korjauksen raportointi

Kun korjaushitsaus on tehty, pitää siitä raportoida välittömästi telakan työnjohdolle.

### Raportointi QC:lle

Telakan työnjohdon tulee raportoida korjattu kohde välittömästi telakan laatuosastolle.

## 7.7 Korjausten työohjeet

Tein kehittämisprosessin myötä kaikille neljälle kriittisimmäksi todetulle hitsausvirheelle korjaustyöohjeet erillisten liitteiden mukaisesti. Ohjeet on käännetty myös englanniksi, jotta yhteistyökumppanimme voivat myös hyödyntää ohjeita.

Työohjeen tarkoituksena on esittää oikeat työmenetelmät korjaustyöhön siten, että se voidaan suorittaa annettujen ohjeiden mukaisesti ilman tulkintamahdollisuuksia.

Liite 1: korjausohje liitosvioille

Liite 2: korjausohje kuonasulkeumille

Liite 3: korjausohje huokosille ja onteloille

Liite 4: korjausohje halkeamille

## 8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

### 8.1 Yhteenveto

Kehityshankkeen tavoitteena oli tarkastella hitsaukseen liittyvää laadunhallintaa kokonaisuutena, sovelluskohteena Meyerin Turun telakan rungonkoontiosasto. Hankkeen lähtötilanne oli selkeä, koska rungonkoontiosastolle oli osoitettu sisäisen auditoinnin yhteenvetona kolme konkreettista laatupoikkeamaa, joihin osaston täytyy reagoida. Ennen työn aloittamista keskustelin poikkeamista telakan hitsausinsinööri Antti Itävuon sekä NDT-insinööri Jari Salmen kanssa ja loimme yhdessä tavoitteet tähän kehityshankkeeseen.

Yllä mainittujen henkilöiden kanssa todettiin yksimielisesti, että telakalta puuttui yksi yhtenäinen prosessinkuvaus hitsausvirheiden korjaamiselle sekä yhtenäiset hitsausohjeet yleisimmin esiintyville hitsausvirheille ja että käytännössä prosessi kokonaisuudessaan pitää tarkastella kriittisesti sekä laatu, -että tuotannon näkökulmista yhteisenä tavoitteena ymmärtää hitsausvirheiden syntyyn vaikuttavat juurisyyt ja tekijät sekä luoda prosessi siten, että se voidaan toteuttaa mahdollisimman kustannustehokkaasti.

Kehityshankkeen aluksi tuon esille Meyer Turku Oy:n toimipistealueet, pääosastotason sekä terästuotannon organisaatiot, joihin rungonkoonti sijoittuu ja käsitelien laatua, laadun mittaamista ja laatuksustannuksia yleisellä tasolla. On myös tärkeää ymmärtää ero sisäisten ja ulkoisten virhekustannusten syntymiselle ja mitä on laadun ylläpitokustannukset sekä ehkäisykustannukset, minkä takia nämä aiheet käsitellään myös yleisessä osuudessa.

Laadunhallintajärjestelmät sekä erilaiset sertifiikatit ovat tärkeä osa yritysten jatkuvaa kehittämistä. Jokaisen yrityksen tavoitteena tulee olla kannattava liiketoiminta, tyytyväiset asiakkaat ja kilpailukyvyyn kehittäminen. Tässä työssä laadulliset toiminnot on tuotu sisälle kehityshankkeeseen ja niiden avulla on luotu mm. hitsausohjeet sekä korjaustoiminnan prosessikuvaus sekä juurisyyanalyysi hitsausvirheiden synnylle. Telakalla on ollut jo ennen tätä kehittämishanketta

voimassa olevat hitsausohjeet korjaushitsaukselle, mutta osana tätä tutkimusta on luotu yksityiskohtaiset hitsausohjeet erilaisille hitsausvirheiden korjauksille.

Standardien avulla voidaan määritellä tuotannossa vaadittavat laatutasot ja sallitut virheet, joita on käsitelty tässä kehittämissuorituksessa tuotantoon soveltuvin osin huomioiden hankkeessa käsitelty nykytilan kartoitus rungonkoonnin osalta.

Nykytilakartoituksen perusteella työhön on valittu lähempään tarkasteluun 4 Turun telakan rungonkoonninosastolla esiintyvää hitsausvirhettä kohdistuen yhteen tiettyyn laivaprojektiin. Kyseiset uudet ohjeistukset on käyty läpi rungonkoonninosastolla sekä jälkeenpäin koko runkotuotannon osalta ja ohjeistukset on myös viety telakan yhteiseen dokumentinhallintajärjestelmään kaikkien saataville. Työn tuloksena yhdessä hitsausosaston edustajien kanssa päätettiin palkata rungonkoonninosastolle myös hitsausneuvoja, jonka pääasiallisena tehtävänä oli kouluttaa ja perehdyttää yhteistyökumppaneita ymmärtämään ja noudattamaan uusia tarkennettuja hitsausohjeita sekä auttaa heitä ymmärtämään korjauksen vastaajan minimointi ja sen tärkeys seuraavien tuotanto-osastojen aikatauluvaikutuksiin.

Prosessin lopputuloksena huomattiin myös, että telakalla ei ole käytössä riittävän yksityiskohtaista hitsausparametrien seurantaa, joiden seurannan avulla voitaisiin päästä osaltaan kiinni hitsausvirheiden juurisyiden syntymiseen. Tästä syystä päätettiin investoida parametrien seurantajärjestelmään, joka toteutettiin yhdessä Kemppi Oy:n kanssa. Tätä työtä kirjoittaessa järjestelmä on vasta otettu käyttöön ja varsinaista dataa ei vielä ole saatavilla. Investoinnista on olemassa oma projektiryhmänsä, joka seuraa projektin etenemistä sekä hyötyä Turun telakan terästuotannossa.

Hitsien rakenteellisten laatuhaasteiden lisäksi on kiinnitettävä huomiota myös tuotteen visuaaliseen laatuun. Työn tuloksena huomattiin, että niin nykyisissä kuin aikaisemmissakaan projekteissa terästuotanto ei ole kaikilta osin pystynyt toteuttamaan prosessia vaatimusten mukaisesti, mikä näkyy luottamuspulana tilaajan sekä telakan välillä. Tämä johtuu pääsääntöisesti erilaisiin laatuasteisiin liittyvistä seikoista, käytännössä työjäljen viimeistelyn puutteesta sekä oman

tarkastuksen laiminlyönneistä. Jotta tuotanto pystyy paremmin vastaamaan kasvaviin laadullisiin haasteisiin, päätettiin osana laadunkehittämishanketta käynnistää koko terästuotantoa käsittävä laatuportti-hanke. Hankkeen tarkoituksena oli lisätä oman sisäisen tarkastuksen määrää, ennaltaehkäistä laatuvirheiden syntymistä sekä ennen kaikkea mahdollistaa aikainen puuttuminen laatuvirheisiin, jotta viralliset tuotteiden hyväksymiset tilaajalle menisivät mahdollisimman vähin huomautuksin.

Yleisen laadunhallinnan ja hitsausvirheiden todentamisen lisäksi tärkeä osa hanketta oli hitsin korjauksen ja sen vasteajan tarkastelu sekä korjaushitsauksen yksityiskohtaisten työohjeiden laatiminen niiden puuttuessa tuotannosta. Telakalla oli olemassa korjaushitsaukseen ohjeistus, joka oli lähinnä yleispätevä, ja oli selvästi tarve tehdä yksityiskohtaisemmat työohjeet juuri tiettyjen hitsausvirheiden korjauksille.

Kehityshankkeen alkuvaiheessa tuli jo selväksi, että hitsauskorjauksien tekemiseen ja valvomiseen ei ollut olemassa tarkkaa seurantaä eikä prosessikuvausta, mikä automaattisesti vaikuttaa siihen, että kyseistä työtä ei pystytä tekemään riittävällä tehokkuudella yksinkertaisesti siksi, että tekijöillä eikä työnjohdolla ollut selkeää tavoitetta ja kuvausta miten työ pitäisi hoitaa. Keskimääräinen hitsauskorjausten vasteaika rungonkoontiosastolla oli yksi viikko ja tavoitteeksi asetettiin vasteajan lyhentäminen kolmeen päivään. Prosessikuvaus tehtiin ja jalkautettiin tuotantoon telakan omille sekä yhteistyökumppaneille (kuva 17. SI-POC-Prosessikuvaus) ja samalla päätettiin, että uusi prosessi otetaan käyttöön seuraavassa projektissa, jonka aikana myös aletaan keräämään dataa vasteajan toteutumisesta.

## 8.2 Johtopäätökset

Tälle kehityshankkeelle oli tilausta rungonkoontiosastolla epäselvien sekä puuttuvien prosessikuvausten sekä ohjeistuksen johdosta. Laatuun liittyvää kirjallisuutta oli laajasti saatavilla, mikä toisaalta helpotti aiheeseen perehtymistä ja toisaalta asetti työn aiheiden rajaamiselle myös haastetta. Nopeasti kävi sel-

väksi, että telakan laajasta ohjeistuksesta huolimatta tarkennettujen ohjeistusten tekemiselle oli tarvetta hitsausvirheiden ja niiden korjaamisen osalta. Kehityshankkeen edetessä sisäistin sen, että vika ei aina ole ihmisessä, vaan ihminen toimii pääsääntöisesti annettujen ohjeiden ja prosessien mukaisesti. Tämä kävi selkeästi ilmi prosessikuvausten sekä riittävän yksityiskohtaisten korjausohjeiden, hitsausdatan sekä laatuseurannan puuttuessa organisaatiolta. Ei voida vaatia tietämystä tai syyttää tekijöitä mikäli laitteet, seurannat, ohjeistus ja prosessit eivät ole ajan tasalla tai pahimmassa tapauksessa puuttuvat kokonaan.

Tärkeimpänä tavoitteena tässä työssä oli selvittää kaikki ne juurisyyt, mitkä aiheuttavat poikkeamia tuotannossa hitsauksen osalta ja suunnitella sekä toteuttaa sen tiedon pohjalta toimiva organisaatio riittävin prosessein ja ohjeistuksin.

Tämän kehitysprojektin tuloksena valmistui osastolle selkeä kuvaus hitsauskorjausten prosessista, selvitettiin yleisimmin esiintyvät hitsausvirheet tietyssä projektissa, korjaushitsausohjeet kyseisille poikkeamille, parametrinseurantaprojekti hitsausarvojen mittaukseen ja analysointiin sekä laatuporttihanke oman työn laadulliseen tarkastukseen ja arviointiin.

Näiden viiden tuotantoon oleellisesti vaikuttavan asian kehittäminen tuottaa tulevaisuuden projekteille arvokasta tietoa, jonka perusteella pystytään tekemään faktaan perustuvia päätöksiä mahdollisten lisäinvestointien, henkilöstön kehittämisen sekä resursointien tueksi.

## LÄHTEET

Besterfield, D. H., Besterfield-Mincha, C., Besterfield, G. H., Urdhwareshe, H. & Urdhwareshe, R. 2011. Total Quality Management. 3<sup>rd</sup> edition. India: Dorling Kindersley.

Esab Oy. 2017. Hitsausvirheitä – syitä ja estäminen 2017. [Esab Oy kotisivut]. [Viitattu 12.3.2017]. <http://www.esab.fi/fi/fi/support/documentation/educational/upload/xa00152112a.pdf>

Esab Oy. 2017. Hitsausvirheitä – syitä ja estäminen 2017. [Esab Oy kotisivut]. [Viitattu 12.3.2017]. <http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/an-ntroduction-to-welding-inspection.cfm>

ISO 3834-1. 2005. Quality requirements for fusion welding of metallic materials – Part 1: Criteria for the selection of the appropriate level of quality requirements. Brussel: International Organization for Standardization.

ISO 9001. 2015. Quality management systems. Requirements. 1<sup>st</sup> edition. Brussel: International Organization for standardization.

ISO 17637. 2011. Non-destructive testing of welds. Visual testing of fusion-welded joints. Mechanical Engineering and Metals Industry Standardization in Finland.

ISO 14001. 2015. Environmental management systems. Requirements. 1<sup>st</sup> edition. Brussel: International Organization for Standardization.

Karjalainen, T. & Karjalainen, E. 2008. SIX SIGMA – uuden sukupolven johtamis- ja laatumenettelmä. Quality Knowhow Karjalainen Oy

Karjalainen, T. 2007. Yhdistä ideointityökaluilla luovan ajattelun eri ulottuvuudet. [Viitattu 4.10.2017]: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/yhdistae-ideointityoekaluilla-luovan-ajattelun-eri-ulottuvuudet/>

Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. 5. painos. Helsinki: Talentum.

Lindewald, C-G. 2013. Hitsauksen laadun ja tehokkuuden parantaminen hyödyntäen standardia SFS-EN ISO 3834. Helsinki: Teknologiateollisuus ry.

Logistiikan Maailma. 2017. Laatu yrityksissä [Viitattu 1.10.2017]. <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/laatu/laatu-yrityksissa/>

Lukkarila, J. 2000-2001. Hitsausuutiset. Artikkelit 1-5. Esab Oy.

Lukkari, J. 1997. Hitsaustekniikka – perusteet ja kaarihitsaus.

Meyer Turku. About the Shipyard. 2017. [Meyer Turku Oy kotisivut]. [Viitattu 11.1.2017].: [http://www.meyerturku.fi/en/meyerturku\\_com/shipyard/company/about\\_the\\_shipyard\\_1/about\\_the\\_shipyard.jsp](http://www.meyerturku.fi/en/meyerturku_com/shipyard/company/about_the_shipyard_1/about_the_shipyard.jsp)

Meyer Turku. Yritysprofiiili Meyer Turku 2017. [Meyer Turku Oy Intranet]. [Viitattu 11.1.2017]. <http://intranet/MeyerTurku/Pages/Yritysprofiiili.aspx>

Multimäki, M. 2003. Standardin ISO 9001 soveltamisen menetelmä. Väitöstutkimus, teknillinen tiedekunta Vaasa: Vaasan Yliopisto.

Pesonen, H. 2007. Laatu!: Asiantuntijaorganisaation laatuopas. Helsinki: Infor.

Qualitas Forum. 2017. Pareto -analyysi [Viitattu 6.10.2017]: <http://www.qualitas-forum.fi/Apualaatuunjainnovaatioon/Pareto-diagrammi.aspx>

Rumane, A. R. 2011. Quality Management in Construction Projects. Boca Raton: CRC Press.

Silen, T. 2001. Laatu, brändi ja kilpailukyky. Helsinki: WSOY

Toivonen, J. 2013. Teräsrakenteiden NDT-tarkastukset SFS-EN 1090 mukaan. Dekra.

Vuorenmaa, J. & Välimaa, T. 2015. Meriteollisuuden alihankintaverkostot. Turku: Turun yliopiston Brahea-keskus.

Yritys-Suomi. 2017. Laadunhallintajärjestelmä [Viitattu 2.10.2017].  
<https://yrityssuomi.fi/laadunhallintajarjestelma>



## Liite 1. Korjaushitsaus, liitosvika (railon kyljessä)



### Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author AKirj	Reviewer	Approved by AI
Instruction name NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Liitosvirhe				Page 1 (6)

#### 1 VIITTEET

Q.TKU.B.R.014  
SFS EN ISO 14731  
SFS EN ISO 3834-2  
STX Turku yard welding procedures

#### 2 TAVOITE

Ohjeen tarkoitus on määrittää miten ndt-tarkastuksessa (lukuun ottamatta visuaalista tarkastusta) havaitut liitosvirheet korjataan ja miten niiden toistuminen pyritään estämään.

#### 3 SOVELLUSALUE

Laivanrakennusprosessin suunnittelu, hankinta ja materiaalinkäsittely, alihankinta sekä tuotanto-osuus.

#### 4 VASTUUT

Tämän ohjeen noudattamisesta vastaavat Tuotantotekniikka ja tuotantotehokkuusosasto, terästuotannon työnjohto, yhteistyökumppanien työnjohto ja NDT-tarkastajat.



## Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author AKirj	Reviewer	Approved by AI
Instruction name NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Liitosvirhe				Page 2 (6)

### 5 PROSESSIN KUVAUS

#### 5.1 TARKASTUKSESSA LÖYDETYISTÄ VIRHEISTÄ INFORMOIMINEN

NDT-tarkastuksessa havaituista liitosvirheistä informoidaan telakan hitsausinsinööriä. Informoinnista huolehtii Tuotantotekniikka ja tuotantotehokkuusosaston NDT-insinööri.

Hitsausinsinöörille toimitetaan tarkastusraportit, joissa on havaittu hylkäykseen johtava virhe.

Jos havaittu liitosvirhe on erityisen pitkä ilmoitus hitsausinsinöörille tulee tehdä välittömästi virheen löydyttyä.

#### 5.2 LIITOSVIRHEIDEN PÄÄASIAALLISET SYYT:

- Liian pieni hitsausenergia, mihin voi olla syynä liian pieni hitsausvirta ja/tai liian suuri hitsausnopeus
- Liian suuri sula ja vyöryminen valokaaren eteen.
- Liian pitkä valokaari
- Liian ahdas railo.
- Virheellinen lisäaineen suuntaus.
- Jyrkkä liittyminen palkojen ja railokyljen välillä.
- Epäpuhtaudet railopinnoilla tai edellisissä paloissa

#### 5.3 LIITOSVIRHEIDEN EHKÄISY

- Hitsaa suuremmalla energialla: lisää virtaa, pienennä nopeutta.
- Hitsaa lyhyemmällä valokaarella
- Suuntaa valokaari sulaan päin.
  - hitsaa nopeammin
  - hitsaa pienemmällä virralla
- Puhdista railopinta ja edelliset palot
- Suurena railokulmaa
- Suuntaa lisäaine niin, että valokaari sulattaa railokyljet
- Hio jyrkät liittymät

## Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author AKirj	Reviewer	Approved by AI
Instruction name <b>NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Liitosvirhe</b>				<b>Page 3 (6)</b>

### 5.4 HITS AUSVIRHEIDEN KORJAAMINEN

#### ENNEN KORJAUSHITSAUSTA:

#### **SELVITÄÄN VIAN/HITSAUSVIRHEEN SYY JA ALKUPERÄ**

Kun korjaustarpeen aiheuttajan syy on saatu selville, korjataan epäkohdat ennen korjaushitsauksen aloitusta. RT-tarkastuksessa löydetyt viat on mahdollisuuksien mukaan paikallistettava UT:lla. Tällöin korjattavaan hitsiin merkataan korjauspaikka ja vian sijaintisyvyys.

#### **GEOMETRISET VIAT (reunahaavat, huono hitsin tai rakenteen muoto yms.)**

Hitsin tai rakenteen korjaus hionnalla, jyrinnällä tai muulla vastaavalla menetelmällä selvitetään.

#### **EPÄSELVÄT TAPAUKSET**

Epäselvissä tilanteissa kysytään ohjeita hitsausinsinööritä.

#### KORJAUSHITSAUS:

##### **1. ESIKUUMENNUS JA JÄLKILÄMMITYS**

Esilämmitys on pakollinen korjaushitsauksissa!

Ennen hitsauksen aloittamista on kosteus poistettava esilämmityksellä. Apuna käytetään esilämmityksestä tehtyä ohjetta tai korjauksessa käytettävää hitsausohjetta. Hitsausohjeeksi soveltuu WPS, jolla korjattava hitsi olisi alunperinkin voitu tehdä. Jos esilämmitystarve esiintyy toisen edellä mainitun ohjeen perusteella, korotetaan korjauksessa käytettävää esilämmityslämpötilaa 50 °C (pois lukien jauhekaarhitsaus!).

Hitsauksen jälkeen lämmitystä on syytä jatkaa vielä noin tunnin ajan. Hitsi eristetään esim. eristysvilloilla ja lämpötila pidetään yllä lämmitysmattojen avulla.

##### **2. AVAUS (kts. myös kuvasarja)**

Avaus tehdään yleensä happi-asetyleeni talttauksella, hiilikaaritalttauksella (teräkset) tai paineilmaplasamalla (alumiini), jolloin railopinnat on hiottava avauksen jälkeen. Avaus voidaan tehdä myös jyrsimällä tai hiomalla. Avauksen jälkeen on varmistuttava siitä, että virhe on saatu pois hitsistä/rakenteesta ja että avatun railon avauskulma vastaa korjauksessa käytettävää WPS:ää. Ennen hitsausta varmistettava sopivalla NDT-menetelmällä virheen poistuminen korjaus-kohdasta, avatun railon pohjalle tehtävä magneettijauheta tarkastus, MT (eng. MPI)

## Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author AKirj	Reviewer	Approved by AI
Instruction name NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Liitosvirhe				Page 4 (6)

### 3. KORJAUSHITSAUS

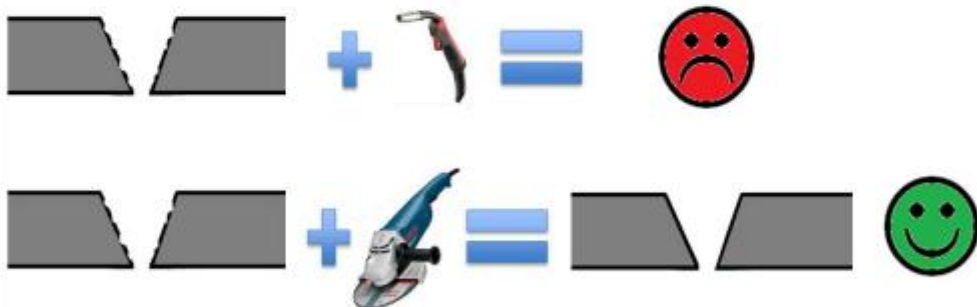
Korjaushitsaus tehdään soveltaen hitsausohjetta, jolla korjauskohdan sisältävä hitsi olisi voitu alunperin tehdä. Hitsaus on tehtävä huolellisesti vähintään 2 palolla.

### 4. HITSUKSEN JÄLKEEN

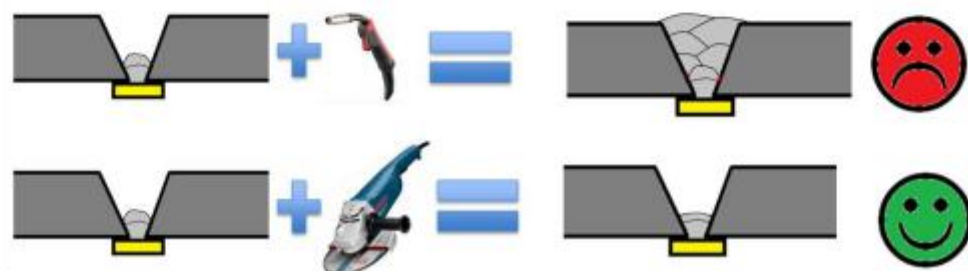
Korjattu hitsi/rakenne on tarkastettava ohjeiden mukaisilla NDT-menetelmillä. Tarkastuspituuteen tulee lisätä 100mm korjauksen aloitus- ja lopetuskohdasta .

#### 5.3 ESIMERKKI

1) Seevi on hiottava



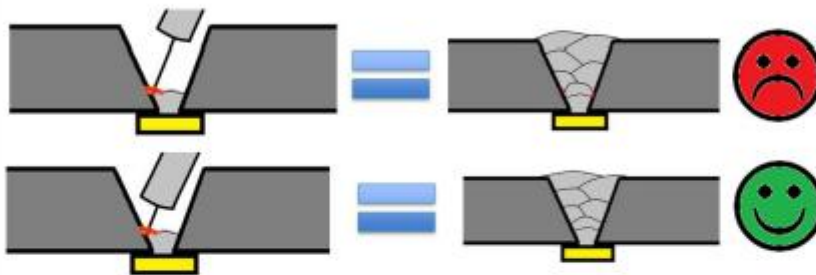
2) Hitsipalot on hiottava



## Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author AKirj	Reviewer	Approved by AI
Instruction name NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Liitosvirhe				Page 5 (6)

## 3) Huomioi valokaaren pituus 15-25mm

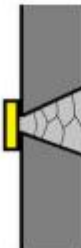


## 3) Hitsausnopeus / Syöttönopeus

Wire feed speed = 15m/min  
Travel speed = 35cm/min



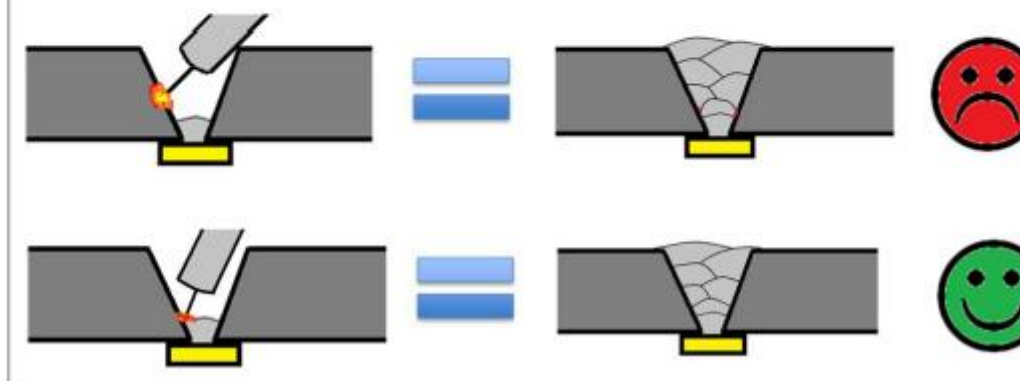
Wire feed speed = 11m/min  
Travel speed = 33cm/min



## Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author AKirj	Reviewer	Approved by AI
Instruction name NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Liitosvirhe				Page 6 (6)

## 4) Huomioi oikea asento





## Liite 2. Korjaushitsaus, kuonasulkeumat



### Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author AKirj	Reviewer	Approved by AI
Instruction name NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Kuonasulkeumat				Page 1 (4)

#### 1 VIITTEET

Q.TKU.B.R.014

SFS EN ISO 14731

SFS EN ISO 3834-2

STX Turku yard welding procedures

#### 2 TAVOITE

Ohjeen tarkoitus on määrittää miten ndt-tarkastuksessa (lukuun ottamatta visuaalista tarkastusta) havaitut kuonasulkeumat korjataan ja miten niiden toistuminen pyritään estämään.

#### 3 SOVELLUSALUE

Laivanrakennusprosessin suunnittelu, hankinta ja materiaalinkäsittely, alihankinta sekä tuotanto-osuus.

#### 4 VASTUUT

Tämän ohjeen noudattamisesta vastaavat Tuotantotekniikka ja tuotantotehokkuusosasto, terästuotannon työnjohto, yhteistyökumppanien työnjohto ja NDT-tarkastajat.



## Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author AKirj	Reviewer	Approved by AI
Instruction name NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Kuonasulkeumat				Page 2 (4)

### 5 PROSESSIN KUVAUS

#### 5.1 TARKASTUKSESSA LÖYDETYISTÄ VIRHEISTÄ INFORMOIMINEN

NDT-tarkastuksessa havaituista liitosvirheistä informoidaan telakan hitsausinsinööriä. Informoinnista huolehtii Tuotantotekniikka ja tuotantotehokkuusosaston NDT-insinööri.

Hitsausinsinöörille toimitetaan tarkastusraportit, joissa on havaittu hylkäykseen johtava virhe.

Jos havaittu kuonasulkeuma on erityisen pitkä ilmoitus hitsausinsinöörille tulee tehdä välittömästi virheen löydyttyä.

#### 5.2 KUONASULKEUMIEN PÄÄASIAALLISET SYYT:

- Kuona mennyt sulan eteen.
- Puutteellinen kuonan poisto.
- Palot muodoltaan liian kuperia.
- Virheellinen palkojärjestys.
- Riittämätön juuren avaus molemmilta puolilta hitsattavassa, avattavassa hitsissä
- Liian pieni hitsausvirta
- Liian kapea ja syvä railo
- Työntävä kuljetusasento

#### 5.3 KUONASULKEUMIEN EHKÄISY

- Kuljeta lisäainetta niin, ettei kuona mene sulan eteen.
- Käytä vetävää kuljetusasentoa
- Kuljeta nopeammin
- Suurena railokulmaa, jos liian ahdas.
- Poista kuona huolellisesti.
- Lisää jännitettä ja korjaa palkoja hiomalla.
- Hitsaa palot niin, ettei reunoihin jää syviä uria ja jyrkkiä liittymiä.
- Käytä riittävää hitsausvirtaa
- Kohdista valokaari oikein railossa





## Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author	Reviewer	Approved by
Instruction name				AI
NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Kuonasulkeumat				Page 3 (4)

- Paranna railomuotoa.

### 5.4 HITSAUSVIRHEIDEN KORJAAMINEN

#### ENNEN KORJAUSHITSAUSTA:

#### **SELVITÄÄN VIAN/HITSAUSVIRHEEN SYY JA ALKUPERÄ**

Kun korjaustarpeen aiheuttajan syy on saatu selville, korjataan epäkohdat ennen korjaushitsauksen aloitusta. RT-tarkastuksessa löydetty viat on mahdollisuuksien mukaan paikallistettava UT:lla. Tällöin korjattavaan hitsiin merkataan korjauspaikka ja vian sijaintisyvyys.

#### **GEOMETRISET VIAT (reunahaavat, huono hitsin tai rakenteen muoto yms.)**

Hitsin tai rakenteen korjaus hionnalla, jyrsinnällä tai muulla vastaavalla menetelmällä selvitetään.

#### **EPÄSELVÄT TAPAUKSET**

Epäselvissä tilanteissa kysytään ohjeita hitsausinsinööritä.

#### KORJAUSHITSAUS:

##### **1. ESIKUUMENNUS JA JÄLKILÄMMITYS**

Esilämmitys on pakollinen korjaushitsauksissa!

Ennen hitsauksen aloittamista on kosteus poistettava esilämmityksellä. Apuna käytetään esilämmityksestä tehtyä ohjetta tai korjauksessa käytettävää hitsausohjetta. Hitsausohjeeksi soveltuu WPS, jolla korjattava hitsi olisi alunperinkin voitu tehdä. Jos esilämmitystarve esiintyy toisen edellä mainitun ohjeen perusteella, korotetaan korjauksessa käytettävää esilämmityslämpötilaa 50 °C (pois lukien jauhekaarihitsaus!).

Hitsauksen jälkeen lämmitystä on syytä jatkaa vielä noin tunnin ajan. Hitsi eristetään esim. eristysvilloilla ja lämpötila pidetään yllä lämmitysmattojen avulla.

##### **2. AVAUS (kts. myös kuvasarja)**

Avaus tehdään yleensä happi-asetyleeni talttauksella, hiilikaaritalttauksella (teräkset) tai paineilmaplasamalla (alumiini), jolloin railopinnat on hiottava avauksen jälkeen. Avaus voidaan tehdä myös jyrsimällä tai hiomalla. Avauksen jälkeen on varmistuttava siitä, että virhe on saatu pois hitsistä/rakenteesta ja että avatun railon avauskulma vastaa korjauksessa käytettävää WPS:ää. Ennen hitsausta varmistettava sopivalla NDT-menetelmällä virheen poistuminen korjaus-kohdasta, avatun railon pohjalle tehtävä magneettijauh tarkastus, MT (eng. MPI)

**Työohje / Work Instruction**

Instruction number	Rev.nro - date	Author	Reviewer	Approved by
		<b>AKirj</b>		<b>AI</b>
Instruction name <b>NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Kuonasulkeumat</b>				<b>Page 4 (4)</b>

**3. KORJAUSHITSAUS**

Korjaushitsaus tehdään soveltaen hitsausohjetta, jolla korjauskohdan sisältävä hitsi olisi voitu alunperin tehdä. Hitsaus on tehtävä huolellisesti vähintään 2 palolla.

**4. HITSUKSEN JÄLKEEN**

Korjattu hitsi/rakenne on tarkastettava ohjeiden mukaisilla NDT-menetelmillä. Tarkastuspituuteen tulee lisätä 100mm korjauksen aloitus- ja lopetuskohdasta .

## Liite 3. Korjaushitsaus, huokokset ja ontelot



### Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author	Reviewer	Approved by
		AKirj		AI
Instruction name NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Huokokset ja ontelot				Page 1 (4)

#### 1 VIITTEET

Q.TKU.B.R.014  
SFS EN ISO 14731  
SFS EN ISO 3834-2  
STX Turku yard welding procedures

#### 2 TAVOITE

Ohjeen tarkoitus on määrittää miten ndt-tarkastuksessa (lukuun ottamatta visuaalista tarkastusta) havaitut huokokset ja ontelot korjataan ja miten niiden toistuminen pyritään estämään.

#### 3 SOVELLUSALUE

Laivanrakennusprosessin suunnittelu, hankinta ja materiaalinkäsittely, alihankinta sekä tuotanto-osuus.

#### 4 VASTUUT

Tämän ohjeen noudattamisesta vastaavat Tuotantotekniikka ja tuotantotehokkuusosasto, terästuotannon työnjohto, yhteistyökumppanien työnjohto ja NDT-tarkastajat.

## Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author	Reviewer	Approved by
		AKirj		AI
Instruction name <b>NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Huokokset ja ontelot</b>				Page 2 (4)

### 5 PROSESSIN KUVAUS

#### 5.1 TARKASTUKSESSA LÖYDETYISTÄ VIRHEISTÄ INFORMOIMINEN

NDT-tarkastuksessa havaituista liitosvirheistä informoidaan telakan hitsausinsinööriä. Informoinnista huolehtii Tuotantotekniikka ja tuotantotehokkuusosaston NDT-insinööri.

Hitsausinsinöörille toimitetaan tarkastusraportit, joissa on havaittu hylkäykseen johtava virhe.

Jos havaittu huokonen / ontelo on erityisen pitkä ilmoitus hitsausinsinöörille tulee tehdä välittömästi virheen löydyttyä.

#### 5.2 HUOKOSTEN JA ONTELOIDEN PÄÄASIAALLISET SYYT:

- Kosteus.
  - kosteat puikot, hitsausjauhe, tai täytelanka
  - kosteus suojakaasussa
  - vuoto vesijäähdytteisessä pistoolissa
- Epäpuhtaudet railopinnoilla. (esim hiomaton maali)
- Huono kaasusuoja kaasukaarihitsauksessa
- Roiskeet kaasusuuttimessa
- Liian pieni tai suuri kaasunvirtaus
- liian pieni hitsausvirta
- Vetoinen hitsauspaikka
- Liian pitkä valokaari
- Liian suuri hitsausnopeus
- Vääränlainen hitsin lopettaminen

#### 5.3 HUOKOSTEN JA ONTELOIDEN EHKÄISY

- Lisäaineiden oikea varastointi ja säilytys
- Poista kosteus ja muut epäpuhtaudet lisäaineessa ja perusaineessa
- Tarkista virtausjärjestelmä, suojakaasu ja pistoolin kunto



## Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author AKirj	Reviewer	Approved by AI
Instruction name <b>NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Huokokset ja ontelot</b>				<b>Page 3 (4)</b>

- Puhdista railopinnat
- Puhdista kaasusuutin
- Tarkista kaasunvirtaus ja säädä virtaus oikeaksi
- Suojaa hitsauspaikka vedolta
- Hitsaa lyhyemmällä valokaarella
- Pienennä nopeutta
- Lopetuskohtien hionta
- Huuhtelee kaasuletkut

### 5.4 HITS AUSVIRHEIDEN KORJAAMINEN

#### ENNEN KORJAUSHITSAUSTA:

#### **SELVITÄÄN VIAN/HITSAUSVIRHEEN SYY JA ALKUPERÄ**

Kun korjaustarpeen aiheuttajan syy on saatu selville, korjataan epäkohdat ennen korjaushitsauksen aloitusta. RT-tarkastuksessa löydetty viat on mahdollisuuksien mukaan paikallistettava UT:lla. Tällöin korjattavaan hitsiin merkataan korjauspaikka ja vian sijaintisyvyys.

#### **GEOMETRISET VIAT (reunahaavat, huono hitsin tai rakenteen muoto yms.)**

Hitsin tai rakenteen korjaus hionnalla, jyrinnällä tai muulla vastaavalla menetelmällä selvitetään.

#### **EPÄSELVÄT TAPAUKSET**

Epäselvissä tilanteissa kysytään ohjeita hitsausinsinööriltä.

#### **KORJAUSHITSAUS:**

#### **1. ESIKUUMENNUS JA JÄLKILÄMMITYS**

Esilämmitys on pakollinen korjaushitsauksissa!

Ennen hitsauksen aloittamista on kosteus poistettava esilämmityksellä. Apuna käytetään esilämmityksestä tehtyä ohjetta tai korjauksessa käytettävää hitsausohjetta. Hitsausohjeeksi soveltuu WPS, jolla korjattava hitsi olisi alunperinkin voitu tehdä. Jos esilämmitystarve esiintyy toisen edellä mainitun ohjeen perusteella, korotetaan korjauksessa käytettävää esilämmityslämpötilaa 50 °C (pois lukien jauhekaarihitsaus!).



## Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author <b>AKirj</b>	Reviewer	Approved by <b>AI</b>
Instruction name <b>NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Huokokset ja ontelot</b>				<b>Page 4 (4)</b>

Hitsauksen jälkeen lämmitystä on syytä jatkaa vielä noin tunnin ajan. Hitsi eristetään esim. eristysvilloilla ja lämpötila pidetään yllä lämmitysmattojen avulla.

### 2. AVAUS (kts. myös kuvasarja)

Avaus tehdään yleensä happi-asetyleeni talttauksella, hiilikaaritaltauksella (teräkset) tai paineilmaplasmalla (alumiini), jolloin railopinnat on hiottava avauksen jälkeen. Avaus voidaan tehdä myös jyrsimällä tai hiomalla. Avauksen jälkeen on varmistuttava siitä, että virhe on saatu pois hitsistä/rakenteesta ja että avatun railon avauskulma vastaa korjauksessa käytettävää WPS:ää. Ennen hitsausta varmistettava sopivalla NDT-menetelmällä virheen poistuminen korjaus-kohdasta, avatun railon pohjalle tehtävä magneettijauh tarkastus, MT (eng. MPI)

### 3. KORJAUSHITSAUS

Korjaushitsaus tehdään soveltaen hitsausohjetta, jolla korjauskohdan sisältävä hitsi olisi voitu alunperin tehdä. Hitsaus on tehtävä huolellisesti vähintään 2 palolla.

### 4. HITSUKSEN JÄLKEEN

Korjattu hitsi/rakenne on tarkastettava ohjeiden mukaisilla NDT-menetelmillä. Tarkastuspituuteen tulee lisätä 100mm korjauksen aloitus- ja lopetuskohdasta .



## Liite 4. Korjaushitsaus, halkeamat



### Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author	Reviewer	Approved by
Instruction name				AI
NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Halkeamat				Page 1 (4)

#### 1 VIITTEET

Q.TKU.B.R.014  
SFS EN ISO 14731  
SFS EN ISO 3834-2  
STX Turku yard welding procedures

#### 2 TAVOITE

Ohjeen tarkoitus on määrittää miten ndt-tarkastuksessa (lukuun ottamatta visuaalista tarkastusta) havaitut halkeamat korjataan ja miten niiden toistuminen pyritään estämään.

#### 3 SOVELLUSALUE

Laivanrakennusprosessin suunnittelu, hankinta ja materiaalinkäsittely, alihankinta sekä tuotanto-osuus.

#### 4 VASTUUT

Tämän ohjeen noudattamisesta vastaavat Tuotantotekniikka ja tuotantotehokkuusosasto, terästuotannon työjohto, yhteistyökumppanien työjohto ja NDT-tarkastajat.



## Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author AKirj	Reviewer	Approved by AI
Instruction name NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Halkeamat				Page 2 (4)

### 5 PROSESSIN KUVAUS

#### 5.1 TARKASTUKSESSA LÖYDETYISTÄ VIRHEISTÄ INFORMOIMINEN

NDT-tarkastuksessa havaituista halkeamista informoidaan telakan hitsausinsinööriä. Informoinnista huolehtii Tuotantotekniikka ja tuotantotehokkuusosaston NDT-insinööri. Hitsausinsinöörille toimitetaan tarkastusraportit, joissa on havaittu hylkäykseen johtava virhe. Jos havaittu halkeama on erityisen pitkä ilmoitus hitsausinsinöörille tulee tehdä välittömästi virheen löydyttyä.

#### 5.2 HALKEAMIEN PÄÄASIAALLISET SYYT:

- Suuri hitsausnopeus
- Hyvin kovera pienahitsi
- Liian suuri ilmarako railossa
- Liian suuri hitsisula
- Kosteus lisäaineessa, railopinnoilla ja lisäainekaasussa
- Suuri jännite
- Hitsin leveys/syvyys (leveys suurempi kuin syvyys)
- Hitsin vääränlainen lopettaminen
- Suuret jännitykset
- Vääränlainen hitsausjärjestys

#### 5.3 HALKEAMIEN EHKÄISY

- Pienennä hitsausnopeutta
- Puhdista hitsattavat pinnat epäpuhtauksista ja kosteudesta
- Huuhtelee kaasuletkut
- Hitsauslisäaine poistettava hitsauskoneesta päivän päätyttyä
- Lopetuskohta hiottava
- Käytä hitsauksen lopetuspaloja
- Oikeanlainen hitsausjärjestys





## Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author AKirj	Reviewer	Approved by AI
Instruction name NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Halkeamat				Page 3 (4)

- Esilämmitys
- Pienennä ilmarakoa
- pienennä tunkeumaa
- tarkasta / korjaa hitsausarvot

### 5.4 HITSAUSVIRHEIDEN KORJAAMINEN

#### ENNEN KORJAUSHITSAUSTA:

#### **SELVITÄÄN VIAN/HITSAUSVIRHEEN SYY JA ALKUPERÄ**

Kun korjaustarpeen aiheuttajan syy on saatu selville, korjataan epäkohdat ennen korjaushitsauksen aloitusta. RT-tarkastuksessa löydetty viat on mahdollisuuksien mukaan paikallistettava UT:lla. Tällöin korjattavaan hitsiin merkataan korjauspaikka ja vian sijaintisyvyys.

#### **GEOMETRISET VIAT (reunahaavat, huono hitsin tai rakenteen muoto yms.)**

Hitsin tai rakenteen korjaus hionnalla, jyrsinällä tai muulla vastaavalla menetelmällä selvitetään.

#### **EPÄSELVÄT TAPAUKSET**

Epäselvissä tilanteissa kysytään ohjeita hitsausinsinööritä.

#### KORJAUSHITSAUS:

##### **1. ESIKUUMENNUS JA JÄLKILÄMMITYS**

Esilämmitys on pakollinen korjaushitsauksissa!

Ennen hitsauksen aloittamista on kosteus poistettava esilämmityksellä. Apuna käytetään esilämmityksestä tehtyä ohjetta tai korjauksessa käytettävää hitsausohjetta. Hitsausohjeeksi soveltuu WPS, jolla korjattava hitsi olisi alunperinkin voitu tehdä. Jos esilämmitystarve esiintyy toisen edellä mainitun ohjeen perusteella, korotetaan korjauksessa käytettävää esilämmityslämpötilaa 50 °C (pois lukien jauhekaarihitsaus!).

Hitsauksen jälkeen lämmitystä on syytä jatkaa vielä noin tunnin ajan. Hitsi eristetään esim. eristysvilloilla ja lämpötila pidetään yllä lämmitysmattojen avulla.

##### **2. AVAUS (kts. myös kuvasarja)**

Avaus tehdään yleensä happi-asetyleeni talttauksella, hiilikaaritaltauksella (teräkset) tai paineilmaplasamalla (alumiini), jolloin railopinnat on hiottava avauksen jälkeen. Avaus voidaan



## Työohje / Work Instruction

Instruction number	Rev.nro - date	Author	Reviewer	Approved by
		<b>AKirj</b>		<b>AI</b>
Instruction name				
<b>NDT-tarkastuksissa havaittujen hitsausvirheiden korjaus: Halkeamat</b>				<b>Page 4 (4)</b>

tehdä myös jyrsimällä tai hiomalla. Avauksen jälkeen on varmistuttava siitä, että virhe on saatu pois hitsistä/rakenteesta ja että avatun railon avauskulma vastaa korjauksessa käytettävää WPS:ää. Ennen hitsausta varmistettava sopivalla NDT-menetelmällä virheen poistuminen korjaus-kohdasta, avatun railon pohjalle tehtävä magneettijauh tarkastus, MT (eng. MPI)

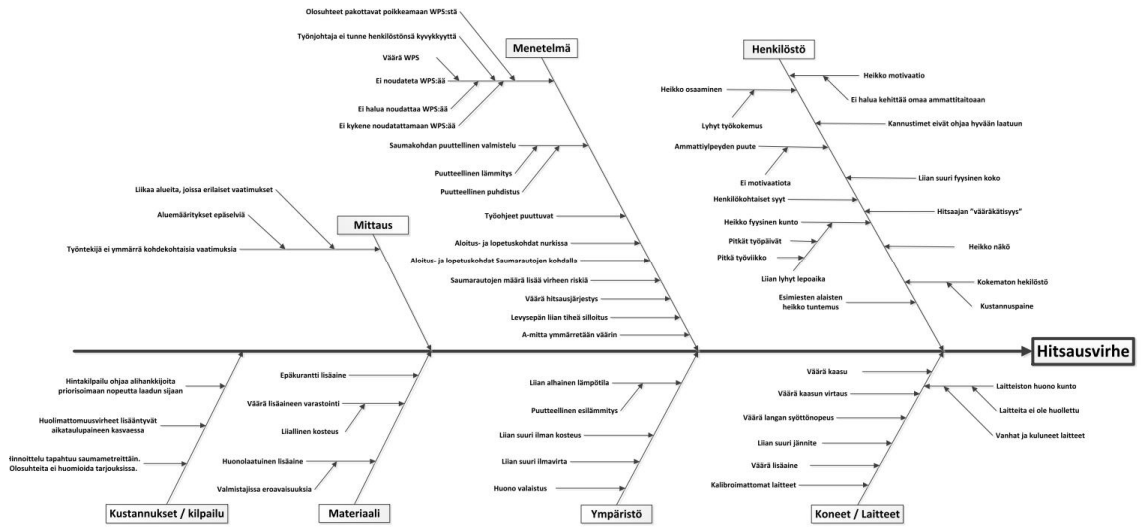
### 3. KORJAUSHITSAUS

Korjaushitsaus tehdään soveltaen hitsausohjetta, jolla korjauskohdan sisältävä hitsi olisi voitu alunperin tehdä. Hitsaus on tehtävä huolellisesti vähintään 2 palolla.

### 4. HITSAUKSEN JÄLKEEN

Korjattu hitsi/rakenne on tarkastettava ohjeiden mukaisilla NDT-menetelmillä. Tarkastuspituuteen tulee lisätä 100mm korjauksen aloitus- ja lopetuskohdasta .

# Liite 5. Kalanruotokaavio



## Liite 6. C –tason ohje



### TYÖOHJE

Ohjenumero Q.TKU.C.R.010	Rev.nro - pvm 1 – 07.09.2006	Tekijä HHn	Tarkastaja KaL	Hyväksyjä JA
Ohjeen nimi TYÖNJOHTAJAN TOIMENKUVA RUNKOTÖISSÄ				Page 1 (3)

#### 1 VIITTEET

B-tason toiminnankuvaukset  
C-tason runkovalmistusohjeet  
Lait ja asetukset  
Standardit

#### 2 TAVOITE

Määrittää periaatteet runkotöiden työnjohtajien toiminnalle.

#### 3 SOVELLUSALUE

Runkoprosessi

#### 4 VASTUU

#### 5 PROSESSIN KUVAUS

##### 5.1 TYÖNJOHTAJA TOTEUTTAA TYÖRYHMÄNSÄ KANSSA VASTUUKOHTEIDENSA KOONNIN, HITSUKSEN JA LOHKOVARUSTELUTYÖT:

Tuotantodokumenttien, WPS:ien ja voimassaolevien standardien mukaisesti.

Projektin aikataulun ja laivakohtaisten kustannustavoitteiden mukaisesti.

Varmistaa töiden edellytykset (materiaalit, siirrot, nostot ym. )

Teettää työt ammattitaitoisilla ja pätevöitetyillä työntekijöillä.

Huolehtii siitä, että suunnitellut mittaukset ja ND-testaukset suoritetaan.

Tarkastaa tuotteen ja varmistaa, että se on telakan toleranssien ja eriteltyjen laatu normien mukainen.

Tilaa hyväksyttämistilaisuudet sovittuja menettelytapoja käyttäen ja osallistuu hyväksyttämistilaisuuteen.

Huolehtii mahdollisten korjausten tekemisestä.

Ohjenumero Q.TKU.C.R.010	Rev.nro - pvm 1 – 06.09.2006	Tekijä HHn	Tarkastaja KaL	Hyväksyjä JA
Ohjeen nimi TYÖNJOHTAJAN TOIMENKUVA RUNKOTÖISSÄ				Page 2 (3)

Antaa palautetta aikaisempiin vaiheisiin ja tiimilleen sekä kerää tiiminsä palautetta työn onnistumisesta.

## 5.2 TYÖRYHMÄNSÄ ESIMIEHENÄ TYÖNJOHTAJA

Hoitaa palkka- ja muut henkilöstöasiat.

Hoitaa koulutus- ja pätevöittämisasiat.

Vastaa työkohteidensa työturvallisuudesta, siisteydestä ja hyvästä järjestyksestä.

Suorittaa tapaturmien tutkinnan ja tekee tapaturmailmoitukset.

Vastaa työajan tehokkaasta käytöstä ja valvonnasta.

Vastaa ryhmänsä uusien työntekijöiden valinnasta ja perehdytyksestä.

Vastaa ryhmänsä uusien työntekijöiden valinnasta ja perehdytyksestä. Perehdytykseen kuuluu uuden työntekijän työn laadun erityisvalvonta. Uusien hitsaajien hitsejä on tarkastettava silmämääräisesti ja NDT menetelmillä kunnes työnjohtaja on vakuuttunut hitsaajan kyvyistä suoriutua sekä piena- että päittäisliitoksien hitsaamisesta laatuvaatimuksiemme mukaisesti.

## 5.3 TYÖNJOHTAJAN RAPORTOINTI

Suorittaa työkohteidensa tilanneraportoinnin osaston viikkokokouksissa.

Suorittaa työkohteidensa valmiuseraportoinnin.

Tekee viikottaiset vahvuusilmoitukset.

Tarkistaa ja hyväksyy alaistensa työtuntiraportoinnin.

Suorittaa AY:n tietojärjestelmiin kaikki ne raportoinnit, jotka voimassa olevien toimintaohjeiden perusteella hänelle kuuluvat tai jotka on erikseen hänelle tehtäväksi annettu.

## 5.4 KONEET JA LAITTEET

Vastaa siitä, että oman vastuualueensa tuotantokoneille ja laitteille tehdään suunnitellut mittaukset, testit, kalibroinnit ja ennakkohuoltotoimenpiteet.

Tekee havaituista vioista ja puutteista ilmoitukset laitoshuolto-osastolle ja valvoo, että ne tulevat korjatuiksi.

Vastaa siitä, että oman vastuualueensa koneet ja laitteet ovat koneiden asiakirjojen edellyttämässä kunnossa ja että koneiden tuottama laatu täyttää tuotantoasiakirjojen vaatimukset.

## 5.5 TYÖNJOHTAJAN MUUT TEHTÄVÄT

Osallistuu tuotantotilojen käytön suunnitteluun ja hienokuormitukseen.

Toimii sovittujen työsuojelutarkastuskierrosten vetäjänä.

Ohjenumero Q.TKU.C.R.010	Rev.nro - pvm 1 – 06.09.2006	Tekijä HHn	Tarkastaja KaL	Hyväksyjä JA
Ohjeen nimi TYÖNJOHTAJAN TOIMENKUVA RUNKOTÖISSÄ				Page 3 (3)

Toimii, ellei muuta ole sovittu, oman vastualueensa osalta osaston alihankintakohteiden yhteistyönjohtajana.

Valvoo ja tarvittaessa opastaa ja avustaa vastualueellaan toimivia kokonaistoimittajia sekä muita alihankkijoita.

Nimetyt työnjohtajat vastaavat piirustusarkistojen hoidosta.

Nimetyt työnjohtajat vastaavat osaston nostovälineiden rekisteröinnistä ja vuositarkastuksista.

Osallistuu erikseen määriteltäviin kehitys- ja investointihankkeisiin.

Osallistuu tarvittaessa telakan ammattioppilaitoksen opetustyöhön.

Vastaa vastualueensa dokumenttien päivityksestä.

## 6 MITTARIT

-

## Liite 7. Virhekoodien selitykset

### VIRHEKOODIT

<b>Ea=101</b>	<b>Pitkittäiset halkeamat</b>
<b>1011</b>	<b>hitsissä</b>
<b>1012</b>	<b>sularajalla</b>
<b>1013</b>	<b>muutosvyöhykkeessä</b>
<b>1014</b>	<b>perusaineessa</b>
<b>Eb=102</b>	<b>poikittaiset halkeamat</b>
<b>1021</b>	<b>hitsissä</b>
<b>1022</b>	<b>muutosvyöhykkeessä</b>
<b>1023</b>	<b>perusaineessa</b>
<b>Ec=104</b>	<b>kraaterihalkeama</b>
<b>Aa=2011</b>	<b>pallomaisethuokokset</b>
<b>2012</b>	<b>tasaisesti jakautunut huokoisuus</b>
<b>2013</b>	<b>huokosryhmä</b>
<b>2014</b>	<b>huokosjono</b>
<b>Ab=2015</b>	<b>huokoskanava</b>
<b>2016</b>	<b>ontelot</b>
<b>2017</b>	<b>avohuokokset</b>
<b>K=202</b>	<b>kutistumisontelo</b>
<b>2021</b>	<b>makro-ontelot</b>
<b>2024</b>	<b>imuontelo</b>
<b>Bb=3011</b>	<b>kuonaviiva</b>
<b>Ba=3012</b>	<b>kuonasulkeuma</b>
<b>J=303</b>	<b>oksidisulkeuma</b>
<b>H=3041</b>	<b>volframisulkeuma</b>
<b>3042</b>	<b>kuparisulkeuma</b>
<b>4012</b>	<b>liitosvika palkojen välissä</b>
<b>4013</b>	<b>liitosvika hitsin juuressa</b>
<b>D=402</b>	<b>epätäydellinen tunkeuma</b>
<b>F=5011</b>	<b>jatkuva reunahaava</b>
<b>5012</b>	<b>paikallinen reunahaava</b>
<b>5013</b>	<b>juuren muotovirhe</b>
<b>My=502</b>	<b>korkea kupu</b>
<b>504</b>	<b>korkea juuren kupu</b>
<b>5041</b>	<b>paikallinen juuren valuma</b>
<b>Mz=507</b>	<b>sovitusvirhe</b>
<b>509</b>	<b>vajonnut hitsi</b>
<b>Mx=511</b>	<b>vajaa kupu</b>
<b>515</b>	<b>vajaa juuri</b>
<b>517</b>	<b>hitsin jatkokohdan virhe</b>
<b>Ns=601</b>	<b>sytysviat</b>
<b>Nr=602</b>	<b>metalliroiskeet</b>
<b>Nh=604</b>	<b>hionta ja hankaumajälki</b>

## Liite 8. Pareto –pisteytys

	Yritys 1	Yritys 2	Meyer
Mittaus	7	5	5
Menetelmä	9	9	7
Henkilöstö	3	7	9
Kustannus ja aikataulu	5	3	3
Materiaali			
Ympäristö	1	1	1
Koneet/laitteet			