

Opinnäytetyö AMK

Kone- ja tuotantotekniikka

2018

Tomi Sintonen

HITSAAJIEN ARVOA LISÄÄVÄN TYÖSKENTELYN KASVATTAMINEN

Lean-ajattelumallin hyödyntäminen lohkokoonnin
hitsauksessa

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

2018 | 42 sivua, 2 liitesivua

Tomi Sintonen

HITSAAJIEN ARVOA LISÄÄVÄN TYÖSKENTELYN KASVATTAMINEN

Lean-ajattelumallin hyödyntäminen lohkokoonnin hitsauksessa

Opinnäytetyö tehtiin Meyer Turku Oy:n toimeksiantona, ja sen tavoitteena oli tutkia lohkokoontiyksikön hitsaajien työskentelystä syntyvää hukkaa sekä löytää ratkaisuja hukan vähentämiseen. Idea opinnäytetyön aiheeseen syntyi rekrytointikilpailusta muiden työnantajien kanssa ammattitaitoisten hitsaajien osalta, sillä ammattitaitoisia hitsaajia ei ole tarpeeksi kaikkien tarpeisiin eivätkä erilaiset koulutukset pysty tarjoamaan uusia ammattilaisia riittävän nopeasti. Toinen aiheeseen vaikuttanut asia on telakan tavoite modernisoida tuotantoa.

Opinnäytetyö suoritettiin tekemällä ajankäyttötutkimus sekä tarkkailemalla tuotantoa lohkokoontihalleissa. Työskentelyssä hyödynnettiin myös omakohtaista kokemusta lohkokoontiyksikön työjohtotehtävistä sekä teräsrakennetöistä. Niiden ansiosta valtaosa hukkaan johtavista prosesseista oli selvillä jo ennen opinnäytetyön aloittamista, jolloin hukan tunnistamisen sijaan pystyttiin keskittymään sen korjaamiseen.

Parhaat keinot hukan minimointiin saavutetaan lisäämällä järjestystä lohkokoontihalleihin erilaisin keinoin sekä modernisoimalla tuotantoa. Modernisointiin ei tarvita suuria investointeja, vaan esimerkiksi jo käytössä olevan kevytmekanisoinnin lisäämisellä ja automaattisesti toimivilla hitsausmaskeilla voidaan parantaa tuottavuutta.

ASIASANAT:

Hitsaus, Lohkonkoonti, Lean, Tuotanto

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering

2018 | 42 pages, 2 pages in appendices

Tomi Sintonen

INCREASING WELDERS' PRODUCTIVITY BY DECREASING WASTE

Usage of Lean in the block assembly department

This thesis was commissioned by Meyer Turku Oy. The main objective for this thesis was to find waste which originates from welders' work in the block assembly department and find ways to adjust the production so that the procedures that lead to waste will be minimized. The idea for this thesis originated from Meyer Turku's struggle to find professional welders and the desire to modernize their production.

This thesis was performed by inspecting production in the block assembly department and by arranging a work analysis for the welders. Personal knowledge from working as a foreman at a block assembly and experience from metal works were also used. Personal experience provided most of the information regarding waste and gave the opportunity to focus mainly on fixing the waste instead of spending time identifying it.

As a conclusion, the best ways to eliminate waste are the improvisation of overall organization in the block assembly halls and modernizing the production. Modernizing does not necessarily require big investments, as for example simply increasing the use of welding carriers and upgrading welding masks to automatic ones will have an impact on the productivity.

KEYWORDS:

Welding, Block assembly, Lean, Production

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
2 MEYER TURKU	8
2.1 Historia ja nykytilanne	8
2.2 Tulevaisuudennäkymät	9
3 MODERNIN LAIVANRAKENNUKSEN TERÄSTUOTANTO	10
3.1 Yleisesti runkotuotannosta	10
3.2 Yleisimmät hitsausmenetelmät terästuotannossa	10
3.2.1 MAG-täytelankahitsaus	11
3.2.2 Puikkohitsaus	11
3.2.3 Jauhekaarhitsaus	12
3.2.4 Laserhitsaus	12
3.3 Osavalmistus ja -koonti	13
3.4 Lohkokoonti	14
3.5 Suur- ja megalohkokoonti	16
3.6 Rungonkoonti	17
4 LEAN	20
4.1 Määritelmä	20
4.2 Esimerkkejä Leanin käytöstä tekniikan alalla	22
4.2.1 Toyota Production System	22
4.2.2 Meyer Turku	22
5 TYÖNTEON AJANKÄYTÖN SEURANTA	23
6 ARVOA VÄHENTÄVÄ TYÖSKENTELY	25
6.1 Aluevastaava	25
6.2 Tarvikkeiden saatavuus	25
6.2.1 Hitsauslisäaineet	25
6.2.2 Tarvikkeet	26
6.3 Työskentelyn järjestäminen	26
6.3.1 Letkujen sekä koneiden vieminen lohkoihin sekä lohkoissa	26
6.3.2 Työkalujen saatavuus	30
6.4 Huollot sekä korjaukset	31

7 TYÖSKENTELY	32
7.1 Työskentelyn rasittavuus	32
7.2 Hitsauskuljettimet	32
7.3 Hitsauskoneet	34
7.4 Hitsaajien varusteet	35
7.5 Lisäaineiden laatu	37
8 SUUNNITTELU SEKÄ TAHDITUS	38
8.1 Hitsattavien rakenteiden suunnittelu	38
8.2 Tahditus sekä työohjeet	38
9 YHTEENVETO	40
LÄHTEET	41

LIITTEET

Liite 1. Ajankäyttölomake

KUVAT

Kuva 1. Telakan aikajana (Meyer Turku 2018b).	8
Kuva 2. Polvio.	13
Kuva 3. T-palkki.	14
Kuva 4. Tasolohko (Ylitolppa 2016).	15
Kuva 5. Bulbiprofiili.	15
Kuva 6. Suurlohko (Rajavartiolaitos 2013a).	16
Kuva 7. Laiva keulasta päin katsottuna rakennusaltaassa (Rajavartiolaitos 2018b).	17
Kuva 8. Poikittaissuunnassa tapahtuva vesillelasku (Hakai 2016).	18
Kuva 9. Kölinlaskuseremonia Meyer Turun telakalla (Yle 2017).	19
Kuva 10. DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmä (Six Sigma 2018b.).	21
Kuva 11. Lukuisia letkuja sekaisin lohkossa.	27
Kuva 12. Lohkon ulkopuolelta sisäpuolelle tulevia letkuja.	28
Kuva 13. Kuvapari niputetuista ja niputtamattomista välikaapeleista.	28
Kuva 14. Samankaltaiset hitsauskohteet.	33
Kuva 15. 3M™ Speedglas™ Hitsausmaski 9100 MP (3M 2018b.).	36

KUVIOT

Kuvio 1. Yleisimmät häiriöt.

24

TAULUKOT

Taulukko 1. Matka lisäainekaapille.

26

Taulukko 2. Koneiden ja letkujen siirtämiseen kuluva aika 100 hitsaajalta.

29

Taulukko 3. Koneiden ja letkujen siirtämiseen kuluva aika 66 hitsaajalta.

30

Taulukko 4. Koike Aronsonin esimerkkilasku.

33

Taulukko 5. Perinteisen sekä automaattisen hitsausmaskin vertailu.

35

1 JOHDANTO

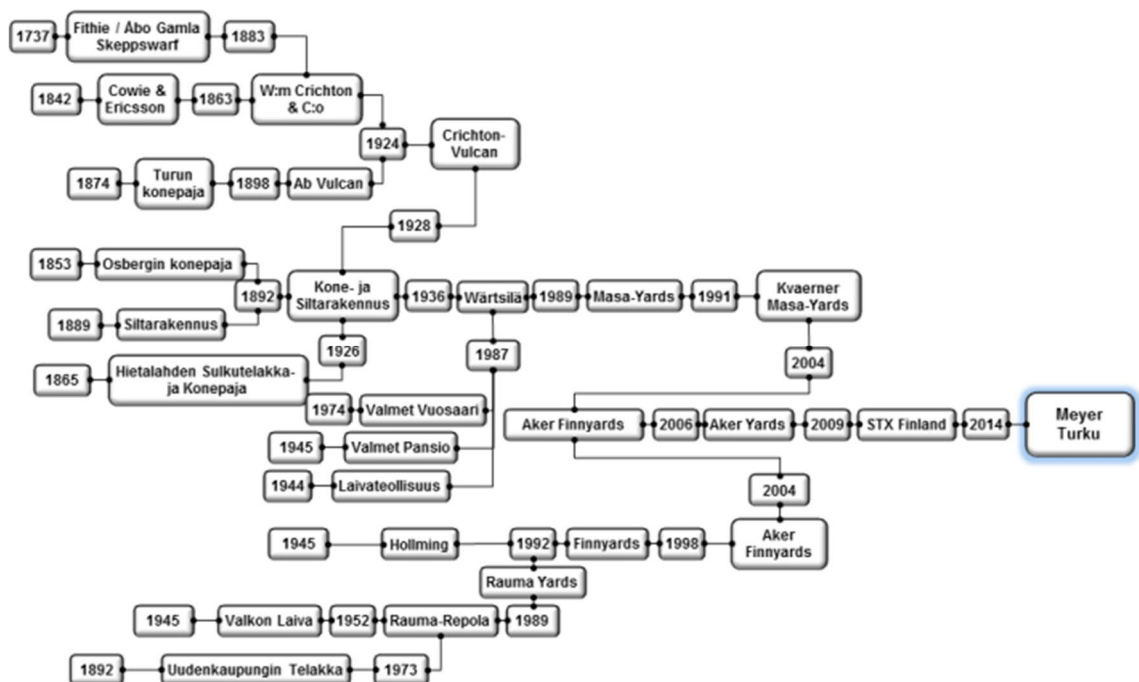
Meriteollisuuden suuri tilauskanta työllistää tällä hetkellä suuren määrän ammattitaitoisia työntekijöitä ympäri Suomen meriklusteria. Alalla on nähtävissä jatkuvaa kasvua, johon uusien työntekijöiden koulutuskapasiteetti ei pysty reagoimaan tarpeeksi nopeasti, ja tilannetta vaikeuttaa yritysten keskinäinen kilpailu ammattitaitoisista työntekijöistä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on käsitellä mahdollisia keinoja, joilla Meyer Turun telakan lohkokoontiosasto pystyy kamppailemaan ammattitaitoisten hitsaajien pulaa vastaan. Työn tarkoituksena on paneutua Lean-ajattelumallin avulla työskentelyssä syntyvään hukkaan ja pyrkiä muuttamaan se arvoa lisääväksi työskentelyksi. Työn tarkoituksena ei ole patistaa hitsaajia tekemään töitä enemmän ja nopeammin.

2 MEYER TURKU

2.1 Historia ja nykytilanne

Laivanrakennuksella on pitkä historia Turussa, sillä nykyisen Meyer Turun telakan toiminnan voidaan katsoa alkaneen noin 300 vuotta sitten. Telakan nimi, omistussuhteet sekä sijainti ovat vaihdelleet vuosien saatossa kuten kuva 1 havainnollistaa. Nykyisen toiminnan aloittajaksi voidaan katsoa liikemiehet Esaias Wechter ja Heinrich Remgean, jotka aloittivat puisten laivojen rakentamisen Aurajoen rannassa Turussa 1737. Telakka pysyi samalla alueella Aurajoen rannassa aina 1980-luvun lopulle asti, mutta viimeiset vuodet siellä ainoastaan varusteltiin vuonna 1976 avatun Pernossa sijaitsevan telakan valmistamia aluksia. (Meyer Turku 2018a.)



Kuva 1. Telakan aikajana (Meyer Turku 2018b).

Vuonna 2014 Pernon telakan silloinen omistaja, STX Finland, päätti myydä telakan saksalaiselle Meyer Werftin perheyhtiölle sekä Suomen valtiolle yhteisomistukseen luoden Meyer Turun telakan. Suomen valtio ei ollut kauaa toiminnassa mukana, sillä jo vuonna 2015 Meyer Werft osti valtion osuuden telakasta itselleen ja päätyi telakan ainoaksi omistajaksi.

2.2 Tulevaisuudennäkymät

Meyer Turun telakan nykyinen tilauskanta ulottuu vuoteen 2024 asti, ja arvion mukaan telakka työllistää noin 7000 ihmistä Suomessa, alihankkijaverkosto mukaan luettuna. Tilauskannan toteuttaminen vaatii myös tuotannon kasvattamista, ja tavoitteena on työllistää 20 000 ihmistä vuoteen 2020 mennessä. (Meyer Turku 2018c.)

Meyer Turulla on tavoitteena kolminkertaistaa tuotantokapasiteetti vuodesta 2014 sekä tulla maailman moderneimmaksi telakaksi. Tätä varten on käynnissä mittava investointiohjelma, joka kattaa esimerkiksi vuonna 2018 valmistuneen 1 200 tonnin pukkinosturin sekä vuonna 2019 valmistuvat uudet osavalmistulinjastot, automaattisen profiilivaraston sekä uuden paneelilinjan. (Tuominen, O. 2017).

3 MODERNIN LAIVANRAKENNUKSEN TERÄSTUOTANTO

3.1 Yleisesti runkotuotannosta

Modernin laivanrakennuksen perustana on ajatus siitä että työn tekeminen laivalla ei ole tehokasta, vaan kannattavampaa on rakentaa mahdollisimman suuri osa esimerkiksi halleissa valmiiksi ja viedä sitten laivalle. Halleissa valmistamisen etuja ovat muun muassa työskentely paremmissa olosuhteissa, logistiikan yksinkertaisempi toteutus tuotannon tukena sekä mahdollisuus valmistaa esimerkiksi kokonainen suurlohko toisessa maassa sijaitsevalla telakalla, jolloin saadaan hyödynnettyä myös sen valmistuskapasiteettia. Tämän seurauksena moderni laivanrakennus muistuttaa rakennuspalikoita. Pienistä rakennuspalikoista tehdään ensin suuria kokonaisuuksia, jotka vasta lopuksi liitetään yhteen luoden valmiin rakennelman vastakohtana sille, että pieniä rakennuspalikoita liitettäisiin yhteen jatkuvasti kasvavaan rakennelmaan.

Laivan runkotuotanto voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen eli terästuotantoon, lohkovarusteluun sekä pintakäsittelyyn. Lohkovarustelun tehtävänä on asentaa esimerkiksi erilaiset putkistot, eristeet sekä koneistomodulit rakennustavassa määritetyissä vaiheissa. Pintakäsittelyn tehtävä on suojata laivan rakenteet maalaamalla ne määritellyistä kohdista. Pintakäsittely suoritetaan jo suurlohkovaiheen jälkeen jättäen suurlohkojen reunat maalaamatta, ja suurlohkojen väliset rajat maalataan valmiiksi rungonkoontivaiheessa. Terästuotannon vaiheet on esitetty tarkemmin seuraavissa luvuissa.

3.2 Yleisimmät hitsausmenetelmät terästuotannossa

Hitsaus on tavallisesti kappaleiden liittämistä yhteen sulattaen perusmateriaalia sekä tarvittaessa lisäainetta. Se on samankaltainen liitostapa kuin juottaminen, mutta juottamisessa sulatetaan ainoastaan lisäainetta. Tavallisesti hitsausta käytetään metallikappaleiden liittämiseen, mutta myös esimerkiksi erilaisia muoveja voidaan hitsata.

Hitsausmenetelmät voidaan jakaa karkeasti viiteen eri pääryhmään, jotka puolestaan voidaan jakaa useampaan eri alaryhmään. Terästuotannossa käytetään pääsääntöisesti ainoastaan muutamaa eri menetelmää, jotka on esitelty seuraavissa luvuissa esimerkkikäyttökohteineen.

3.2.1 MAG-täytelankahitsaus

MAG-hitsaus on lyhenne englanninkielisistä sanoista metal active gas welding. MAG-hitsaus on kaasukaarihitsauksen muoto, jossa lisäaineena käytettävän hitsauslangan ja perusaineen välille luodaan valokaari sähkövirran avulla. Valokaaren korkea lämpötila sulattaa sekä perusainetta että lisäainetta ja sulan metallin suojaamiseen epätoivotuilta kemiallisilta reaktioilta käytetään aktiivista kaasua, joka reagoi hitsisulan kanssa. Yleisesti käytettyjä suojakaasuja ovat hiilidioksidin ja argonin seokset sekä hieman harvinaisemmin käytetty puhdas hiilidioksidi.

MAG-täytelankahitsaus on MAG-hitsauksen muoto, jossa käytettävä lisäainelanka muodostuu putkimaisesta kuoresta sekä sen sisällä olevasta jauhemaisesta täyteaineesta. Hitsauksessa käytetään usein suojakaasuna aktiivista seoskaasua tai hiilidioksidia, mutta myös pelkän täyteaineen käyttäminen hitsin suojauksessa on mahdollista, joskin harvinaista. Täyteaine sulaa hitsatessa muodostaen hitsausauman päälle kuonakerroksen, joka täytyy poistaa. (Esab 2018a.)

MAG-täytelankahitsaus on yksi yleisimmin käytetyistä hitsausmenetelmistä laivanrakennuksessa. Esimerkiksi Allure of the Seas -matkustaja-aluksessa on yhteensä 2,4 km hitsausaamaa, josta suurin osa on hitsattu MAG-täytelankahitsauksena (Kempfi 2018). Sen käyttökohteita on hankala rajata muutamaankin, sillä menetelmää käytetään aina muutaman kilogramman painoisten polvioiden kasaamisesta useiden satojen tonnien painoisten suurlohkojen liittämiseen. Menetelmän suurimpia etuja ovat suuri hitsausaineen tuotto, syntyvän hitsausauman laatu sekä mahdollisuus automatisoida hitsaustyötä.

3.2.2 Puikkohitsaus

Puikkohitsauksessa lisäaineena käytetään pitimeen asetettavaa sydänlangasta ja sitä ympäröivästä päällysteestä muodostuvaa puikkoa. Päällysteen tehtävä on muodostaa

hitisulan päälle suojaava kuonakerros poistaen suojakaasun tarpeen samalla kun valokaari sulattaa sydänlankaa sekä perusainetta. (Esab 2018b.)

Puikkohitsausta käytetään vielä yleisesti laivanrakennuksessa, mutta nykypäivänä MAG-täytelankahitsaus on syrjäyttänyt sen aseman monelta telakalta. Puikkohitsauksen suurimpia etuja ovat tarvittavan laitteiston helppo siirrettävyys, käytettävyys ilman erillistä suojakaasua sekä hitsaussauman laatu. Puikkohitsausta ei voida kuitenkaan automatisoida tehokkaasti, sillä puikko pienenee jatkuvasti, kun sitä käytetään. Hitsaajien osalta yleisimpiä käyttökohteita ovat ulkona suoritettavat korjaustyöt, sillä puikkohitsauksessa ei tarvitse huolehtia suojakaasun katoamisesta tuulisessa ympäristössä.

3.2.3 Jauhekaarhitsaus

Jauhekaarhitsaus on käytännössä aina mekanisoitua, sillä jauhekaarhitsauksessa hitsaaja ei pysty visuaalisesti seuraamaan hitsaustapahtumaa. Jauhekaarhitsaus on nimensä mukaisesti kaarihitsausmenetelmä, jossa paksua lisäainelankaa sulatetaan perusaineeseen jauhekerroksen alla. Jauhekerroksen tehtävä on suojata syntyvää hitsaussaumaa ilmalta, ja MAG-täytelankahitsauksen sekä puikkohitsauksen tapaan jauhe sulaa hitsaussauman päälle muodostaen poistettavan kuonakerroksen. (Esab 2018c.)

Jauhekaarhitsauksen etuina ovat hyvä tunkeuma sekä suuri hitsiaineentuotto. Menetelmää käytetään laivanrakennuksessa esimerkiksi kansilevyjen valmistuksessa, jossa täytyy liittää paksuja teräslevyjä yhteen.

3.2.4 Laserhitsaus

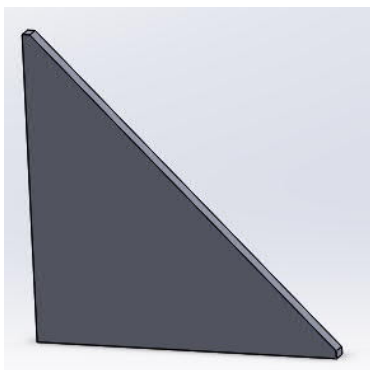
Laserhitsaus ei ole kaarihitsausta edellä mainittujen menetelmien tapaan, vaan siinä käytetään tehokasta laservaloa kappaleiden sulattamiseen. Laserhitsaus voi olla tyypiltään joko syvätunkeutuvaa tai sulattavaa. Sulattavassa laserhitsauksessa laser sulattaa materiaalien pintaa yhdistäen kappaleet, ja syvätunkeutuvassa laserhitsauksessa laser muodostaa kappaleiden väliin niin sanotun avaimenreiän, jonka sivuilta sula materiaali valuu reiän taakse ja jähmettyessään se muodostaa yhtenäisen

kappaleiden väliin. Laserhitsauksessa suojakaasuna käytetään tyypillisesti argonia, heliumia tai näihin pohjautuvia seoskaasuja.

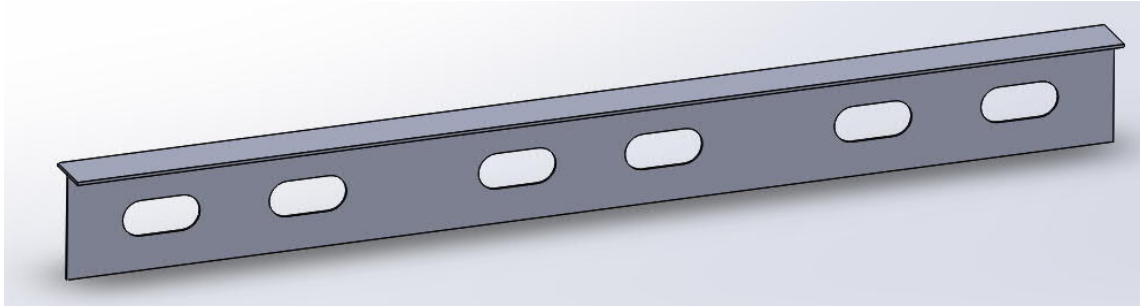
Laserhitsaus on muihin laivanrakennuksessa käytettäviin hitsausmenetelmiin verrattuna suhteellisen uusi. Sen suurimpia etuja ovat vähäinen lämmöntuonti kappaleisiin, tehon portaaton säätö, hyvä tunkeuma syvätunkeumamenetelmässä, hitsausnopeus sekä tarkkuus. Tarkkuus aiheuttaa laserhitsaukselle myös haasteen, sillä kappaleiden toleranssien täytyy olla tarkkoja. Epätarkkoja toleransseja voidaan paikata jonkin verran lisäaineella. Koska laserhitsaus on käytännössä aina automatisoitua, sen yleisimmät käyttökohteet liittyvät prosesseihin mitä toistetaan usein. Yksi esimerkki laserhitsauksen käytöstä on jäykistimien liittäminen kansilevyyn, sillä yksinkertaisimmillaan se on pitkien alapienasaumojen hitsaamista.

3.3 Osavalmistus ja -koonti

Osavalmistuksessa erilaisista levyistä sekä profiileista valmistetaan nimensä mukaisesti myöhemmissä vaiheissa tarvittavia osia. Valmistettavia osia ovat esimerkiksi kuvan 2 tapaiset polviot, kuvan 3 tapaiset T-palkit sekä erilaiset jäykistäjät. Lisäksi osavalmistukseen kuuluu myös erilaisten tarvittavien metallilevyjen leikkaaminen oikean kokoisiksi.



Kuva 2. Polvio.

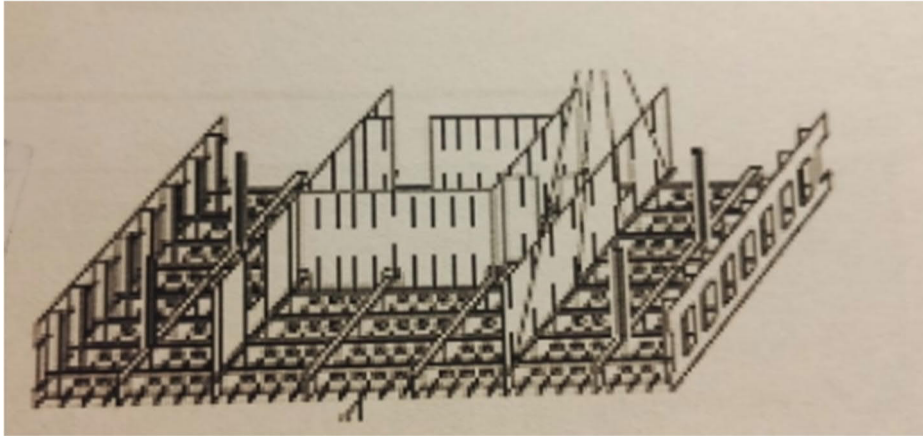


Kuva 3. T-palkki.

Osakoonnissa voidaan hitsata esimerkiksi tarvittavat jäykistäjät kiinni erilaisiin laipioihin sekä ulkolaitoihin. Myöhemmissä vaiheissa säästetään aikaa, kun jäykistäjiä ei tarvitse hitsata hankalissa asennoissa paikoilleen, sillä työ on suoritettu aiemmin tehokkaammalla tavalla. Näin valmis osa voidaan nostaa suoraan paikoilleen asennettavaksi.

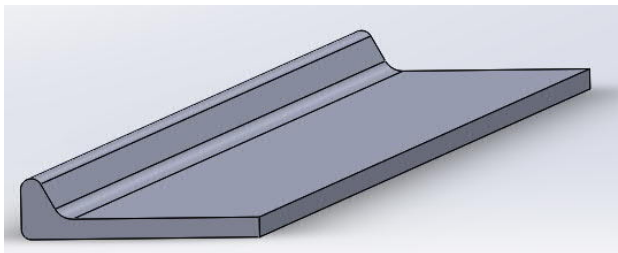
3.4 Lohkokoonti

Lohkokoontivaiheessa valmistetaan ensimmäinen varsinainen kokonaisuus yksittäisistä osista. Lohkotyyppejä on useita erilaisia riippuen siitä, missä kohdassa ne sijaitsevat laivassa. Pääsääntöisesti niitä kaikkia yhdistää suuri koko, esimerkiksi 15 m * 20 m, usean kymmenen tonnin massa sekä se että ne valmistetaan ylösalaisin. Ylösalaisin valmistamisella tarkoitetaan sitä, että lohkot valmistetaan kuvan 4 osoittamalla tavalla, mutta valmis lohko käännetään myöhemmin oikein päin jolloin 'lattia' muuttuu katoksi. Ylösalaisin valmistettaessa osat voidaan laskea paikoilleen sen sijaan että ne pitäisi nostaa ylös, sekä suurin osa hitsauksesta voidaan suorittaa helpommassa alapiena-asennossa yläpiena-asennon sijaan. Alempana on kuvattu yksinkertaistetusti tavallisen tasolohkon valmistustapa.



Kuva 4. Tasolohko (Ylitolppa 2016).

Lohkokoonti alkaa yleensä kansilaattojen koonnilla, jossa erikokoisista paneeleista yhdistetään hitsamalla suurempia kansilaattoja. Kansilaattoihin puolestaan hitsataan automatisoidusti kuvan 5 tapaisesta niin sanotusta bulbiprofiilista katkaistut jäykistäjät.



Kuva 5. Bulbiprofiili.

Seuraavaksi kansilaattoihin asennetaan T-palkit, joiden asennuksessa on käytössä kaksi erilaista toimintatapaa riippuen telakasta. Moderni tapa on käyttää samantapaista automatisointia kuin bulbiprofiilin asennuksessa käytetään, jossa robotti asettaa T-palkit paikoilleen sekä hitsaa ne kiinni kansilaattoihin. Perinteisempi tapa on kuljettaa kansilaatat lohkokoontipaikalle, jossa levysepät asentavat T-palkit paikoilleen, jonka jälkeen hitsaajat hitsaavat ne kiinni joko käsin tai käyttäen kevytmekanisointia.

T-palkkien asennuksen jälkeen osakoonnissa valmistetut laipiot asennetaan paikoilleen ja kiinnitetään hitsamalla. Laipioiden jälkeen lohkoihin asennetaan ulkolaidat, joiden hitsaamisen jälkeen lohko on käytännössä valmis.

Edellä mainittujen vaiheiden lisäksi lohkoihin asennetaan eri vaiheissa myös erilaisia pienosia, kuten lattaprofiilista valmistettuja kansijäykistimiä, polvioita sekä ylösnosto- ja

kääntökorvia. Lohkotyypistä riippuen niihin voidaan asentaa myös esimerkiksi pilareita sekä erilaisia nosto- ja kääntötukia.

3.5 Suur- ja megalohkokoonti

Suurlohkokoonti alkaa tavallisesti lohkojen kääntämisellä oikein päin, jonka jälkeen lohkoista kasataan kuvan 6 tapaisia suurlohkoja. Yksi suurlohko koostuu tavallisesti kahdesta tai useammasta lohkoista. Yhden suurlohkon massa voi olla telakan nosturikapasiteetista riippuen monia satoja tonneja, esimerkiksi Meyer Turun telakalla nostokapasiteetti oli pitkään kuusisataa tonnia, joka rajoitti suurlohkojen rakentamista.



Kuva 6. Suurlohko (Rajavartiolaitos 2013a).

Tavallisesti suurlohkovaiheen jälkeen lohkot kuljetetaan rungonkoontiin, mutta moderni mahdollisuus on rakentaa myös niin sanottuja megalohkoja. Megalohkot ovat suurlohkoja kookkaampia kokonaisuuksia, ja esimerkiksi Meyer Turun telakalle rakennettiin tuhat kaksisataa tonnia nostava pukkinosturi, joka mahdollistaa kaksi kertaa suurlohkoa isomman megalohkon rakentamisen.

3.6 Rungonkoonti

Rungonkoonnin jälkeen laiva lasketaan vesille, joten rakennusalusta vaihtelee telakasta ja laivan koosta riippuen. Tyypillisimpiä rakennusalustoja suurille laivoille ovat kiinteät allastelakat, eli kuvan 7 kaltaiset rakennusaltaat sekä pituus- tai sivuttaissuunnassa toimivat vetotelakat. Molemmat mainituista rakennusalustoista voivat olla ulkoilmassa tai suurien hallien sisällä. Rakennusalustasta riippumatta rakennustapa on pääpiirteittäin sama, eli suur- tai megalohkot nostetaan suurilla nostureilla paikoilleen ja liitetään toisiinsa hitsaamalla.

Kiinteät allastelakat toimivat samalla periaatteella kuin kanavoissa olevat sulut, eli niissä on portit, jotka voidaan sulkea ja allas voidaan pumpata tyhjäksi. Vesillelasku tapahtuu aukaisemalla venttiili, jolloin altaaseen virtaava vesi alkaa nousemaan viereisen vesistön tasolle ja laiva alkaa kellua, kun vedenpinta saavuttaa sen syväystä vastaavan korkeuden.



Kuva 7. Laiva keulasta päin katsottuna rakennusaltaassa (Rajavartiolaitos 2018b).

Vetotelakat hyödyntävät vesillelaskussa kaltevia pintoja. Laiva rakennetaan joko pituus- tai poikittaissuunnassa olevien kaltevien kiskojen päälle käyttäen kelkkoja, jolloin valmis laiva voidaan painovoimaa ja tarvittaessa hinaajia hyödyntäen laskea vesille. Poikittaissuuntaista vetotelakkaa käytetään harvoin matkustaja-alusten rakentamiseen,

mutta esimerkiksi kuvan 8 tapaisten rahtilaivojen ja sota-alusten rakennuksessa se on yleisesti käytössä. Poikittaissuuntaisten vetotelakoiden vähäinen käyttö matkustajalusten rakentamisessa johtuu osittain vesillelaskun aiheuttamista suurista rasituksista, tarvittavasta vakaudesta sekä eri rakennusaloja käyttävien telakoiden erikoistumisesta tietynlaisiin aluksiin.



Kuva 8. Poikittaissuunnassa tapahtuva vesillelasku (Hakai 2016).

Rungonkoonnin yhteydessä tapahtuu tavallaan myös laivan rakennuksen ensimmäinen vaihe, sillä nykypäivänä kölinlasku tarkoittaa käytännössä sitä kun ensimmäinen suurta megalohko lasketaan rakennuspaikalle. Vaikka ennen kölinlaskua laivaan on voitu rakentaa jopa useita lohkoja valmiiksi, katsotaan laivan rakennuksen alkaneen vasta kölinlaskusta. Kölinlasku on merkittävä tapahtuma, jota usein juhlistetaan kuten kuvassa 9 näkyy.



Kuva 9. Kölinlaskuseremonia Meyer Turun telakalla (Yle 2017).

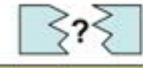




Kölinlaskupäivän perusteella määritetään esimerkiksi mitä säädöksiä laivan tulee noudattaa, joten yksi suurlohko voidaan esimerkiksi valmistaa jopa vuosia ennen varsinaista laivaa, jolloin käyttöönotettaessa voidaan noudattaa vanhempia määräyksiä kuin mitä laivan valmistuessa on voimassa.

4 LEAN

4.1 Määritelmä

Lean on johtamisfilosofia, jossa keskitytään käsittelemään yrityksen toimintaa kokonaisuutena perinteisen mallin sijaan, jossa johtamista ja prosessien parantamista käsitellään erillisinä osa-alueina. Lean-ajattelumallin mukaan ensin pitää ymmärtää mitä ollaan tekemässä, jonka jälkeen voidaan miettiä miten omassa organisaatiossa toimitaan. Yksi keskeisistä asioista on hukkan, eli yleisesti turhan työn, poistaminen prosesseista. Hukka voidaan korjata, mutta se ei tarkoita sitä että alun perin hukkan syntyyn johtavaa prosessia olisi parannettu. lähde?

Lean-filosofia on saanut alkunsa Toyotalla käytössä olevasta *Toyota Production System* -järjestelmästä. Länsimaissa tunnetuimpia Lean-filosofioita ovat *Six Sigma* sekä *5S*. Six Sigma on suorituskyvyn parannusmenetelmä, joka keskittyy vaihtelun pienentämiseen. Pienentämällä vaihtelua saadaan vähennettyä hukkaa, joka puolestaan kasvattaa virtausta. Six Sigmassa käytetään DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmää, jonka nimi tulee prosessin etenemisen englanninkielisistä vaiheista; Define, Measure, Analyze, Improve ja Control eli suomeksi määrittele, mittaa, analysoi, paranna ja ohjaa. DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmän toiminta on esitetty kuvassa 10. Toinen Six Sigmassa käytettävä menetelmä on koesuunnittelu DOE, jonka nimi tulee englanninkielien sanoista Design of Experiements. Koesuunnittelussa pyritään toteuttamaan suuri määrä kokeita pienellä määrällä testiajoja, ja kokeiden tarkoitus on selvittää syy-seuraussuhteita muuttujien ja tulosten välillä. (Six Sigma 2018a.)

PROSESSIN PARANNUS LEAN SIX SIGMALLA		
Lean Six Sigman vaiheet	Prosessin parannus	Prosessin suunnittelu/uudelleen suunnittelu
 1. MÄÄRITTELY	<ul style="list-style-type: none"> Tunnista ongelma Määrittele vaatimukset Aseta tavoite 	<ul style="list-style-type: none"> Tunnista onko suppeat vai laajat ongelmat Määrittele tavoite/muutos visio Selkeytä ongelman laajuus ja asiakasvaatimukset
 2. MITTAUS	<ul style="list-style-type: none"> Kelpuuta ongelma/prosessi Viimeistele ongelma/tavoite Mittaa avainkohdat/inputit 	<ul style="list-style-type: none"> Mittaa vaatimusten suorituskyky Kerää prosessin hyötysuhteen määrittelyssä tarvittavaa dataa
 3. ANALYSOINTI	<ul style="list-style-type: none"> Luo syy-seuraus hypoteesi Tunnista keskeiset ydinsyyt Kelpuuta hypoteesit 	<ul style="list-style-type: none"> Tunnista "paras käytäntö" Arvioi prosessisuunnitelmaa <ul style="list-style-type: none"> arvon/ei-arvon lisäys pullonkaulat/katkokset vaihtoehtoiset "polut" Viimeistele vaatimuksia
 4. PARANNUS	<ul style="list-style-type: none"> Luo idea, kuinka ydinsyyt poistetaan Testaa ratkaisu Standardisoi ratkaisu Mittaa tulos 	<ul style="list-style-type: none"> Suunnittele uusi prosessi <ul style="list-style-type: none"> haasteelliset oletukset käytä luovuutta virtausperiaate Toteuta uusi prosessi, rakenteet ja systeemit
 5. OHJAUS	<ul style="list-style-type: none"> Luo standardimittaukset ylläpitämään suorituskykyä Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy 	<ul style="list-style-type: none"> Luo mittaukset ja katselmoi ylläpitääksesi suorituskyvyn Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy

Kuva 10. DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmä (Six Sigma 2018b.).

5S muodostuu viidestä eri osa-alueesta, joiden kaikkien nimi alkaa japaniksi s-kirjaimella. Ensimmäinen osa-alue *Seiri*, eli lajittelu, tarkoittaa kaikesta työn kannalta turhasta luopumisesta. Toinen osa-alue on *Seiton* eli järjestäminen, jolla tarkoitetaan selkeään sekä tehokkaan varastoinnin luomista asioille. Kolmas osa-alue on *Seiso*, joka tarkoittaa puhdistamista, eli esimerkiksi oman työpisteen pitämistä siistinä. Neljäs osa-alue on *Seiketsu*, eli standardisointi, jolla tarkoitetaan toimintatapojen luomista kolmen edellisen osa-alueen toteuttamiseksi. Viides ja viimeinen osa-alue on *Shitsuke*, eli sitoutuminen neljään edelliseen osa-alueeseen, sillä 5S ei toimi jos sitä ei noudateta jatkuvasti. (Väisänen, J. 2013.)

4.2 Esimerkkejä Leanin käytöstä tekniikan alalla

4.2.1 Toyota Production System

TPS:in peruskohtia ovat tarvittavien materiaalien toimittaminen juuri oikeaan aikaan eli Just-in-time sekä Jidoka, joka tarkoittaa suomennettuna ihmisavusteista automatiota, mutta sillä tarkoitetaan myös ongelmien esiintuomista sekä niiden korjaamista. Järjestelmän avulla Toyotan on tarkoitus tuottaa korkealaatuisia tuotteita sekä palveluita kustannustehokkaasti ja toimittaa tuotteet asiakkaalle juuri silloin kun niitä tarvitaan. TPS:in kehitys aloitettiin 1900-luvun puolivälissä Japanissa, ja se on vaikuttanut käytännössä kaikilla elinkeinoelämän aloilla. (Toyota 2018.)

4.2.2 Meyer Turku

Meyer Turun telakalla Lean-ajattelumalli on käytössä esimerkiksi terästuotannossa. Lohkokoonnissa levysepät asentavat lohkon tulevat osat noudattaen suunniteltuja tahteja, jolloin yksi tahti voi olla esimerkiksi paapuurin puoleisten T-palkkien asentaminen. Sen jälkeen seuraava tahti voi olla tyyrpuurin puoleisten T-palkkien asentaminen vastakohtana vanhalle toimintatavalle, jossa kaikki T-palkit asennetaan suunnittelemattomasti.

Osavalmistuksen sekä lohkokoonnin yhteistyö on pyritty toteuttamaan niin että osavalmistus valmistaa tahdin tarvitsemat osat hieman ennen kuin niitä tarvitaan lohkokoonnissa, jolloin osien varastointipaikat eivät täyty osista mitä ei tarvita vielä. Osien varastointi toteutetaan vastaamaan levyseppien noudattamia tahteja lohkokoonnissa, eli yhdelle lavalle pakataan ainoastaan yhden tahdin osia. Näin tarvittavat osat saadaan oikeaan aikaan oikealle paikalle vähentäen varastoinnin tarvetta, eikä levysepiltä kulu aikaa tarvittavien osien etsimiseen sekalaisesta kasasta täynnä toisiaan muistuttavia osia.

5 TYÖNTEON AJANKÄYTÖN SEURANTA

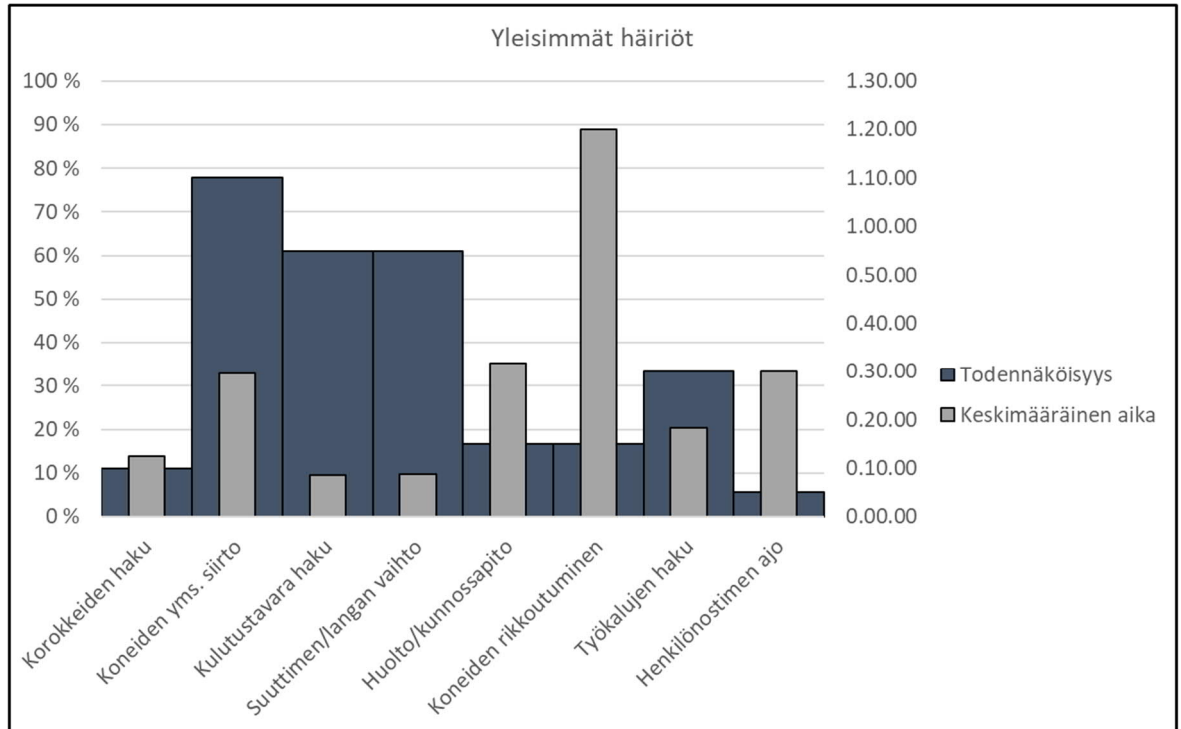
Ajankäytön tutkimus aloitettiin käyttäen nimettömänä täytettäviä ajankäyttölomakkeita, joiden täyttäminen sekä palauttaminen oli vapaaehtoista. Otantaan valittiin kaikki lohkokoonnin hitsaajat ja täytetyn lomakkeen palautuksesta tarjottiin pieni palkkio, jotta otos saataisiin mahdollisimman suureksi. Aikaa lomakkeen täyttämiseksi annettiin yhdeksän työpäivää, ja lomakkeeseen tuli valita kolme päivää minkä osalta lomaketta täytettiin. Täyttöaika ja täytettävien päivien määrä valittiin siten, että hitsaajat saivat valittua täytettävät päivät mahdollisimman normaaleiksi ja poikkeustilanteiden, kuten koko päivän pituisten pekkasten ja tavallisesta poikkeavien työpäivien määrä, saatiin minimoitua.

Seurantalomakkeella pyrittiin keräämään tietoa seuraavista asioista:

- Hitsausmaun määrä päivässä erilaisissa asennoissa sekä manuaalisesti hitsatessa että mekanisoidusti
- Kaariaika eli aika, joka kului pelkkään hitsaukseen ilman lisätoimenpiteitä
- Aika, joka kului eri viimeistelyasteiden mukaiseen viimeistelyyn
- Erilaisista yleisistä häiriöistä tai muista toimenpiteistä:
 - Hitsauskoneiden sekä erilaisten letkujen ja kaapelien siirtoon kuluva aika
 - Yleisten kulutustavaroiden hakujen määrä sekä niihin kuluva aika
 - Erilaisten työkalujen hakujen määrä sekä niihin kuluva aika
 - Yleiset huoltotoimenpiteet
 - Hitsauskoneiden ja erilaisten kaapelien sekä letkujen rikkoutumiseen kuluva aika

Seurantalomakkeiden palautusprosentti jäi odotettua pienemmäksi sekä täytössä ilmeni puutteita, joten hitsauksesta ei saatu kerättyä vertailukelpoista dataa. Yleisimmistä häiriötekijöistä saatiin kuitenkin jonkin verran tietoa, jota pystyttiin hyödyntämään tässä tutkimuksessa. Tietoa saatiin yhteensä 18 päivältä, joiden perusteella saatiin selvitettyä todennäköisyys häiriön esiintymiselle päivän aikana sekä keskimääräinen häiriöstä aiheutuva keskeytys kuten kuvio 1 osoittaa. Virhemarginaalia ei pystytty määrittämään, joten kuvio antaa ainoastaan karkean käsityksen tilanteesta. Esimerkiksi satunnaisesti

valittujen hitsaajien mukaan he hakevat tavallisen päivän aikana keskimäärin 2 lisäainekelaa, mutta kuvion tietojen perusteella todennäköisyys joutua hakemaan lisäainekela olisi ainoastaan noin 60 %.



Kuvio 1. Yleisimmät häiriöt.

Meyer Turku toteutti myös ulkopuolisen palvelun kautta vastaavan työntutkimuksen, jonka tulokset olivat yhteneviä tätä opinnäytetyötä varten tehdyn tutkimuksen kanssa.

6 ARVOA VÄHENTÄVÄ TYÖSKENTELY

6.1 Aluevastaava

Meyer Turun telakalla on käynnissä projekti, jossa on tarkoituksena selvittää mahdollisuuksia hyödyntää niin sanottua aluevastaavaa. Aluevastaavan työtehtäviin kuuluisi mahdollistaa työskentely Lean-ajatusmalliin perustuen, eli tehdä esimerkiksi erilaisia valmisteluita, jotka auttavat hitsaajien sekä levyseppien arvoa lisäävää työskentelyä. Aluevastaavan työnkuvaa ei määritellä sen tarkemmin tässä raportissa, mutta osa kappaleista esittää miten aluevastaavaa voisi hyödyntää hitsaajien apuna.

6.2 Tarvikkeiden saatavuus

6.2.1 Hitsauslisäaineet

Lisäaineita on saatavilla sekä päävarastosta, että osassa halleista hallikohtaisista varastoista. Hallikohtaiset varastot sijaitsevat kuitenkin monissa pisteissä epäkäytännöllisen kaukana sieltä, missä hitsauslisäaineita tarvitaan. Yhden lisäainekelan hakemisesta voi tulla yhteensä yli 250 metrin kävelymatka, ja yksi hitsaaja voi käyttää päivän aikana jopa kolme kelallista lisäainetta, jolloin kävelyä voi syntyä päivän aikana yli 750 metriä. Siirtämällä hallikohtaiset varastot keskeisemmille paikoille sekä lisäämällä niiden määrää tai käyttämällä lohko kohtaisia siirrettäviä lisäainetelineitä tai -kaappeja saadaan minimoitua lisäaineiden hakemiseen kuluvaa aikaa. Lohko kohtaisia siirrettäviä telineitä käyttämällä hallikohtaiset varastot voitaisiin muuttaa väli varastoiksi, joista aluevastaava voisi täyttää siirrettäviä telineitä tarpeen mukaan.

Lohkopaikkoja, joista syntyy 250 metrin edestakainen kävelymatka, on useita, ja taulukon 1 laskun mukaan yksi työntekijä sellaisessa lohko paikassa luo vuoden aikana 12,5 tunnin häiriön pelkästä kävelystä hakemalla yhden lisäainekelan päivässä.

Taulukko 1. Matka lisäainekaapille.

Kävelymatka (m)	250
Kävelynopeus (m/s)	1,4
Kulunut aika päivässä (s)	178,6
Vuoden (251 pv) aikana (h)	12,5

Todellisuudessa vastaavissa lohkoissa työskentelee useita hitsaajia kahdessa vuorossa, ja lisäainekeloja saatetaan joutua hakemaan enemmän kuin yksi vuoron aikana per henkilö. Vaikutus on merkittävä, mutta arviota ei pystytty saatavilla olleiden lähtötietojen perusteella laskemaan, sillä hitsaajien määrä lohkoissa vaihtelee lohkotyyppin sekä kuormitustilanteen mukaan.

6.2.2 Tarvikkeet

Yleisesti tarvittavia tarvikkeita on tällä hetkellä saatavilla jokaisesta hallista, mutta niiden hakeminen luo keskeytyksen työskentelyyn. Osa tarvikkeista tarvitaan vain tietyissä työvaiheissa, jolloin linjastonhoitajan olisi mahdollista tuoda ne etukäteen työkohteen luokse ja säästää hitsaajalta niiden hakemiseen kuluva aika. Tällaisia tarvikkeita ovat esimerkiksi erilaiset juurituet sekä tietyissä työkohteissa tarvittavat aloitus- ja lopetuspalat.

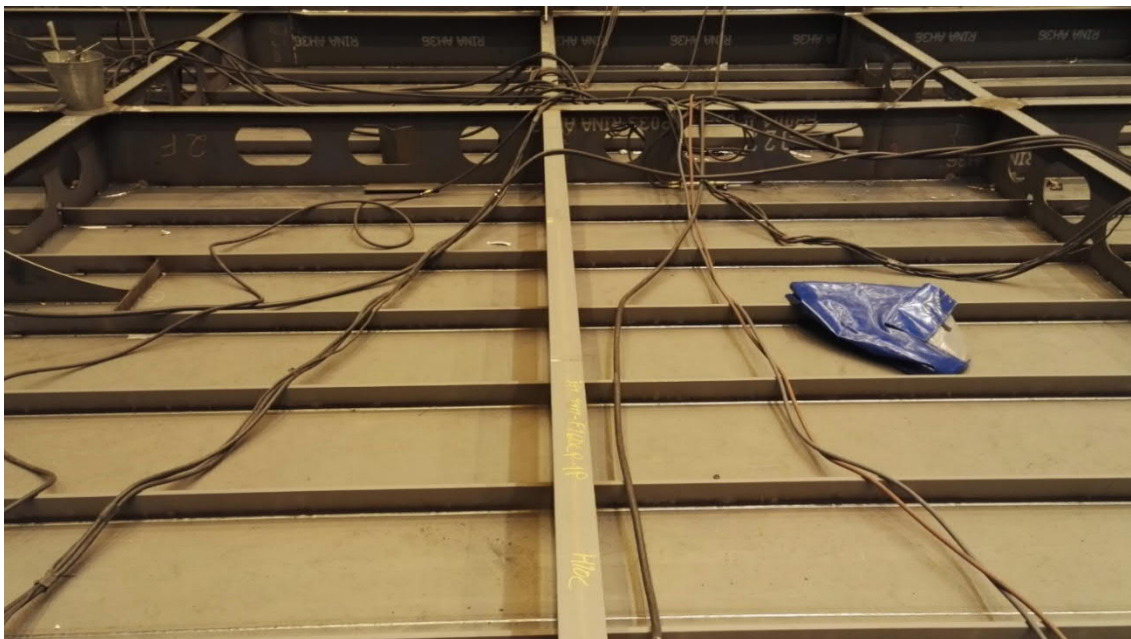
6.3 Työskentelyn järjestäminen

6.3.1 Letkujen sekä koneiden vieminen lohkoihin sekä lohkoissa

Ajankäyttötutkimuksen perusteella yleisin työhön kohdistuva häiriö on koneiden tai letkujen siirto 78% todennäköisyydellä ja noin 30 minuutin päivittäisellä kestolla.

Tällä hetkellä tarvittavat koneet, kaapelit sekä letkut sijoitetaan kuvan 11 mukaisella tavalla usein siihen, mihin ne saa nopeasti lähelle hitsauskohdetta. Nopea sijoituspaikka mahdollistaa töiden nopean aloituksen kohteessa, mutta tilanteesta syntyy häiriötekijöitä levyseppien työskennellessä samassa lohkoissa. Koneet, kaapelit sekä letkut saattavat sijaita esimerkiksi laipion tai laipioryhmän kohdalla, jolloin levyseppien aloittaessa laipion tai laipioiden asennus täytyy koneet, kaapelit sekä letkut järjestää uudelleen. Tilanne

saattaa toistua uuden laipion asennuksen yhteydessä, jolloin häiriöiden määrä sekä kesto kasvavat kumulatiivisesti saman häiriön toistuessa.

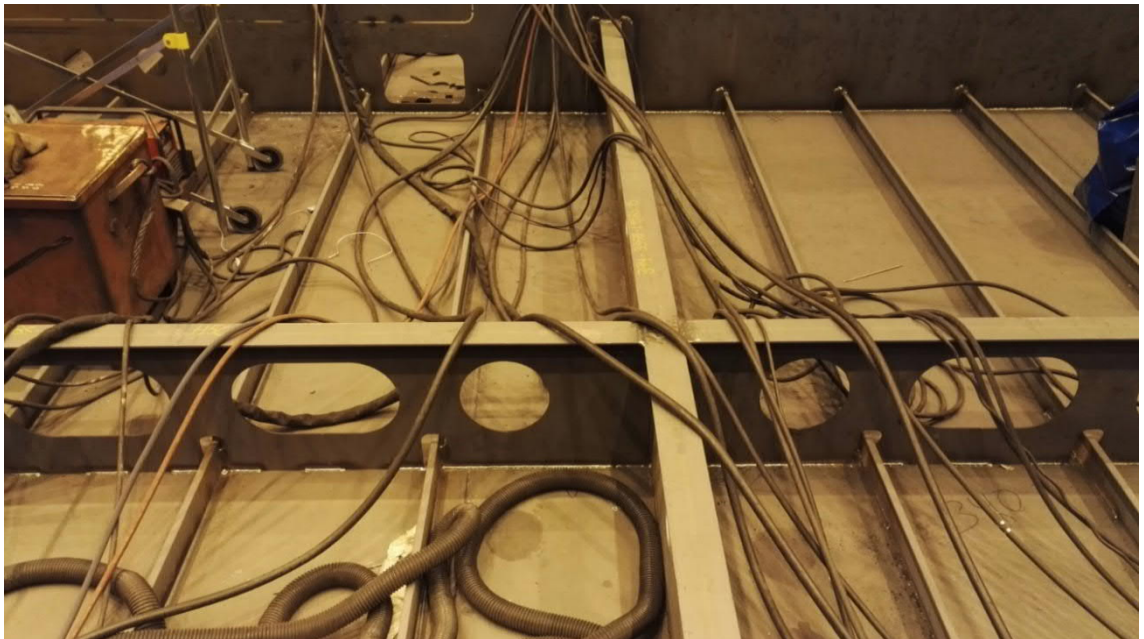


Kuva 11. Lukuisia letkuja sekaisin lohkoissa.

Sijoittamalla koneet, kaapelit sekä letkut alusta alkaen pois levyseppien tulevien asennuskohteiden tieltä piirustusten mukaan, tai mahdollisimman helposti siirrettäviksi, jos kokonaan tieltä sijoittaminen ei ole mahdollista, saadaan vähennettyä hitsaajien työskentelyyn kohdistuvien häiriöiden määrää tai kestoja. Jotta laipioiden sijaintien selvittämiseen piirustuksista ei kulu aikaa, voi esimerkiksi linjastonhoitaja tai työnjohtaja merkitä punaisella liidulla viivan osoittaakseen kohdan minkä yli letkut eivät saa kulkea. Lisäksi koneiden, kaapelien sekä letkujen sijoittaminen lohkoihin tulisi tehdä niin että siirtyminen seuraavaan työkohteeseen sujuu mahdollisimman jouheasti mahdollisimman vähällä edestakaisella kuljetuksella.

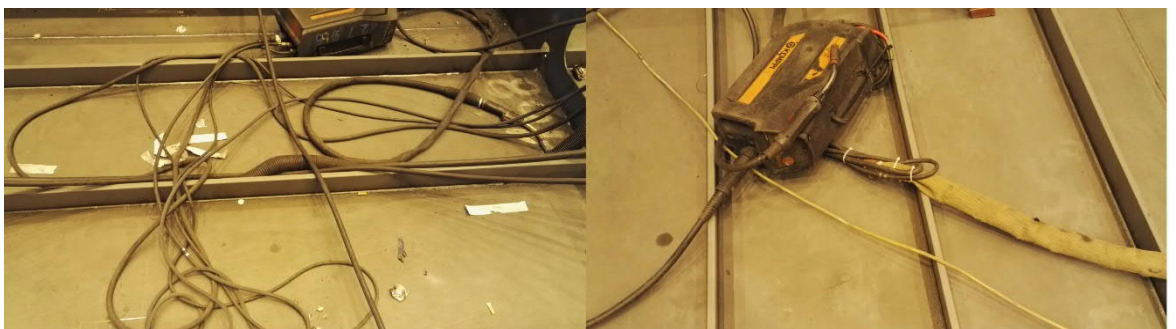
Mahdollisuuksien mukaan olisi hyvä käyttää lohkoihin käytännöllisesti sijoiteltavia pääsyöttöjä esimerkiksi hengitysilmalle, paineilmalle sekä savukaasuimureille sen sijaan, että jokainen ottaisi erikseen lohkon ulkopuolelta tarvitsemansa letkut lohkon sisälle kuvan 12 osoittamalla tavalla. Pääsyöttöjen ja runkolinjojen välillä kulkevat letkut tulisi suojata esimerkiksi suojaspiraalilla tai vastaavalla, jotta niiden kestävyys saadaan maksimoitua rikkoutumisen estämiseksi. Pääsyöttöjä käyttämällä letkujen pituutta saataisiin vähennettyä sekä ne saataisiin paremmin järjestykseen, joka helpottaisi alkuasetusta, työkohteesta toiseen siirtymistä sekä letkujen poiskeräystä. Pääsyötöt

voitaisiin esimerkiksi sijoittaa mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman lähelle lohkojen keskiosia, tai PS sekä SB laidoille erilliset pääsyötöt.



Kuva 12. Lohkon ulkopuolelta sisäpuolelle tulevia letkuja.

Järjestystä saadaan lisättyä niputtamalla hitsauskoneiden virtalähteistä lankakoneisiin menevät välikaapelit esimerkiksi samanlaisten palosuojattujen suojakankaiden sisälle kuin mitä osa alihankkijayrityksistä käyttää. Lisäksi suojakankaat suojaavat välikaapeleita rikkoutumiselta, ja letkuista poikkeavan ulkonäön avulla auttavat erottamaan hitsauskoneen välikaapelit esimerkiksi raitisilma- sekä paineilmaletkuista kuten kuva 13 osoittaa.



Kuva 13. Kuvapari niputetuista ja niputtamattomista välikaapeleista.

Hitsaajat saattavat tarvita työkohteessa useampaa pneumaattista työkalua, mutta työkaluja käytetään yksitellen. Työkohteeseen vedettävien paineilmaletkujen määrää

saadaan siis entisestään vähennettyä tuomalla pääsyötöstä kohteeseen yksi paineilmaletku, joka haaroitetaan esimerkiksi pikaliittimillä varustetulla Y-haaralla. Y-haara vaatii lisäksi lyhyen väliletkun, jolla työkalu saadaan kytkettyä siten että sen käyttö on sujuvaa.

Taulukossa 2 on esitetty koneiden sekä letkujen siirtämisestä koituvan häiriön päivittäinen laajuus 100 hitsaajan vahvuudella käyttäen ensimmäisestä ajankäyttötutkimuksesta saatuja tietoja. Lisäksi on esitetty 5 minuutin intervalleilla, kuinka paljon aikaa päivässä voidaan säästää nopeuttamalla koneiden sekä letkujen siirtoa.

Taulukko 2. Koneiden ja letkujen siirtämiseen kuluva aika 100 hitsaajalta.

	Nykytilanne	5 min säästö	10 min säästö	15 min säästö	20 min säästö	25 min säästö
Kuluva aika päivässä (h:mm:ss)	0.30.00	0.25.00	0.20.00	0.15.00	0.10.00	0.05.00
Hitsaajien määrä	100					
Todennäköisyys	78 %					
Kuluva aika päivässä yhteensä	39:00:00	32:30:00	26:00:00	19:30:00	13:00:00	6:30:00
Säästetty aika päivässä verrattuna alkuperäiseen tilanteeseen		6:30:00	13:00:00	19:30:00	26:00:00	32:30:00

Nykytilanteen mukaan päivässä syntyy yhteensä lähes yhden 40 tunnin työviikon edestä häiriötä, ja jo hieman yli 5 minuutin parannuksella olisi mahdollista lisätä työskentelyä yhden henkilön päivittäisen työpanoksen verran.

Yhteen halliin on tulossa niin sanotut *service portaalit*, josta letkut sekä koneet saadaan nopeasti laskettua lohkoihin. Portaalien vaikutuksia ei tässä raportissa pystytä tutkimaan, joten alla olevassa taulukossa 3 on esitetty edellistä vastaava tilanne kahden muun hallin osalta vähentämällä hitsaajien määrää kolmasosalla.

Taulukko 3. Koneiden ja letkujen siirtämiseen kuluva aika 66 hitsaajalta.

	Nykytilanne	5 min säästö	10 min säästö	15 min säästö	20 min säästö	25 min säästö
Kuluva aika päivässä (h:mm:ss)	0.30.00	0.25.00	0.20.00	0.15.00	0.10.00	0.05.00
Hitsaajien määrä	66					
Todennäköisyys	78 %					
Kuluva aika päivässä yhteensä	25:44:24	21:27:00	17:09:36	12:52:12	8:34:48	4:17:24
Säästetty aika päivässä verrattuna alkuperäiseen tilanteeseen		4:17:24	8:34:48	12:52:12	17:09:36	21:27:00

Kahden hallin osalta päivässä yhteensä syntyvän häiriön pituus on hieman yli kolme työpäivää, ja yhden työpäivän tuntimääräinen säästö vaatisi lähes 10 minuutin säästön keskimääräisessä yksittäisen häiriön kestossa.

6.3.2 Työkalujen saatavuus

Ajankäyttötutkimuksessa selvisi yhden työkalun hakureissun kestävän keskimäärin noin 20 minuuttia, joka kertoo joko työkalujen hankalasta sijainnista tai epäjärjestyksestä. Vertailun vuoksi lisäaineet sekä kulutustarvikkeet sijaitsevat järjestelmällisesti tietyissä paikoissa, jolloin niiden hakemiseen kului saman tutkimuksen mukaan 5 – 15 minuuttia keskiarvon ollessa hieman alle yhdeksän minuuttia.

5S -ajatusmallin mukaan yksi tuottavuuden peruskivistä on *seiton*, eli systematisointi. Systematisoinnilla tarkoitetaan järjestyksen luomista, eli tavaroiden järjestämistä selkeästi sekä helposti tavoitettaviksi. Pelkkä systematisointi ei kuitenkaan riitä, sillä hyvin järjestetyt säilytystilat eivät hyödytä mitään, ellei työkaluja myös palauteta oikeille paikoille käytön jälkeen. 5S -ajatusmallin viimeinen peruskivi on *shitsuke* eli seuranta. Seurannalla tarkoitetaan 5S -ajatusmallin ylläpitoa, eli esimerkiksi tavaroiden palauttamista niiden omille paikoille.

Tarvittavia työkaluja tulisi siis varata riittävästi hallin tarpeisiin nähden, järjestää niille selkeät säilytyspaikat sekä seurata, että työkalut myös palautuvat säilytyspaikoilleen tarpeen päätyttyä.

Halleihin on asetettu kulkukorteilla toimivat kaapit, mutta ne ovat vielä kehitysvaiheessa. Kaappien sisältö ei vastaa vielä todellisia tarpeita, vaan niissä esiintyy puutteita joita korjataan mahdollisuuksien mukaan.

6.4 Huollot sekä korjaukset

Hitsauskoneiden huollossa on ilmennyt ongelmaksi vikaa kuvaavien huoltokaavakkeiden puuttuminen tai täyttämättä jättäminen, jonka seurauksena vika saattaa jäädä jopa kokonaan korjaamatta ja viallinen hitsauskone saattaa päätyä takaisin käyttöön huollettuna, vaikka se ei todellisuudessa sitä olisi. Hitsauskoneessa voi olla esimerkiksi vika, joka ilmenee vasta pidemmässä käytössä tai monitoimikaapelin ollessa tietyssä asennossa, mutta koneen päätyessä huoltoon ja huoltoyksikön testatessa sitä kone voi käyttäytyä normaalisti ja sanallinen kuvaus viasta voi olla unohtunut tai sellaista ei ole edes annettu. Hitsauskoneen rikkoutuminen luo aina häiriön työskentelyssä, ja esimerkiksi viallisen hitsauskoneen saaminen takaisin 'huollettuna' laskee kumulatiivisesti arvoa lisäämättömän työn määrää.

Huoltotoiminnan luomaan hukkaan vaikuttaa myös viallisten koneiden keräyspiste sekä huollettujen koneiden varastopiste. Keräyspisteet sijaitsevat halleissa, joihin vialliset koneet ovat nopea toimittaa, mutta suurin osa huolletuista koneista sijaitsee hitsauskonehuollon tiloissa. Huoltoihin sekä korjauksiin kuluva aika saadaan vähennettyä linjastonhoitajan avulla sekä sijoittamalla halleihin pisteet, joissa sijaitsee huollettuja varakoneita ja monitoimikaapeleita. Linjastonhoitaja voi esimerkiksi tuoda uuden koneen rikkoutuneen tilalle, ja viedä rikkoutuneen koneen huoltoon mahdollisimman kattavan vikailmoituksen kera, tuoda ehjän vaihtoletkun tai toimittaa esimerkiksi uuden monitoimikaapelin.

7 TYÖSKENTELEY

7.1 Työskentelyn rasittavuus

Lyhyellä tähtämellä tarkisteltuna voi vaikuttaa hyvältä ratkaisulta pyrkiä kasvattamaan kaariaikaa minimoimalla kaikki työskentelyn kannalta turha liikkuminen. Hitsaajien ei voida kuitenkaan olettaa työskentelevän edes optimaalisissa tilanteissa töiden aloittamisesta seuraavaan taukoon asti ilman keskeytyksiä, sillä hitsaaminen lohkokoonnissa vaatii usein työskentelyä epäergonomisissa asennoissa. Jos tarvikkeiden yms. hakuun kuluva aika minimoidaan, tarvitsee hakujen aikana tapahtuva venyttely suorittaa toisella tapaa, jotta rasittavasta työskentelystä ei koidu työterveysongelmia.

Esimerkiksi Meyer Turku Oy:n toimistotyöntekijöiden käytössä oleva Break Pro taukoliikuntaohjelma on saatavilla sekä Android että iOS -käyttöjärjestelmille, jolloin ohjelmisto olisi mahdollista tarjota niiden halukkaiden käyttöön, joilla on yhteensopiva älypuhelin. Taukoliikuntaa ei voida kuitenkaan jättää pelkästään mobiilisovelluksen varaan, vaan tarjolla tulisi olla myös esimerkiksi fysioterapeuttien suunnittelemat venyttelyohjeet sekä infograafi taukoliikunnan hyödyistä. Venyttelyohjeet sekä infograafi tulisi sijoittaa näkyville paikoille esimerkiksi työnjakopisteiden yhteyteen, jolloin ne toimisivat jatkuvana muistutuksena aiheesta.

7.2 Hitsauskuljettimet

Oikein asetetulla hitsauskuljettimella voidaan tehdä käytännössä niin pitkiä saumoja, kuin hitsauskoneen monitoimikaapeli antaa myöden. Kuljettimen käytöllä on täten mahdollista vähentää hitsaajan siirtymisestä johtuvien aloitus- ja lopetuspisteiden määrää sekä saavuttaa tasalaatuisempi hitsi, kun hitsaajan väsyminen voidaan eliminoida. Näin saavutetaan etu hitsisauman mekaanisessa kestävyudessa, visuaalisessa laadussa sekä hitsausnopeudessa.

Hitsauskuljettimia valmistavan Koike Aronsonin mukaan tyypillinen hitsaaja ylihitsaa noin 10% välttääkseen alihitsauksen, ja sillä on suora vaikutus hitsausnopeuteen sekä materiaalikustannuksiin. Alempana esitetty esimerkkilasku on kopioitu Koike Aronsonin esitteestä ja siihen on selvyuden vuoksi muunnettu imperialiset mittayksiköt SI-

järjestelmän mittayksiköiksi, Yhdysvaltojen dollarit euroiksi sekä työntekijän kustannukset on arvioitu karkeasti Teknologiateollisuuden työehtosopimuksen mukaan kertomalla TVR 7 palkkaluokka kahdella. Taulukossa 4 esitetystä esimerkkilaskusta hitsaaja hitsaa 6,35 mm pienahitsauskohteessa keskimäärin 1,6 mm ylihitsausta johtuen inhimillisistä virheistä kuten väsymisestä sekä alihitsauksen välttämisestä, ja vertailukohteena on hitsauskuljettimella tehty tasainen 6,35 mm pienasauma. (Koike Aronson 2018.)

Taulukko 4. Koike Aronsonin esimerkkilasku.

Pienahitsi Täytelankahitsaus	6,35 mm	7,95 mm (1,6 mm ylihitsaus)	Säästö
Hitsauksen pituus	914 m	914 m	-
Lisäaineen tarve	194 kg	320 kg	126 kg
Kaariaika yhteensä	94 h	166 h	72 h
Työntekijän kustannukset	23,9 €/h	23,9 €/h	-
Suojakaasun kustannukset	119 €	211 €	92 €
Lisäaineen hinta	3,67 €/kg	3,67 €/kg	-
Työntekijän kustannukset yhteensä	2 246,60 €	3 967,40 €	1 720,80 €
Lisäaineen kokonaishinta	711,98 €	1 174,40 €	462,42 €
Kokonaishinta	3 077,58 €	5 352,80 €	2 275,22 €

Kuva 14. esittää eron kuljettimella hitsatun sekä käsin hitsatun vastaavan kohteen välillä. Ylemmässä kuvassa on esitetty tasalaatuinen hitsauskuljettimella tehty pienasauma, ja alemmassa kuvassa on käsin hitsattu hitsisauma, jossa on selvästi havaittavissa heittoa a-mitassa sekä ympyröity hitsaajan siirtymisestä johtuvat aloitus- ja lopetuspisteet.



Kuva 14. Samankaltaiset hitsauskohteet.

Hitsauskuljettimia käytetään tällä hetkellä osassa halleista kohtalaisesti, mutta kuljettimien käyttämiseen liittyy kynnyksiä. Hitsauskuljettimet sijaitsevat lukituissa

säilytyspaikoissa väärinkäytön estämiseksi, jolloin kuljettimen hakeminen kohteeseen saatetaan kokea vaivalloiseksi ja hitsaajat saattavat kokea helpommaksi hitsata kohteet käsin. Toinen kynnys liittyy kuljettimen käyttämiseen, sillä vaikka perehdytys olisi joskus saatu, ovat taidot saattaneet päästä ruostumaan tai kunnollista perehdytystä ei alun perin ole edes saatu.

Aloituskynnyksiä on mahdollista pienentää esimerkiksi aluevastaavan avulla. Aluevastaavan olisi mahdollista tuoda kuljetin työkohteen luokse valmiiksi, jolloin hitsaajan ei tarvitse hakea sitä säilytyspaikasta. Käytön jälkeen aluevastaava voisi palauttaa kuljettimen takaisin säilytyspaikkaan. Väärinkäytön estämiseksi kuljettimen voisi esimerkiksi asettaa laatikkoon tai hääkkiin silloin kun sitä ei käytetä, ja lukita laatikon ketjulla kiinni lohkon rakenteisiin. Käyttämiseen liittyvät kynnykset saadaan minimoitua järjestämällä hitsaajille kattava perehdytys kuljettimien käytöstä, tarvittaessa järjestettäviä lisäperehdytyksiä sekä esimerkiksi kuljettimien säilytyspaikasta löytyvällä selkeällä kuvitetulla ohjeviholla kuljettimen käytöstä.

Kuljettimien käytöllä on lisäksi sekä työergonomian että työterveyden kannalta positiivisia vaikutuksia. Kuljettimella toteutettu hitsaus mahdollistaa hitsaajan työskentelyn paremmassa asennossa vähentäen rasituksia sekä työskentelyn kauempana hitsauksen tuottamasta lämmöstä sekä mahdollisista roiskeista.

7.3 Hitsauskoneet

Hitsauskoneiden kunto vaikuttaa suoraan syntyvän hitsisauman laatuun, sekä huonokuntoinen hitsauskone vaatii enemmän huoltotoimenpiteitä. Molemmilla seurauksilla on suora yhteys arvoa lisäävän työn vähenemiseen, sillä huonolaatuisen hitsisauman viimeistely vie kauemmin kuin vastaavan pituisen hyvälaatuisen hitsisauman sekä toistuvat huoltoimenpiteet vievät aikaa arvoa lisäävältä työskentelyltä.

Hitsauskoneiden kunnossa on ongelmana, ettei koneita välttämättä kohdella asianmukaisesti tai niiden huoltotoimenpiteet saatetaan laiminlyödä, jolloin seuraavan vuoron hitsaaja saattaa saada ongelmakseen edellisen vuoron hitsaajan laiminlyönnin seuraukset. Ongelmaan ei ole helppoa ratkaisua, sillä järjestelmät kuten Kemppi ARC System 3 mahdollistaisivat työnjohtajien tarkan seurannan siitä, kuka konetta on käyttänyt, mutta vaatisivat kalliita investointeja. Paperilomakkeilla tai vastaavilla

toteutettu seuranta puolestaan voidaan helposti jättää täyttämättä, tai se voidaan kokea yleistä työmoraalia alentavana. Kustannustehokkain ratkaisu on tarvittaessa työnjaossa pidettävät koko vuorolle kohdistetut muistutukset siitä, millaisessa kunnossa olevat hitsauskoneet on hyväksytyä antaa eteenpäin seuraavalle vuorolle. Tarpeen mukaan asia on myös mahdollista ottaa puheeksi yksittäisten työntekijöiden kanssa, mutta samalla on pidettävä huoli yleisen työmoraalin kannalta siitä, ettei työntekijät koe, että työnjohto painostaisi heitä kantelemaan toisista työntekijöistä.

7.4 Hitsaajien varusteet

Passiivinen hitsausmaski vaatii tummennuslasin nostamisen ylös, jos hitsaaja haluaa tarkistaa visuaalisesti hitsaamansa saumansa laadun tai siirtyä seuraavaan kohtaan. Koska laadun kannalta on pakko seurata saumaa visuaalisesti sekä etenkin pienosia hitsatessa siirtyä jatkuvasti, joutuu hitsaaja nostamaan maskin ylös useaan otteeseen päivän aikana. Sattumanvaraisesti valittujen hitsaajien mukaan nostojen ja laskujen päivittäinen yhteenlaskettu määrä on 50 ja jopa 500 välillä, yleisimmän vastauksen ollessa noin 150. Pelkästään yhteen nosto- ja laskuliikkeeseen arvioitiin kuluvan aikaa noin 5 sekuntia. Yhden hitsaajan kohdalla vaikutus vaikuttaa pieneltä, mutta lohkokoonnissa on yhteensä noin 100 hitsaajaa, jolloin vaikutus moninkertaistuu kuten taulukosta 5 on havaittavissa.

Taulukko 5. Perinteisen sekä automaattisen hitsausmaskin vertailu.

	Perinteinen maski	Automaattinen maski	Erotus	Yksikkö
Työpäivien määrä vuodessa	251	251		pv
Tapahtumien lukumäärä päivässä	150	150		kpl
Yhteen tapahtumaan kuluva aika	5	2	3	s
Tapahtumiin kuluva aika päivässä	750	300	450	s
Tapahtumiin kuluva aika päivässä	0,2	0,08	0,13	h
Tapahtumiin kuluva aika vuodessa	52,3	20,9	31,4	h
100 hitsaajalta kuluva aika vuodessa	5229,2	2091,7	3137,5	h

Hitsausmaskien valmistajilta on saatavilla automaattisella tummennuksella sekä raitisilmatoiminnolla varustettuja hitsauskypäriä, jotka eivät vaadi nosto- ja laskuliikkeen suorittamista. Kuvan 15 tapaisissa 3M:n valmistamissa *Speedglas* malleissa lasin tummuminen tapahtuu välittömästi valokaaren syttymisen jälkeen suojaten hitsaajan silmiä, ja kirkastuminen 40-1300 mikrosekunnin säädettävällä viiveellä valokaaren sammumisen jälkeen (3M 2018a.).



Kuva 15. 3M™ Speedglas™ Hitsausmaski 9100 MP (3M 2018b.).

Oikein valittu automaattisesti tummuva hitsausmaski antaa myös edun ahtaissa ja hankalissa tiloissa työskennellessä, sillä se ei vaadi visiirin tai tummennuslasin nostoon ja laskuun tarvittavaa tilaa, sekä vapauttaa toisen käden tukemaan heti alusta alkaen. Automaattisen hitsausmaskin valinnassa tulee myös kiinnittää huomiota sensoreihin, sillä etenkin vanhemmissa malleissa on ilmennyt ongelmia visiirin tarkoituksettoman tummumisen kanssa esimerkiksi kirkkaan lampun takia.

7.5 Lisäaineiden laatu

Laatupoikkeamat hitsauslisäaineissa vaikuttavat suoraan hitsisauman laatuun. Huonolaatuinen täyteainelanka voi aiheuttaa esimerkiksi enemmän virheitä hitsisaumoissa sekä roiskeita hitsatessa, ja näiden roiskeiden siistiminen vaaditun puhdistusasteen mukaan vie aikaa arvoa lisäävältä työltä.

Hitsauslisäaineiden koilla on myös vaikutus syntyvään hitsausjälkeen. Yleisin täytelangankin halkaisija on telakallakin yleisesti käytössä oleva 1,2 mm, mutta saatavilla on sekä ohuempia että paksumpia täytelankoja. Paksummalla hitsauslangalla on suurempi hitsausaineen tuotto kuin ohuemmalla, mutta paksummalla langalla hitsatessa syntyy erilainen lämpökuorma, joka voi aiheuttaa suurempia muodonmuutoksia esimerkiksi ohuissa laipioissa. Muodonmuutokset puolestaan voivat aiheuttavat ongelmia myöhemmissä vaiheissa, jolloin yhdessä vaiheessa säästetty aika voi synnyttää hukkaa seuraavissa vaiheissa ja kokonaiskuvassa saavutettu hyöty voi nollaantua tai pahimmillaan mennä haitan puolelle.

8 SUUNNITTELU SEKÄ TAHDITUS

8.1 Hitsattavien rakenteiden suunnittelu

Hitsattavien rakenteiden tuottavuuden optimoinnissa suunnittelija on avainasemassa. Optimoimalla rakenteet sekä liitokset käyttäen nykyaikaisia laskentamenetelmiä sekä sijoittamalla hitsisaumat luoksepäästäviksi ja mekanisoitaviksi on mahdollista saavuttaa paino- ja kustannussäästöjä. Luoksepäästävyden kannalta on tärkeää, että suunnittelijalla on tietoa, miten rakenteet voi toteuttaa käytännössä. Telakan työntekijöillä on runsaasti tietoa eri rakenteiden valmistuksesta käytännössä, ja tätä tietoa tulisi hyödyntää jo suunnitteluvaiheessa. Liitosten optimoinnissa on tärkeää pitää mielessä, että jopa 80 % hitsauskustannuksista syntyy työstä, ja nyrkkisääntöä noudattaen kasvattamalla pienaliitoksen a-mitta kaksinkertaiseksi kustannukset kolminkertaistuvat.

Tuottavuuden optimointi ei välttämättä vaikuta suuresti hitsaajien arvoa lisäävän työn määrään, vaan nopeuttaa tuotteen, tässä tapauksessa lohkon, läpimenoaikaa.

8.2 Tahditus sekä työohjeet

Hitsauksen tahditus tulisi toteuttaa ottaen huomioon todelliset tunti- tai päiväkohtaiset hitsausnopeudet pohjautuen paloikasusteeseen, eikä esimerkiksi käyttäen arvoa, joka kertoo kuinka monta metriä hitsisaumaa on mahdollista tuottaa käyttäen laskennallisia arvoja ja jättää huomioimatta pakolliset häiriöt kuten kuonan poiston sekä viimeistelyn. Lisäksi hitsauksen tahdituksen kannalta on tärkeä järjestää tahdit niin että hitsaajat sekä levysepät pystyvät työskentelemään samaan aikaan, eikä heidän työkohteet sijaitse kohdissa missä toisen työskentely luo toiselle häiriötilanteen.

Tahdituksessa olisi hyvä ilmetä esimerkiksi seuraavat asiat:

- Käytetäänkö kohteessa jatkuvaa hitsiä vai katkonaista hitsiä. Katkonaisen hitsin tapauksessa olisi lisäksi hyvä esittää käytettävä suhde, esimerkiksi 100 mm hitsisauma ja 100 mm väli hitsisaumojen välillä.
- Vaaditun hitsaussauman koko

- Onko kohteessa suunniteltu käytettävän kuljetinta
- Kyseisen alueen puhdistusaste

Tarkan tahdituksen avulla mahdollinen aluevastaava voi ennakoida töiden etenemistä, ja suorittaa tarvittavia esivalmisteluita samalla kun hitsaaja työskentelee vielä senhetkisen tahtinsa parissa. Hitsaajien arvoa lisäävän työn kasvattamisen kannalta tärkeitä esivalmisteluita ovat esimerkiksi kohteessa tarvittavien työkalujen tuonti, mahdollisten tarvikkeiden tuominen valmiiksi sekä erilaisten korokkeiden tai henkilönostinten tuominen.

Tahdituksen esittämisessä sekä työohjeissa on kannattavaa hyödyntää visuaalisuutta, sillä visuaalinen esitystapa kirjallisen lisänä nopeuttaa tiedon omaksumista sekä ymmärtämistä. Mahdollisia tapoja hyödyntää visuaalisuutta on esimerkiksi käyttää 3D-kuvia tai merkitä värillisiä liituja sekä symboleja käyttäen toimintatapoja lohkoihin.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää keinoja kasvattaa arvoa lisäävää työskentelyä minimoimalla hukkaa. Tavoitteeseen päästiin, sillä työskentelystä löytyi hukkaan johtavia prosesseja, joita voidaan parantaa hukan minimoimiseksi.

Työ suoritettiin hyödyntämällä omakohtaista kokemusta ja havainnoimalla työskentelyä. Näiden lähtötietojen perusteella suunniteltiin ajankäyttötutkimus, jonka avulla saatiin kerättyä tietoa siitä, kuinka paljon aikaa eri prosesseihin kuluu. Kun prosessit sekä niihin käytetty aika oli tiedossa, pystyttiin laatimaan ratkaisuja hukkaan kuluvan ajan minimoimiseksi.

Suurin parannus on saavutettavissa 5S-ajatusmallia hyödyntämällä, sillä neljästä yleisimmästä hukkaan johtavaa prosessista kolme on korjattavissa sen avulla. Ajatusmallin mukaan turhasta pitää päästä eroon, toisin sanoen tässä tapauksessa voidaan ajatella jokaisessa lohossa olevan kymmeniä metrejä erilaisia letkuja, joita ei siellä loppujen lopuksi tarvita ja joiden siirtämiseen kuluu aina ylimääräistä aikaa. Toinen ajatusmallin mukainen tärkeä asia on systematisointi, jota voidaan soveltaa erilaisiin työkaluihin sekä lisäaineisiin. Lisäaineet sijaitsevat määritellyissä paikoissa, mutta paikat voivat sijaita epäkäytännöllisen kaukana sieltä, missä lisäaineita tarvitaan. Työkaluilla puolestaan on varastointimenetelmä, mutta se ei ole toimiva, sillä joko työkalut eivät palaudu sinne käytön jälkeen, se sijaitsee kaukana tai sitten työkaluja ei ole saatavilla.

5S:n hyödyntämisen jälkeen suurin hyöty saadaan hitsauskoneiden huolloista, niiden asianmukaisen kohtelun varmistamisesta sekä varusteiden modernisoinnista. Kunnossa oleva ja kunnossa seuraavalle vuorolle luovutettava konekanta mahdollistaa töiden sujuvan jatkumisen. Päivittämällä hitsausmaskit automaattisiin on myös mahdollista saavuttaa parannuksia arvoa lisäävän työn määrässä, mutta päivittäminen vaatii investointeja.

Arvoa lisäävää työtä on myös mahdollista kasvattaa panostamalla ennen tuotantoa tapahtuviin toimenpiteisiin, kuten hitsattavien kohteiden suunnitteluun sekä hitsaustahdituksen laatimiseen niin, että hitsaajalla on selvästi tiedossa, mitä pitää tehdä. On myös mahdollista järjestää halliin aluevastaava, joka voi hoitaa hallin puolella tapahtuvaa logistiikkaa ennakkoon, esimerkiksi tuoda hitsauskuljettimen tai juurituet valmiiksi kohteeseen.

LÄHTEET

- 3M 2018a. Speedglas 9100 user instructions. Viitattu 24.5.2018
<http://multimedia.3m.com/mws/media/507589O/speedglas-9100-user-instructions.pdf>
- 3M 2018b. Worker Health & Safety. Viitattu 24.5.2018 https://www.3m.com/3M/en_US/worker-health-safety-us/personal-protective-equipment/auto-darkening-welding-helmet/
- Esab 2018a. Täytelankahitsaus. Viitattu 23.7.2018
<https://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/taytelankahitsaus.cfm>
- Esab 2018b. Puikkohitsaus. Viitattu 23.7.2018
<https://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/puikkohitsaus.cfm>
- Esab 2018c. Jauhekaarihitsaus. Viitattu 24.7.2018
<http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/jauhekaarihitsaus.cfm>
- Hakai Magazine 2016. Five Ways to Float Your Boat. Viitattu 2.9.2018
<https://www.hakaimagazine.com/article-short/five-ways-float-your-boat/>
- Kemppi 2018. Laivanrakennus. Viitattu 23.7.2018 <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuotteet/discover/laivanrakennus/>
- Koike Aronson 2018. Automation. Viitattu 18.5.2018 https://www.koike.com/documents/Product-Brochures/Cutting/AUTOMATION_PGA_ENG_WEB.pdf
- Meyer Turku 2018a. Yrityksen historia. Viitattu 13.8.2018
https://www.meyerturku.fi/fi/meyerturku_com/shipyard/company/company_history/company_history.jsp
- Meyer Turku 2018b. Turun telakan aikajana. Viitattu 13.8.2018
https://www.meyerturku.fi/fi/meyerturku_com/shipyard/company/company_history/timeline_of_meyer_turku_s_history/timeline_of_meyer_turku_s_history.jsp
- Meyer Turku 2018c. Tulevaisuudennäkymät. Viitattu 15.8.2018 <https://rekry.meyerturku.fi/meyerturku/tulevaisuuden-nakymat/>
- Rajavartiolaitos 2013a. Seuraa laivan valmistumista. Viitattu 25.8.2018
https://www.raja.fi/uvl10/seuraa_laivan_valmistumista/1/1/vko_16_runko_kootaan_kuiva-altaassa_43326
- Rajavartiolaitos 2013b. Seuraa laivan valmistumista. Viitattu 2.8.2018
https://www.raja.fi/uvl10/seuraa_laivan_valmistumista/1/1/vko_27_laivan_siluetti_hahmottuu_46030
- Six Sigma 2018a. Six Sigma. Viitattu 10.10.2018 <http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/>
- Six Sigma 2018b. Lean Six Sigma DMAIC. Viitattu 10.10.2018
<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/six-sigma/dmaic/>
- Toyota 2018. Toyota production system. Viitattu 12.8.2018 <https://www.toyota-europe.com/world-of-toyota/this-is-toyota/toyota-production-system>
- Tuominen, O. 2017. Meyer Turku investoi kasvuun – Costan LNG-risteilijän tuotanto alkoi 2017. Viitattu 23.7.2018 <http://ulkomatala.net/ajankohtaista/uutiset/2017/meyer-turku-investoi-kasvuun-costan-lng-risteilijan-tuotanto-alkoi/>

Väisänen, J. 2013. Viiden ässän kehitysoekalu. Viitattu 10.10.2018
<http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitysoekalu/>

Yle 2017. Uuden Mein Schiff -aluksen köli laskettiin Turun telakalla. Viitattu 14.7.2018
<https://yle.fi/uutiset/3-9456842>

Ylitolppa, J. 2016. Lohkokoonti runkotuotannossa. Meyer Turku. Luentomateriaali.

Ajankäyttölomake

Merkitse langan alkukirjain F = Filarc, T = Tubrod jne		AJANSEURANTA		
		Pv. 1	Pv. 2	Pv. 3
Hitsaus piena vaakasuunnassa (metriä)	A-mitta = A-mitta = A-mitta =			
Aika (hh:mm)	A-mitta = A-mitta =			
- - kuljettimella (metriä)	A-mitta = A-mitta = A-mitta =			
Aika (hh:mm)	A-mitta = A-mitta = A-mitta =			
Hitsaus piena pystysuunnassa (metriä)	A-mitta = A-mitta = A-mitta =			
Aika (hh:mm)	A-mitta = A-mitta =			
- - korokkeella tms. (metriä)	A-mitta = A-mitta = A-mitta =			
Aika (hh:mm)	A-mitta = A-mitta = A-mitta =			
- - kuljettimella (metriä)	A-mitta = A-mitta = A-mitta =			
Aika (hh:mm)	A-mitta = A-mitta = A-mitta =			
Korokkeiden haku/kiinnitys/siirto (hh:mm)				
Henkilönostimen ajo (hh:mm)				
Hitsaus muu (metriä):				
Hitsaus muu (hh:mm)				
Hitsaus muu (metriä):				
Hitsaus muu (hh:mm)				
Viimeistely 3 (hh:mm)				
Viimeistely 5 (hh:mm)				
Siivous (hh:mm)				

	Pv. 1	Pv. 2	Pv. 3
Koneiden/letkujen siirto (hh:mm)			
Suuttimien, kaulojen, langan yms. kulutustavaran haku (hakujen määrä)			
Suuttimien, kaulojen, langan yms. kulutustavaran haku (hh:mm)			
Suuttimen, langan yms. vaihto (hh:mm)			
Koneiden huolto/kunnossapito (hh:mm)			
Työkalujen hakeminen (hakujen määrä)			
Työkalujen hakeminen (hh:mm)			
Koneiden rikkoutuminen (hh:mm)			
Letkujen/kaapelien rikkoutuminen (hh:mm)			
Laattojen siirrot, pekkaset, tauot, töiden odotus yms. luokittelematon (hh:mm)			
Muuta - Mitä?:			
Muuta - Mitä?			
Muuta - Mitä?			

Lohko(t)			
----------	--	--	--

	Aamu	Ilta
Vuoro		

Palaute / kehitysideat