

Arto Hakola

TERÄSMATERIAALINHALLINNAN TEHOSTAMINEN LEAN-TOIMINNALLA

Johtamisen ja talouden tiedekunta
Diplomityö
Lokakuu 2021

TIIVISTELMÄ

Arto Hakola: Teräsmateriaalinhallinnan tehostaminen Lean-toiminnalla
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Johtamisen ja tietotekniikan tutkinto-ohjelma
Tarkastajat: Yliopistonlehtori Rainer Breite ja Professori Marko Seppänen
Lokakuu 2021

Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää kohde yrityksen materiaalinhallinnan ongelmat ja antaa parannusehdotukset löydettyihin ongelmiin. Tutkimus toteutettiin case-tutkimuksena, jossa haastateltiin materiaalinhallintaan liittyviä henkilöitä eri yrityksen toiminnoista aina hankintahenkilöstä tuotannonjohtajiin sekä perehdyttiin yrityksen aiemmin tekemään analyysiin materiaalihukan aiheuttajista.

Tutkimuksen teoriaosuudessa perehdyttiin materiaalinhallintaan Lean- tuotannossa. Teoriaosuuden jälkeen perehdyttiin yrityksen materiaalinvirtaan hankinnasta tuotantoon, jotta voitiin ymmärtää tämänhetkinen materiaalinhallinnan prosessi. Materiaalihallinnan prosessin selvittämisen jälkeen tehtiin henkilöstön haastattelut, joissa keskityttiin selvittämään henkilöstön mielestä olennaisia materiaalihukan sekä materiaalin käsittelyyn liittyviä turhan työn aiheuttajia sekä parannusehdotuksia näihin. Tutkimuksessa myös havainnointiin ja käytiin henkilöstön kanssa vapaamuotoisia keskusteluja materiaalinhallinnan ongelmiin ja parannusehdotuksiin liittyen. Tutkimuksen tulokset ja johtopäätökset olivat diplomityön viimeiset luvut.

Työn aikana löytyi useita asioita, joita parantamalla materiaalinhallinta olisi tehostunut. Yksi parannettava asia oli toimittajien valinta ja valvonta. Suurimpana parannettavana asiana ja suurimpana hukan ja turhan työn aiheuttajana oli se, että teräslevyjen poltto osiksi ei tapahtunut aina kerralla vaan samaa teräslevyä kuljetettiin tuotannon ja varaston välillä useaan kertaan. Tutkimuksessa havaittiin, että turhaa työtä ja materiaalihukkaa olisi mahdollista vähentää tilaamalla teräslevyt imuohtavasti tuotantojärjestyksen mukaan määrämittäisinä. Tällöin niiden poltto osiksi tapahtuisi kerralla kokonaan, jolloin niistä ei jäisi jäännöslevyä. Lisäksi välivarastointi ja materiaalihukka vähenisi, kun osat valmistettaisiin tuotantojärjestyksen mukaan imuohtavasti suoraan seuraavan työvaiheen tarpeeseen. Yrityksen sisäiset toimintatavat eivät olleet yhtenevät, joten näiden läpikäynti ja koulutus henkilöstölle ja alihankkijoille tehostaisi materiaalinhallintaan liittyvää työtä. Tietojärjestelmissä havaittiin tutkimuksessa useita puutteita, joiden korjaaminen tehostaisi materiaalinhallintaa ja vähentäisi turhaa työtä merkittävästi.

Avainsanat: Materiaalinhallinta, Lean- tuotanto, Lean-toiminta, materiaalihukka, tehostaminen

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Arto Hakola: Steel material handling improvement with Lean management
Master of Science Thesis
Tampere University
Degree Programme in Management and Information Technology
Examiners: University lecturer Rainer Breite ja Professor Marko Seppänen
October 2021

The aim of this thesis was to find out the problems in material management and provide solutions to problems in the target company. This thesis was a case study where employees in different fields of the company were interviewed. The interviewed employees were in different positions in the company from procurement to production. The company's previous analysis and reports of the problems in material handling were also investigated.

In the theoretical part of the thesis was focused on the material handling of the Lean management. For understanding the current state of the company's material management process from procurement to production was studied. The interviews were focused on to find out employee's main opinions of the problems and the suggestions for improvement in material management process. The thesis also included observation and free-form discussions with staff regarding material management problems and suggestions for improvement. The results and conclusions are the last parts of this thesis.

There were various things that can improve the material management process. Selection and supervision of suppliers was one area for improvement in the material management process. Most significant area for improvement was manufacturing of the steel material into parts that did not occur at once. This was occurred a lot of extra work and material loss because a residual steel material was left to run between warehouse and production many times. In the study was found out that steel material should be ordered in the fixed size and pull controlled directly for the need of production. The material and parts should be also pulled throughout production. In this case the steel material is made in parts at once without any residual material. These actions would lead to a reduction in intermediate storage and material loss. In the company's internal practices was not familiar for all staff and subcontractors. Better training of the internal practices for staff and subcontractors is required to achieve better efficiency in materials management process. There were problems with the company's information systems that if corrected would make material management much more efficient and it will reduce lot of unnecessary work.

Keywords: Material management, material handling, Lean-action, Lean-management, material waste, material loss, improvement

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö tehtiin Technip Offshore Finland Oy:ssä Porin Mäntyluodon telakalla. Tutkimusaineisto koottiin pääosin vuoden 2013 ensimmäisellä puoliskolla.

Erityisesti haluan kiittää työni ohjaajaa ja toista tarkastajaa yliopiston lehtori Rainer Breiteä asiantuntevista neuvoista työni aihealueeseen liittyen ja kärsivällisyydestä prosessin aikana. Technip Offshore Finland Oy:stä haluan kiittää erityisesti työni ohjaajaa Veikko Opasta, joka auttoi perehtymisessä yrityksen eri toimintoihin tutkimukseeni liittyen. Lisäksi haluan kiittää kaikkia työssäni haastattelemia henkilöitä sekä myös toista työn tarkastajaa professori Marko Seppästä mielenkiinnosta tutkimustani kohtaan.

Lopuksi haluan kiittää vielä perhettäni ja ystäviäni tuesta ja kannustuksesta. Erityiskii- tokset haluan antaa vaimolleni, joka on ollut kärsivällinen ja kannustava tämän proses- sin aikana.

Porissa, 28.10.2021

Arto Hakola

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen tausta	1
1.2 Spar-rungon rakenne	2
1.3 Tutkimuksen tavoitteet: Ongelmat ja rajaukset	5
1.4 Tutkimusote ja menetelmät	6
1.5 Tutkimuksen rakenne	9
2. LEAN- TUOTANTO JA MATERIAALINHALLINTA	10
2.1 Lean- tuotanto	10
2.1.1 Asiakasarvo ja hukan tunnistaminen ja poistaminen	11
2.1.2 Menetelmät	13
2.2 Toimitusketjun hallinta	17
2.3 Tuotannonohjaus ja materiaalinhallinta	18
2.3.1 Materiaalin tunnistus- ja seurantatekniikat	21
2.3.2 Materiaalinhallinnan tietojärjestelmät	24
3. AINEISTO JA MENETELMÄT	27
3.1 Case- tutkimus	27
3.2 Teräsmateriaalin kulku suunnittelusta loppukokoonpanoon	28
3.2.1 Tietojärjestelmät	29
3.2.2 Spar:n valmistus ja standardit	30
3.2.3 Luokitusaineisto ja tilausehdotus	30
3.2.4 Toimittajien valinta ja materiaalitilauksen tekeminen	31
3.2.5 Materiaalitoimitusten seuranta	32
3.2.6 Materiaalin vastaanotto ja luovutus tuotannolle	33
3.2.7 Työkuvien suunnittelu ja nestaus	33
3.2.8 Tuotannonsuunnittelu ja tuotanto	34
3.2.9 Ylijäämä, jäte ja yliotto	35
3.3 Spar-projektien materiaalihukan muodostuminen	36
4. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	41
4.1 Toimittajista johtuvat ongelmat ja niiden hallinta	41
4.2 Materiaalin tilauksista johtuvat ongelmat	42
4.3 Materiaalin ohjauksesta ja ylijäämämateriaalista johtuvat ongelmat ...	43
4.4 Varastotiloista johtuvat ongelmat ja niiden hallinta	45
4.5 Toimintatavoista johtuvat ongelmat ja niiden hallinta	46
4.5.1 Sertifikaattien hyväksyntä	46
4.5.2 Tietojärjestelmien puutteellinen käyttö	47
4.5.3 Teräsprofiilien jäännöspalojen hallinta	47
4.5.4 Teräsprofiilien käytön optimointi	48
4.5.5 Suuri jäännöslevyjen määrä	49
4.5.6 Puolivalmisteiden katoaminen	50
4.6 Alihankkijoiden hallintaan liittyvät ongelmat	51

4.7	Suunnittelusta johtuvat ongelmat ja niiden hallinta	52
4.8	Nestauksesta johtuva materiaalihukka	54
4.9	Työjärjestyksestä johtuvat ongelmat ja niiden hallinta	56
4.10	Materiaalinseurannasta ja tuloutuksesta johtuvat ongelmat ja niiden hallinta	57
4.11	Tietojärjestelmistä liittyvät ongelmat ja niiden hallinta.....	58
4.11.1	Tietojärjestelmien materiaalinhallinta ja rajapinnat.....	58
4.11.2	Alihankkijarajapinnan ja uudelleen suunniteltavien osien valmistuksen pysäyttämisen puuttuminen.....	59
4.11.3	Tietojärjestelmien puutteellisuudesta johtuvat ongelmat ja niiden hallinta	60
5.	PÄÄTELMÄT	63
5.1	Materiaalihukan pienentäminen ja materiaalinhallintaan liittyvän työn tehostaminen	63
5.2	Tietojärjestelmät materiaalihallinnan parantamisessa	67
5.3	Tutkimuksen validiteetti ja reliabiliteetti	67
	LÄHTEET	69
	LIITE 1	73
	LIITE 2	74

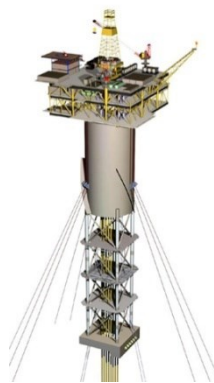
LYHENTEET JA MERKINNÄT

Mt	Megatonni
MTO	Material take off eli materiaalin määrälaskenta
Nestaus	Suunniteltujen osien sijoittelu teräslevylle, jotta osat voidaan polttaa polttokoneella levystä
Nestaaja	Suunniteltujen osien sijoittelija teräslevylle
PO	Purchase order eli ostotilaus
TOF	Technip Offshore Finland

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Tämä diplomityö tehtiin Technip Offshore Finlandille (TOF), joka valmisti öljyntuotantolautan Spar- runkoja. Työ käsittelee yrityksen teräsmateriaalinhallintaa, jossa oli ongelmia materiaalin seurattavuudessa sekä suuressa materiaalihukassa. TOF oli offshore- projektien suunnitteluun, valmistukseen ja johtamiseen keskittynyt yritys. TOF oli osa Technip- konsernia, jonka pääkonttori sijaitsi Pariisissa. Technip- konserni toimi 48 eri maassa ympäri maailmaa. TOF:in telakka sijaitsi Porin Mäntyluodossa. Mäntyluodon telakka on perustettu vuonna 1972, jolloin se tunnettiin nimellä Rauma Repola. Technipin omistukseen telakka tuli kokonaisuudessaan vuonna 2003. (Technip Offshore Finland 2009, s. 5) Yrityksellä oli omia työntekijöitä noin 830 vuonna 2012. TOF:in päätuote oli Spar- tuotantolauttojen rungot. Spar- tuotantolautat ovat kelluvia öljyntuotantolauttoja, jotka ovat nimenomaan tarkoitettu öljyntuotantoon eikä poraukseen. Lauttojen runko-osat tehtiin TOF:lla teräksestä ja ne valmistettiin projektituotantona. Alla olevassa kuvassa (Kuva 1.) on esitetty Spar- tuotantolautta kokonaisuudessaan. (Technip Offshore Finland 2012, ss. 1-66)



Kuva 1. Spar-tuotantolautta (Technip Offshore Finland 2012, s. 66).

TOF valmisti Spar-rungot projekteina ja ohjasi tuotantoa projektinhallinnan perusperiaatteiden mukaan. Tuotanto oli ajoitettu ja resursoitu asiakkaan kanssa sovittuun toimituspäivään perustuen. TOF valmisti Spar-rungon metalliosat pääasiassa itse eli se tilasi teräsmateriaalin, kuten levyt ja profiilit terästehtailta tai tukkukauppialta. Osan näiden osien valmistuksesta TOF osti alihankkijoilta. Osavalmistuksessa levyistä polttoleikattiin osia ja profiilit katkaistiin oikean pituisiksi. Lisäksi osiin ja levyihin tehtiin tuo-

tannossa tarvittavat taivutukset. Tämän jälkeen osat menivät joko suoraan kokoonpanoon tai välivarastoon riippuen siitä, milloin osia tarvittiin. TOF valmisti myös muita tuotteita, joiden avulla voidaan tasoittaa Spar- lauttojen kysynnän vaihteluja. Näitä tuotteita olivat merelle asennettavat tuulimyllyt, kelluntasäiliöt, imuankkurit, putkenlaskukelat laivan kansille, paineastiat ja nestesäiliöt.

TOF:lla pystyttiin laskemaan projektin tarkka materiaalintarve suunnitteluohjelman avulla. Tämän laskelman perusteella yritys teki materiaalintilauksen, mikä vastasi materiaalin todellista tarvetta. Yritys oli kuitenkin huomannut, että vaikka materiaalia oli tilattu oikea määrä, sitä jouduttiin tilaamaan uudestaan lisää, koska yrityksen tietojärjestelmien ja sisäisen toiminnan kankeuden vuoksi materiaalia hukkui tai kului enemmän.

Yrityksellä oli käytössä kaksi tietojärjestelmää, joilla käsiteltiin tilattua materiaalia. Nämä tietojärjestelmät eivät olleet täysin yhteensopivia keskenään. Toinen tietojärjestelmä käsitteli teräsmateriaalia kokonaisuutena yhtenä kappaleena esimerkiksi yksi teräslevy tai -kanki. Jos metallilevystä käytettiin vain osa, jäljelle jäänyttä käyttämätöntä osaa ei ollut olemassa enää kyseisessä tietojärjestelmässä. Toinen järjestelmä käsitteli levyjä myös osakokonaisuuksina eli jäännöslevyinä, silloin kun alkuperäisestä niin sanotusta emolevystä oli jo leikattu osia. Esimerkiksi; kun tilattu teräslevy saapui varastoon, se luovutettiin yhtenä yksikkönä tuotannolle. Varasto luovutti teräslevyn kokonaisuutena tuotannolle, joka otti sen käyttöön. Tästä levystä tuotanto käytti välillä osan, mutta loppua levyä ei enää kirjattu varastonhallinnan tietojärjestelmään vaan se kirjattiin ainoastaan tuotannonohjausjärjestelmään.

Materiaalihukan suuruudeksi oli arvioitu jopa 30 % projektia kohden. Näin suuri materiaalihukka on rahallisesti mitattuna jo huomattava ja vaikuttaa selvästi projektien kannattavuuteen ja projektin etenemiseen.

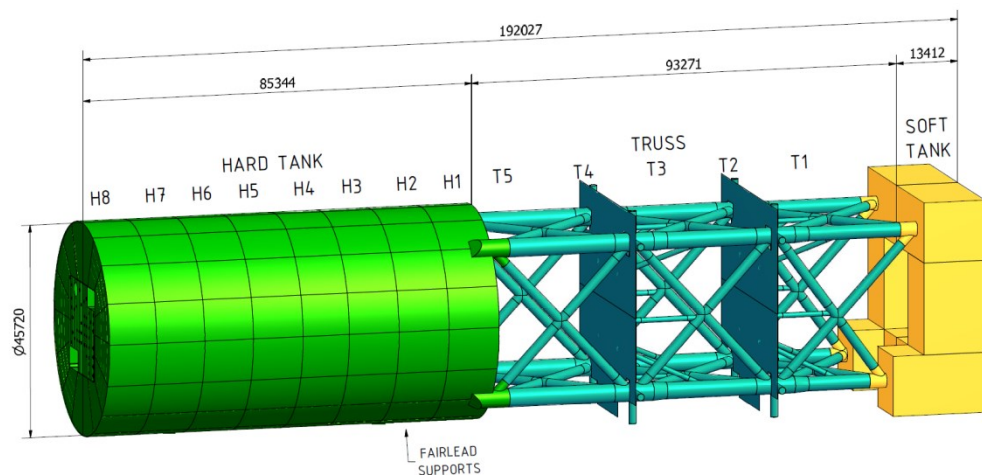
1.2 Spar-rungon rakenne

Tässä luvussa käydään lyhyesti ja pääpiirteittäin läpi Spar-tuotantolautan rungon rakenne, jolloin voidaan paremmin ymmärtää, minkä kokoluokan projekteista on kyse, sekä kuinka paljon teräsmateriaalia runkoon tarvitaan. Aluksi on kerrottu, että millaisesta materiaalista runko tehdään ja mistä materiaalia saadaan. Tämän jälkeen kuvataan koko rungon rakennetta, minkä jälkeen tarkastellaan pääpiirteittäin osakokonaisuuksien rakennetta.

Spar- runko on kokonaan terästä pois lukien sen sisältämät laitteistot. Teräsmateriaalia TOF tilasi pääasiassa Euroopasta, mutta myös Lähi- ja Kaukoidästä, jos hankkiminen oli mahdollista. TOF:in runkoon käyttämä teräsmateriaali koostui lähinnä teräslevyistä

ja profiileista. Teräsmateriaalia oli montaa eri laatua ja vahvuutta ja se valitaan sekä tilataan aina käyttökohteen vaatimusten mukaan. Näistä materiaaleista TOF:in oma tuotanto valmisti runkoon tarvittavat osat. Minkä jälkeen osat hitsattiin yhteen yhtenäiseksi rakenteeksi. (Opas)

Spar-runko koostuu aina kolmesta eri osasta, jotka ovat Hard Tank, Truss ja Soft Tank. Rakenne on kuvattu alla olevassa kuvassa (Kuva 2). Kuvan Spar-runko on otettu esimerkiksi yhdestä Truss- tyyppisestä Spar-projektista ja kuvaa ei voida yleistää kaikkiin Spar-runkoihin, koska rungon koko, tyyppi, lohkojen määrä ja tarkempi rakenne ovat aina projektikohtaisia. (Opas)

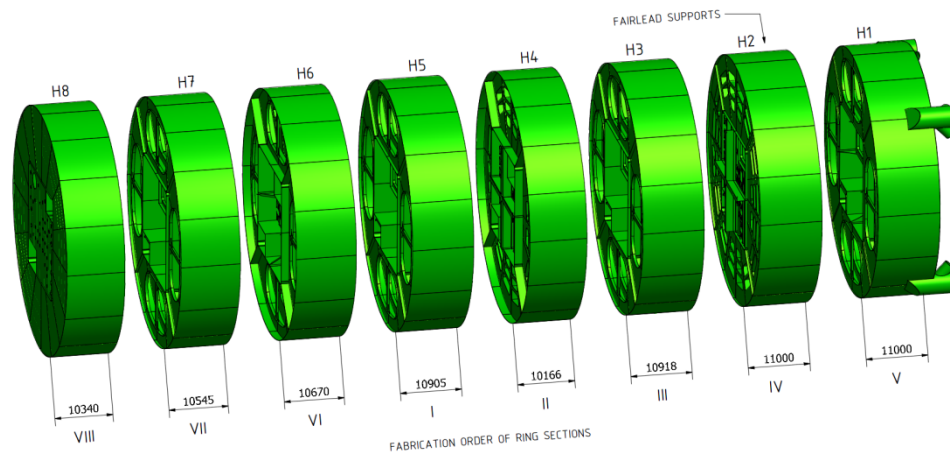


Kuva 2. Spar- runko (General Fabrication Method for Big Dog Spar Hull 2012, s. 4)

Hard Tank tarkoittaa kelluntatankkia, mikä luo lautalle sen kelluvuuden. Truss:in tehtävä on siirtää painolastitankki eli Soft Tank riittävän kauaksi, jolloin painopiste saadaan riittävän alas siten, että lautalle saadaan haluttu vakavuus. Kuvan 2 rungon Truss:ssa on kaksi Heavy Plate:a kohdissa T4 ja T2, joiden tehtävänä on vaimentaa pystysuuntaista liikettä, jota esimerkiksi meren aaltoilu aiheuttaa. Hard Tank on rungon painavin osa ja se painaa lähes kaksi kertaa sen verran, mitä Truss ja Soft Tank yhteensä. Soft Tank on taas rungon kevyin osa silloin, kun se on tyhjä. Tällöin se on alle kolmasosa Truss:in painosta. Esimerkkinä voidaan antaa Lucius- spar, jossa Hard Tank:in teräsmateriaali painoi lähes 10 000 Mt ja Truss noin 3500 Mt ja Soft Tank 1000 Mt. (Opas)

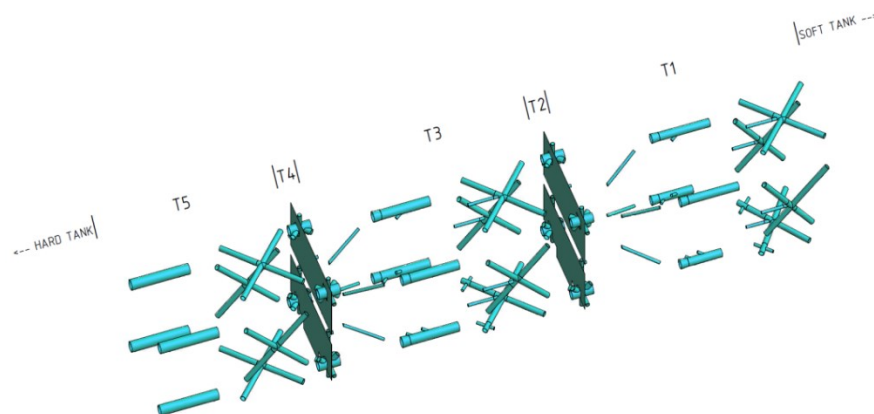
Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa (Kuva 3.) on esitetty Hard Tank:in rakennetta. Rakenteen nähdään koostuvan kahdeksasta rengaslohkosta H1-H8, mitkä taas koostuvat osalohkoista. Nämä osalohkot kootaan erikseen osavalmistuksessa tehdyistä osista. Tämän jälkeen osalohkot yhdistetään rengaslohkoiksi, mitkä taas yhdistetään kokonaiseksi Hard Tank:ksi. Hard Tank on ontto rakenne, joka tuo lautalle sen kelluvuuden. Tosin Hard Tank pitää sisällään painolastitankit, joihin pumpataan vettä sisään

ja pois, jotta voidaan säätää lautan syvyyttä sekä kallistusta. Hard Tank:ssa on yläreunassa eli vesirajassa on kaksoislaita tai toisin sanoen kaksoisrunko. Tätä rakennetta kutsutaan Cofferdam:ksi, joka suojaa lautaa esimerkiksi laivan törmäykseltä sen rungon kylkeen. Törmäystilanteessa ainoastaan ulompi laita rikkoontuu ja laitojen väli täyttyy vedellä, mikä ei aiheuta lautan uppoamista. Lautan ympärillä on Cofferdam:it on jaettu eri osastoiksi, jolloin yhden rikkoontuessa, muihin ei pääse vettä. Hard Tank voi pitää sisällään myös erilaisia varastosäiliöitä, kuten esimerkiksi käyttövesi-, metanoli- ja polttoainetankit. (Opas)



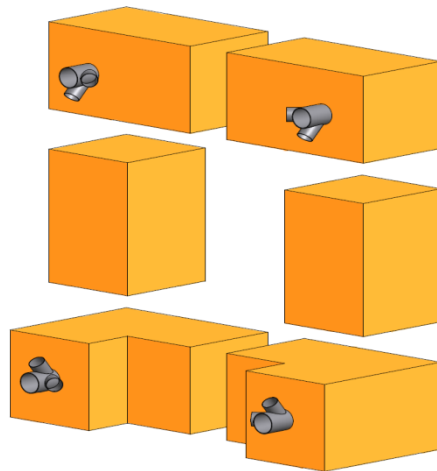
Kuva 3. Hard Tank'in lohkorakenne

Truss'in rakenne on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 4). Truss on putkista koottu ristikko rakenne, joka kootaan Hard Tank'in perään, kun Hard Tank on valmistunut. Truss:ssa kootaan eri osakokoonpanoista, joita ovat suorat putket, ristikot ja nodit. Nodit ovat putkien ja ristikoiden liitososat, jotka ovat Heavy Plate:ssa kiinni. (Opas)



Kuva 4. Truss'in rakenne

Kuvassa 5. on esitetty Soft Tank:in rakenne, mistä nähdään sen yksinkertainen rakenne. Soft Tank on painolastitankki ja se on ontto ja avoin teräs rakenne. Kun runko halutaan saada pystyasentoon, Soft Tank:iin laitetaan hienojakoista magnetiittia ja vettä, jolloin ne seostuvat tankin pohjalle. Soft Tank on avoin yläreunasta, jolloin sisälle pääsee vettä. Tällöin rakenteen ei tarvitse olla yhtä vahva, kuin esimerkiksi Hard Tank:in, jonka sisällä on ilmaa. Tämä johtuu siihen rakenteen sisä- ja ulkopuolen välille ei muodostu hydrostaattista paine-eroa. (Opas)



Kuva 5. *Soft Tank:in rakenne*

Näistä edellä mainituista rungon osista runko suurimmalta osalta koostuu. Lisäksi rungon päällä on kansirakennus, jonka sisällä on rungon sähkö- ja ohjauskeskukset. Run-gossa on erilaisia sähkö- ja automaatiojärjestelmiä, kuten ankkurointi-, ballastointi- ja valaistusjärjestelmät. (Opas)

1.3 Tutkimuksen tavoitteet: Ongelmat ja rajaukset

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten projektituotannossa materiaalinhallintaa voidaan kehittää. Tutkimuksessa materiaalinhallinnan kehittämistä käsitellään Lean-perusteisesti projektiympäristössä eli materiaalinhallinnan ongelmia pyritään ratkaisemaan Lean periaatteiden avulla unohtamatta, että toimitaan projektiympäristössä. Tutkimuksen tutkimuskysymys on: Millä menetelmillä materiaalinhallintaa voidaan kehittää suurissa projekteissa? Tutkimuskysymys on jaettu seuraaviin alakysymyksiin, jotka tarkentavat tutkittavaa ongelmaa:

1. Miten materiaalihukkaa voidaan pienentää?

2. Miten materiaalinhallintaan liittyvää työtä voidaan vähentää tai tehostaa?

3. Mitä tietojärjestelmiltä vaaditaan materiaalihallinnan parantamisen kannalta?

Tutkimus koskee teräsmateriaalin eli levy- ja profiilimateriaalinhallintaa Technip Offshore Finlandin Mäntyluodon telakalla. Materiaalinhallintaa tutkitaan yrityksen sisäisessä toiminnassa eli hankinta- ja toimitusketju jäävät tutkimuksen ulkopuolelle.

1.4 Tutkimusote ja menetelmät

Tieteen tavoite on tiedon hankinta ja sen järjestäminen. Liiketaloustieteessä on olemassa kaksi vallalla olevaa tieteenkäsitystä, jotka ovat positivismi ja hermeneutiikka. Positivismi on tieteellinen katsantotapa, joka perustuu vain todettuihin ja havaittuihin tosiasioihin. Se hylkää kaikki epävarmat arvelut asioista, jotka eivät ole havaittavissa. Hermeneutiikka pyrkii taas selittämään käsitteitä, ja moni kirjallisuuslähde onkin määrittänyt hermeneutiikkaa seuraavilla käsitteillä: selitystaito ja tekstillinen tulkinta. Hermeneutiikkaa pidetään filosofiana, joka korostaa käsitteitä: tulkinta, merkitys, historiallinen, ymmärtäminen ja niin edelleen. Nämä tieteenkäsitykset liittyvät lähinnä siihen, miten havainnot kelpaavat tieteen perusteiksi. Liiketaloustieteessä näitä molempia tieteen käsityksiä esiintyy rinnakkain. Tieteen tekeminen voidaan jaotella havainnoivaan, teoreettiseen ja laskennalliseen tieteeseen. Havainnoiva tiede kerää havaintoja ilmiöstä ja teoreettinen tiede käsittelee teorioita parantaakseen niitä. Laskennallinen tiede pyrkii mallintamaan ilmiöitä ja tutkimaan niitä esimerkiksi simuloimalla. (Olkkonen 1994, s. 26-28)

Tieteellinen tutkimus perustuu joko kvalitatiiviseen eli laadulliseen tai kvantitatiiviseen eli määrälliseen tietoon. Tutkimuksissa voi olla piirteitä molemmista tutkimustyypeistä. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään ymmärtämään ihmisten käyttäytymistä ja kokemuksia. Tämän lisäksi laadullisella tutkimuksella halutaan tutkia ja ymmärtää ilmiöitä, jotka eivät ole kovin tunnettuja. Laadullisessa tutkimuksessa aineistot ovat usein pieniä määrällisiin tutkimuksiin verrattuna. Kvalitatiiviset menetelmät ovat yleisiä toimintanalyttiselle otteelle. (Olkkonen 1994, s. 65; Ghauri et al. 2010, s. 104-105) Kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus pyrkii kohteen kuvaamiseen ja tulkitsemiseen tilastojen ja numeroiden avulla. Määrällinen tutkimus hyödyntää suuria aineistoja, edustavia otoksia ja tilastollisia menetelmiä aineiston analyysissä. Määrällisessä tutkimuksessa pyritään suureen yleistettävyyteen. Määrällisen tutkimuksen aineiston hankintamenetelmiä ovat esimerkiksi haastattelu tai kirjekysely. (Ghauri et al. 2010, s. 104-105)

Liiketaloustieteessä esiintyy useita tutkimusalueita sekä ongelmia, joille sopii eri tutkimusotteet ja -menetelmät. Liiketaloustieteessä käytetään eri tutkimusotteita riippuen

tutkimuksen tavoitteesta ja luonteesta. Alla olevassa kuvassa (Kuva 6.) on esitetty nelikentän avulla liiketaloustieteen tutkimusotteiden suhteelliset asemat Olkkosen (1994) mukaan.

	Teoreettinen	Empiirinen
Deskriptiivinen	Käsiteanalyttinen tutkimusote	Nomoteettinen tutkimusote Toiminta-analyttinen tutkimusote
Normatiivinen	Päätöksentekometodologinen tutkimusote	Konstruktiivinen tutkimusote

Kuva 6. Tutkimusotteiden suhteelliset asemat liiketaloustieteessä (Olkkonen 1994, s. 78)

Yllä olevassa kuvassa (Kuva 6.) nähdään, mihin tässä tutkimuksessa käytettävät otteet sijoittuvat. Eli teoreettisen viitekehyksen luontiin käytetään käsiteanalyttistä otetta, mikä on teoreettinen ja kuvaileva ote. Toiminta-analyttinen tutkimusote on tutkimusote, jolla toteutetaan tutkimuksen empiirinen osuus. Tämä tutkimusote sijoittuu empiiriseen osaan sekä kuvailevan ja ohjeistavan osien välille. Liiketaloustieteessä tutkimus on harvoin luokiteltavissa yhteen tutkimusotetyyppiin. Tyypillisesti tutkimusten alkuosa on käsiteanalyttinen, jonka avulla luodaan teoriakehys, minkä perusteella empiirinen aineisto kerätään ja käsitellään. (Olkkonen 1994, s. 77-80)

Toiminta-analyttistä tutkimusotetta käytetään, kun pyritään hermeneuttisen tieteenkäsitteilyn mukaan ymmärtämään tutkimuksen kohteena olevaa ongelmaa. Menetelmää käytetään esimerkiksi silloin, kun etsitään ratkaisua yrityksen sisäisiin kysymyksiin. Yrityksen sisäisiin ongelmiin perehdyttäessä joudutaan olemaan tekemisissä yrityksen työntekijöiden ja heidän tavoitteiden kanssa, sen lisäksi, että ollaan tekemisissä tutkitavan asian kovien piirteiden kanssa. Tämän takia toiminta-analyttiset tutkimukset käsittelevät esimerkiksi organisaation toimintaa, ongelmanratkaisua ja päätöksentekoprosesseja. Tällaiselle tutkimukselle on tyypillistä, että ei saada täysin neutraaleja tutkimustuloksia, koska tutkijan oma ymmärrys ja tulkinta vaikuttavat tutkimuksen tuloksiin. Yksi tämän tutkimusotteen ongelma on tulosten yleistettävyyden puute, koska tutkimus kohdistuu yleensä pieneen määrään tapauksia, joiden perusteella ei pystytä luotettavasti yleistämään tuloksia. Tosin tuloksia voidaan pitää enemmän tai vähemmän todennäköisinä hypoteeseina. Tämä johtaa siihen, että tulosten paikkaansa pitävyyttä voi olla syytä lähteä tutkimaan jatkotutkimuksen avulla. Ennen jatkotutkimuksen aloittamista

on syytä verrata tuloksia aiempaan teoriaan ja tietoon. Usein tällä tutkimusotteella saadut tulokset jäävät todentamatta oikeiksi. (Olkkonen 1994, s. 72-75)

Toiminta-analyttisessä tutkimusotteessa tutkimus lähtee liikkeelle tutkimuksen kohteena olevasta ongelma-alueesta, jonka määrittelyn jälkeen tutkitaan ongelma-alueeseen liittyvää teoriaa ja aiempia tutkimuksia. Samalla valitaan tutkimuksen kohdeyksikkö tai yksikköjä, joita tutkimus koskee. Teoriaan ja aiempiin tutkimuksiin perehtymisen jälkeen tehdään ongelman täsmentäminen, kun tutkijan oma tietoisuus ongelma-alueesta on kirkastunut. Tämän jälkeen tutkija tutustuu tutkimuskohteisiin ja tarkentamaan omaa rooliaan. Seuraavaksi voidaan aloittaa havainnot kohdeyksikössä tai -yksiköissä. Seuraava vaihe on tutkimusmenetelmien täsmentäminen, jonka jälkeen voidaan alkaa tulkita havaintoja ja verrata olemassa olevaan teoriaan. Tämän jälkeen tehdään tulosten muotoilu ja päätelmät sekä mahdolliset suositukset. Lopuksi voidaan pohtia tutkimuksen vaikutusta olemassa olevaan teoriaan sekä käsitteistöön. (Olkkonen 1994, s. 72-75)

Käsiteanalyttisen tutkimusotteen tarkoitus on kehittää käsitejärjestelmiä, joita voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi ilmiöiden kuvaamisessa, tunnistamisessa, tyypittelyssä ja suunnittelujärjestelmien perustana. Kehitetty käsitteistö voi olla kokonaan uusi tai olemassa olevan käsitteistön kehitys. Käsiteanalyttisen tutkimusotteen aineisto koostuu yleensä kohdeilmiöstä hankitusta empiirisestä tiedosta, siihen liittyvästä teoriasta ja muista käsiteratkaisuista. (Olkkonen 1994, s. 65)

Toiminta-analyttisessä tutkimuksessa käytetään tyypillisesti tapaus- eli Case-tutkimusta, jolla pyritään ymmärtämään kohteena olevaa ongelmaa. (Olkkonen 1994, s. 76) Case-tutkimus on käyttökelpoinen, kun tutkittavaa ilmiötä on vaikea tutkia ulkoapäin sen luonteen vuoksi ja myös silloin, kun tutkittavaan kohteeseen liittyviä käsitteitä ja muuttujia on vaikea määrittää. Tämä johtuu usein siitä, että liian monia muuttujia on otettava huomioon. Sen takia kokeelliset tai kyselymenetelmät ovat epämiellyttäviä toteuttaa. (Ghuri et al. 2010, s. 109-110)

Case-tutkimusta käytetään yleisesti, kun etsitään kysymyksiin, miten ja miksi vastauksia, kun tutkittava ilmiö on tosielämän alueella, ja kun tutkijalle on vähän mahdollisuuksia seurata ilmiötä (Ghuri et al. 2010, s. 109-110). Case-tutkimuksessa tutkija perehtyy kohteeseen tyypillisesti suoraan havainnoimalla, osallistuvalla havainnoinnilla, haastattelemalla, ja kirjalliseen aineistoon eli dokumentteihin ja arkistoihin tutustumalla (Yin 2009, s. 102). Case- tuloksia verrataan käytettäviin teorioihin ja päin vastoin (Ghuri et al. 2010, s. 109-110).

Tämä tutkimus toteutettiin pääosin toiminta-analyttisellä tutkimusotteella, mutta taustatietoa ja teoriaosuutta tehdessä sovellettiin käsiteanalyttistä otetta. Tutkimus tehtiin case-tutkimuksena eli tapaustutkimuksena, joka on tyypillinen toiminta-analyttisessä tutkimusotteessa. Materiaalinhallinnan ongelmien selvittäminen tehtiin yksittäishaastatteluina, joiden avulla saatiin kuvattua teräsmateriaalinhallinnassa olleet ongelmat materiaalin vastaanotosta tuotantoon. Tutkija toimi myös havainnoitsijana yrityksessä ja kävi vapaamuotoisia keskusteluja eritoimintojen haastateltavien henkilöiden kanssa. Lisäksi perehdyttiin yrityksen raportteihin ja dokumentteihin, jotta saatiin tarkemmin selville, mitä yritys oli itse saanut selville materiaalihukan aiheuttajista ja mikä osuus oli milläkin aiheuttajalla. Ratkaisuehdotukset ongelmiin pyrittiin löytämään vertaamalla havaintoja, raporttien analyysyjä ja haastattelutuloksia materiaalinhallinnan sekä projekti- ja Lean-tuotannon kirjallisuuteen ja tutkimuksiin.

1.5 Tutkimuksen rakenne

Tämä diplomityö koostuu viidestä luvusta. Ensimmäisessä luvussa esitellään tutkimuksen taustaa ja tarkoitusta. Toisessa luvussa käsitellään materiaalinhallinnan menetelmiä Lean-toiminnassa ottaen huomioon projektiympäristö. Luvussa kolme käsitellään tutkimuksen aineistoa ja menetelmiä. Luvussa 3.2 käydään läpi TOF:n materiaalinhallinnan prosessia suunnittelusta tuotantoon. Lisäksi luvussa 3.3 perehdytään TOF:lla tehtyihin sisäisiin tutkimuksiin ja raportteihin teräsmateriaalihukan aiheuttajista. Neljännessä luvussa keskitytään tuotannonjohtamisen ongelmiin ja haasteisiin materiaalinhallintaan liittyen. Nämä ongelmat ja niiden parannusehdotukset on saatu esille henkilöstön haastatteluin ja perehtymällä yrityksen sisäisiin raportteihin. Lisäksi luvussa verrataan haastattelujen tuloksia Lean-toiminnan teorioihin ja annetaan ongelmiin parannusehdotukset. Viimeinen luku viisi on päätelmät, joka on yhteenveto tuotannonjohtamisen ongelmista ja parannusehdotuksista ja suositeltavista toimenpiteistä.

2. LEAN- TUOTANTO JA MATERIAALINHALLINTA

Tässä luvussa perehdytään Lean- tuotannon materiaalinhallinnan periaatteisiin. Luvussa pyritään luomaan käsitys niistä vaatimuksista, joita Lean- tuotanto aiheuttaa materiaalin- ja toimitusketjunhallinnalle sekä materiaali, ja informaatiovirtoihin. Luvussa käydään läpi Lean- imuohjauksen soveltuvuutta projektituotantoon. Lean- ja projektituotantoa käsitellään, koska TOF toimi projektiliiketoiminnan alueella ja yrityksessä oli pyritty ottamaan Lean- tuotannon periaatteita käyttöön. TOF:lla valmistettiin suuria määriä öljyntuotantolautan rungon erilaisia teräsosia teräslevyistä ja –profileista.

TOF:lla teräsosien tuotanto oli lähellä teollista massavalmistusta, mikä palveli yrityksen eri projekteja. Valmistetut osat olivat moninaisia ja niille oli tyypillistä, että joitain osia oli paljon samanlaisia ja joitain osia valmistettiin erittäin vähän. Lisäksi osille oli tyypillistä, että samanlaisia osia tarvittiin projektin useissa erivaiheissa. Moninaisen ja suuren oman tuotannon vuoksi Lean- ajattelu oli otettu TOF:lla yhdeksi näkökulmaksi materiaalinhallinnan parantamista ajatellen.

Tämän luvun lopussa käydään läpi materiaalin tunnistuksen- ja seurannan menetelmiä, koska TOF:lla oli ongelmia materiaalin seurannassa, niin toimitusketjussa, kuin tuotannon sisälläkin. Myös yrityksen tietojärjestelmät ovat keskeinen osa materiaalinhallintaa, minkä vuoksi luvun viimeisessä alaluvussa käydään läpi ominaisuuksia, joita projektiliiketoimintaa ja Lean- ajattelua soveltavan yrityksen tietojärjestelmiltä vaaditaan.

2.1 Lean- tuotanto

Lean- tuotanto on japanilainen tuotantofilosofia, joka perustuu japanilaisiin tuotantokeinoihin, kuten JIT, TBM, TQM, Kaizen ja Benchmarking (Salminen & Uitti 1997, s. 165-166; Karlöf 1995, s. 284). Hannus (1997, s. 208) vastaavasti pitää Lean toimintaa muiden ismien ja ohjausperiaatteiden kattokäsitteenä, joita ovat TQM, TBM, SCM ja ABM. Hannus (1997, s. 208) myös määrittää Lean- toimintatapa on yrityksen toimintatapa, jossa tulee ottaa kaikki yrityksen toiminnot huomioon. Lean- toiminnassa ominaista on matala organisaatio ja asiakaslähtöinen toiminta. Lyhyesti kuvattuna Lean- toimintatapa perustuu materiaalin pehmeään ja sulavaan läpivirtaukseen, kaiken asiakkaalle arvoa tuottamattoman toiminnan karsimiseen, yksikkökustannusten vähentämiseen sekä

jatkuvaan parantamiseen koskien koko jakeluverkkoa. Lean pyrkii tuottamaan enemmän arvoa vähemmällä resursseilla. Yksi tavoite on lisätä henkilöstön ja ryhmien itseohjautuvuutta valtuuttamalla henkilöstöä. Lean-tuotanto on aina imuohjattua, jolloin tuotantoprosessi lähtee liikkeelle vain asiakkaan ja seuraavan työvaiheen tilauksesta. Mahdollisimman pienet eräkoot ja nollavarastot ovat tuotantomallille ominaista. Lean pyrkii kasvattamaan yrityksen voittoa lisäämällä arvoa asiakkaalle sekä vähentämään kaikki turhat toiminnot ottaen huomioon koko prosessi, toiminnot ja jakeluverkon. Lisäksi pyritään tuottamaan asiakkaan haluamia tuotevariaatioita loputtomasti. (Slack et al. 2010, s. 431-451; Karlöf 1995, s. 284-285; Hannus 1997, s. 208; Salminen & Uitti, 1997, s. 165-166, 173). Lean-toiminnalle on myös ominaista se, että siinä pyritään kaikessa täydellisyyteen, vaikka sitä ei ehkä ikinä saavutettaisikaan. Toiminta on ohutta, säästäväistä ja kevyttä. Lean-toiminnalla pystytään tuottamaan enemmän parempia tuotteita käyttäen vähemmän resursseja. Tämän lisäksi pystytään vastaamaan myös asiakkaan tarpeisiin entistä paremmin. Lean-toiminnassa pyritään alentamaan kustannuksia jatkuvasti ja toimimaan säästäväisesti. Yksi tavoitteista on pyrkiä virheettömyyteen. (Hill & Hill 2009, s. 76-77) Tämän lisäksi asiakkaan haluamia tuotevariaatioita pyritään tuottamaan nopeammin kuin kilpailijat (Hannus 1997, s. 215). Wong & Wong (2009, s. 270) ovat määrittäneet 14 keskeistä toimintoa, joihin keskittyä ja joita tulee kehittää otettaessa Lean-tuotantoa käyttöön. Nämä toiminnot ovat työprosessi, aikataulutus, varastot, laitteet, layout, materiaalinhallinta, työntekijät, laatu, tuotesuunnittelu, toimittajat, työkalut ja tekniikat, asiakkaat, ergonomia ja turvallisuus sekä johtaminen ja kulttuuri.

2.1.1 Asiakasarvo ja hukan tunnistaminen ja poistaminen

Asiakkaan kokeman arvon Christopher (2011, s. 29) määrittelee seuraavasti: asiakkaan kokema arvo on hankinnasta tai kumppanuudesta saatujen etujen suhde kokonaiskustannuksiin. Hannus (1994, s. 215) määrittelee arvon muodostuvan hinnasta, laadusta ja ajasta. Hankintahinta pitää sisällään myös muita kustannuksia, kuin mitä tuotteen valmistus vaatisi. Näitä kustannuksia ovat esimerkiksi: varaston ylläpito-, huolto-, käyttö- ja jälleenkäsittelykustannukset. (Slack et al. 2010, s. 435-436) Lean-ajattelussa on tärkeää ymmärtää, mitkä toiminnot ja resurssit tuovat loppuasiakkaalle arvoa ja ovat tarpeellisia. Mikä ei tuota arvoa on hukkaa. (Poppendieck 2002, s. 4)

Lean-tuotannon yksi periaate on kaiken hukan poistaminen. Hukalla tarkoitetaan kaikkea tuotanto- ja toimitusketjussa tapahtuvaa asiakkaan arvoa lisäämätöntä toimintaa. Lean-ajattelun ja tuotantotavan kehittäjä Toyota on määritellyt turhalle toiminnalle seit-

semän päätyyppiä, jotka ovat ylituotanto, odotusajat, kuljetus, prosessi, varastot, liike ja laatuvirheet. (Slack et al. 2010, s. 435-436) Lean tuotannossa hukan tunnistaminen ja poistaminen on jatkuva prosessi. Vastatakseen kysyntään Lean- tuotanto optimoi yrityksen materiaali-, ihmis- ja tietovirrat. Yritykset, jotka ovat onnistuneet ottamaan Lean-tuotannon toimintaan ovat käyttäneet aikaa ja resursseja ymmärtääkseen heidän tuotantoprosessinsa materiaali- ja informaatiovirrat. Näistä nämä yritykset ovat keskittyneet paikantamaan niissä esiintyviä seitsemää hukan tyyppiä ja poistamaan ne. Lean-prosessit auttavat tunnistamaan näitä seitsemää hukan tyyppiä, mitkä ovat haitanneet tuotantoa. (Brown & Rusk 2019, s. 32-34)

Hukkaa kannattaa etsiä kahden toiminnon väliltä. Toiminnot voivat sisältää materiaalia tai tietoa tai molempia. Yleensä siitä, mihin edellinen toiminto lopettaa, niin seuraava ei jatka suoraan, vaan joidenkin toimintojen välillä voi olla esimerkiksi jopa 20 ihmistä, jotka käsittelevät materiaalia tai tietoa. Näiden toimintojen väliseltä alueelta hukka voi löytyä. Kaikissa teollisuuden valmistustoiminnoissa on viisi askelta: jonotus, asetus, työ, odotus ja siirto. Työosuus on arvoa lisäävä osuus, johon on keskitytty ja sen tehokkuus on useimmiten kunnossa. Muut neljä ovat asioita, joihin tulisi enemmän keskittyä ja mistä löytyy hukkaa ja tehostamisen mahdollisuuksia. (Flinchbaugh 2005, s. 34) Materiaalin siirrot ja odotusajat ovat hukkaa ja ne tulee saada Lean- tuotannossa minimiin. Layout suunnitellaan siten, että turhat siirrot ja kuljetukset poistetaan. Varastoja tulee välttää ja tarvittavat varastot pidetään minimissä, näin säästetään varastojen ylläpito-kustannuksissa ja myös tilaa säästyy. Tuotesuunnittelu on tärkeää, koska se vaikuttaa valmistustapoihin ja kustannuksiin. (Wong & Wong 2009, s. 269)

Arvovirran määrittäminen on yksi apuväline Lean- tuotannon hukan tunnistamisessa. Siinä perehdytään toimitus- ja valmistusketjun toimintoihin ja tarkastellaan, mitkä toiminnot ovat välttämättömiä sekä mitkä tuottavat loppuasiakkaalle lisäarvoa. Kun arvovirta on määritetty, kaikki muu arvoa tuottamaton toiminta tarkastellaan ja siitä pyritään pääsemään eroon. (Green et al. 2010, s.2981-2992) Green et al. (2010, s. 2981-2992) osoittivat tutkimuksessaan, että arvovirran määrittämisen ja turhien toimintojen poistamisella sekä muiden Lean- työkalujen 5S:n, imuohjauksen ja JIT- toiminnan käyttöönotolla saatiin heidän tarkastelemansa tuotantoprosessin läpimenoajasta säästettyä 14 tuntia viikossa. Mikä tarkoittaa 700 tuntia 50 viikossa. Tämä säästö voitiin laskea suoraan pienempinä henkilöstökuluina sekä lisääntyneenä tuottavuutena.

Seuraavalla sivulla olevassa taulukkomatriisissa (Taulukko 1.) on esitetty, mitkä seuraavissa luvuissa esitettävät Lean- tuotannon periaatteet, toiminnot ja menetelmät vähentävät eri hukan tyyppiä.

Taulukko 1. *Taulukko 1. Lean- menetelmien vaikutus seisemään hukan tyyppiin*

	Ylituotanto	Odotusajat	Kuljetukset	Prosessi	Varastot	Turhat liikkeet	Laatuvirheet
Imuohjaus, JIT	X	X			X		X
Tasoitettut toimituserät	X				X		
Yksinkertaiset tuotantokoneet ja joustava automaatio		X			X		X
Jatkuva parantaminen, Kaizen	X	X	X	X	X	X	X
Tuotesuunnittelu				X	X	X	X
Parhaista menetelmistä oppiminen, Benchmarking	X	X	X	X	X	X	X
Kokonaisvaltainen laatujohtaminen TQM		X			X		X
Aikaan perustuva johtaminen TBM	X	X			X		
5 S		X		X	X	X	X

Yllä olevan taulukon Lean- menetelmiä käydään läpi tarkemmin seuraavassa luvussa.

2.1.2 Menetelmät

Jatkuva parantaminen eli Kaizen on yksi keskeinen osa Lean- ajattelua. Kaizen on jatkuvaa tuottavuuden ja laadun parantamista, joka koskee koko yrityksen organisaatiota ja henkilöstöä. (Karlöf 1995, s. 279) Kaizen palvelee myös loppuasiakasta ja seuraavia työvaiheita, jolloin koko prosessi tehostuu. Lisäksi Kaizen on myös ongelmanratkaisuprosessi, jossa ongelman ilmetessä selvitetään aina sen syy ja poistetaan se. (Salminen & Uitti 1996, s. 89) Usein ajatellaan, että tuotannon parantaminen tapahtuu vain suurin askelin investoimalla uuteen teknologiaan, mutta Kaizen keskittyy jatkuvaan parantamiseen pienin askelin. Kuitenkaan isoja parannusloikkia ei saa unohtaa, koska näillä voidaan luoda suuria kilpailuetuja kilpailijoihin nähden. Perinteisessä ajattelussa yrityksen toimintojen tehokkuus on pyritty pitämään tietyllä tasolla, mutta Kaizen pyrkii jatkuvasti parantamaan tehokkuutta. (Stimpson 2002, s. 367-368) Kaizen pyrkii siihen, että mikään toiminto tai prosessi ei ole lähelläkään ideaalista tehokkuutta vaan toimintoja ja prosesseja pyritään saamaan lähemmäksi ideaalista tehokkuutta, mitä koskaan ei kuitenkaan voida saavuttaa. Tämä johtaa siihen, että parantaminen jatkuu ikuisesti. Kaizen vaikuttaa kaikkiin yrityksen toimintoihin tehostaen ja parantaen niitä. (Salminen & Uitti 1996, s. 89; Slack et al. 2010, s.435) Kaizenin yksi pääajatuksista on, että työntekijät osallistutetaan antamaan heidän ideoitaan ja näkemyksiä toiminnan kehittämiseksi. Näitä ideoita tulee vielä miettiä ryhmissä, joissa parhaat ideat toiminnan ja laadun parantamiseksi jalostuvat. Lisäksi näille työntekijöiden kehitysryhmille tulee antaa

valta tehdä päätöksiä toiminnan kehittämiseen työpisteillä. Näin saadaan työntekijöitä motivoitua omaan työhön ja tämä motivoi työntekijöitä miettimään lisää parannusehdotuksia työhön. Johdon myös pitää tukea työntekijöiden ammattitaitoa koulutuksin ja työkierrolla, mitkä edesauttavat ongelmien havaitsemista ja niiden ratkaisemista Tärkeää on, että koko organisaatio ja kaikki työntekijät eri työvaiheista osallistuvat kehittämiseen, jolloin ei synny osaoptimoitua ja tämän lisäksi kaikki tuntevat itsensä osaksi organisaatiota. Organisaatio on sitoutunut siihen ja työntekijöiden tulee olla riittävän ammattitaitoisia. Sitouttamis- ja motivointikeinoja ovat esimerkiksi työnkierto ja erilaiset palkkausjärjestelmät. (Stimpson 2002, s. 367) Yksi tapa motivoida henkilöstöä on ottaa käyttöön ryhmän suoritukseen perustuva palkkaus, jolloin työskentely on ryhmäkeskeisempää. On tutkittu, että ryhmä saavuttaa paremmin tavoitellun suoritustason, kuin yksittäinen henkilö, koska silloin jokainen panostaa ryhmän yhteisen etuun. (Holbeche 1998, s. 276-277)

5S on Japanista peräisin oleva työympäristön hallintaan liittyvä metodi, jota kuuluu Lean- ajatteluun ja Kaizeniin. (Slack et al. 2010, s. 446; Salminen & Uitti 1996, s. 95) 5S:llä pyritään työympäristön siisteyteen ja ajatellaan tämän lisäävän tehokkuutta ja vähentävän turhia toimintoja, kuten tavaroiden etsintää. 5S tulee alun perin viidestä japanilaisesta sanasta alla olevan listan mukaan:

- "Seiri" eli järjestä. Poistetaan kaikki, mitä ei tarvita ja pidetään vain, mikä tarvitaan.
- "Seiton" eli asettelu. Laita tavarat siten, että ne ovat aina tarvittaessa helposti löydettävissä ja otettavissa.
- "Seiso" eli puhdista. Pidä työympäristö siistinä ja puhtaana.
- "Seikuteze" eli ylläpidä. Ikuinen siisteys.
- "Shitsuke" eli kehitä. Kehitä sitoutumista ja ylpeyttä pitämään kiinni siisteydestä.

5S:n avulla voidaan vähentää kaikkea hukkaa, kuten esimerkiksi odottamista, epävarmuutta ja oikean tiedon etsintää. (Slack et al. 2010, s. 446)

Lean- ajatteluun kuuluu laatuun perustuva johtaminen TQM (Total Quality Management), koska laatu ja sen parantaminen on Leanin yksi osa-alue. (Hannus 1997, s. 208-209) Laatujohtamisen päätavoite on saavuttaa asiakasta tyydyttävä laatu sekä täyttää asiakkaan tarpeet ja odotukset. Lisäksi tavoitellaan laadun rakentamista prosessin sisään eli tuotetaan laatua ja ennalta ehkäistään virheet hylkäämisen, jälkikarjastuksen ja korjaamisen sijaan. (Karrus 2001, s. 215) Tämä tavoite on implementoitu koko organisaatioon työntekijöistä yritysjohtoon ja kaikkiin eri toimintoihin, kuten suun-

nitteluun, ostoon, valmistukseen, myyntiin ja huoltotoimintoihin. TQM:ssä työntekijöille annetaan vastuu työnsä laadusta siten, että seuraava työvaihe saa aina virheettömän tuotteen edelliseltä. Työntekijät rohkaistaan ”tee kerralla oikein” mentaliteettiin. (Stimpson 2002, s. 377) Aiemmin mainittu Kaizen on yksi tärkeä jatkuvan laadun parantamisen työkalu. Laatu johtamisen tulee kattaa koko toimitusketju aina ketjun alkulähteiltä loppuasiakkaalle, jolloin mahdolliset laatuvirheet eivät pääse kertaantumaan ketjun loppupäässä. TQM:ssä laadusta aiheutuvien kustannusten selvittäminen on tärkeää. Tällä tarkoitetaan sitä, että mistä kustannukset ovat aiheutuneet, kuten esimerkiksi laatuvirheen aiheuttamasta tuotannon keskeytymisestä johtuvat työntekijöiden odotusajan palkka. Tällaisessa tapauksessa lähdetään selvittämään laatuvirheen syyt ja syiden löydyttyä ne poistetaan ja siitä opitaan virheen syyt siten, että virhe ei enää toistu. Yksi TQM:n päätavoitteista on sellaisten toimintojen ja prosessien kehittäminen, jotka tukevat laatua ja sen jatkuvaa kehittämistä. Nämä edellä mainitut laatu-kustannukset ovat jaettu neljään ryhmään, jotka ovat: ehkäisykustannukset, arviointikustannukset, sisäiset ja ulkoiset laatu-kustannukset. Ehkäisykustannukset ovat kustannuksia, joilla ehkäistään mahdollisia virheitä ja ongelmia. Arviointikustannuksilla taas tarkoitetaan kustannuksia, jotka aiheutuvat laadun ylläpidon ja seuraamisen suunnittelusta, laatuongelmien tutkimisesta, laaturaporttien tuottamisesta sekä asiakaskyselyiden ja auditointien tekemisestä. Sisäiset laatu-kustannukset ovat yrityksen sisällä huomattuja laadusta johtuvia kustannuksia ja näitä ovat laatuvirheiden takia menetetty tuotantoaika, uudelleen tehdyt osat ja materiaalit, roskiin menneet tuotteet. Ulkoiset laatu-kustannukset ovat taas niitä, jotka aiheutuvat huonon laadun päätymistä yrityksen ulkopuolelle asiakkaalle asti. Laatuvirheen päätyminen asiakkaalle aiheuttaa kustannuksia, jotka ovat seurausta asiakkaiden vähenemisestä sekä takuu korjauksista ja reklamaatioiden käsittelystä. (Slack et al. 2010, s. 508-510; Salminen & Uitti 1996, s. 71-76)

Aikaan perustuva johtaminen eli TBM on yksi tärkeä Leanin osa-alue. Aika on Lean-ajattelussa keskeinen mittari ja resurssi, jota tulee säästää. Ajansäästöä tavoitellaan eliminoimalla kaikki tuottamaton aika tilaus-toimitusketjusta. (Karrus 2001, s. 214) TBM:n tavoite on tuottaa mahdollisimman paljon lisäarvoa lyhyimmässä mahdollisessa ajassa. Tuotteiden kehitykseen, valmistukseen sekä niiden jakeluun käytetty aika pyritään saamaan mahdollisimman lyhyeksi. TBM:ssä tuotannonohjaus perustuu aiemmin mainitun JIT-ajattelun periaatteisiin eli yksinkertaiseen virtaukseen, imuohjaukseen sekä pieniin eräkokoihin. (Salminen & Uitti 1996, s. 133-136)

ABM (Activity Based Management) eli toimintojohtaminen on myös osa Lean-toimintaa ja se perustuu toimintoperusteiseen kustannuslaskentaan ABC (Activity Based Costing). Toiminnoilla tarkoitetaan yrityksen eri toimintoja ja prosesseja esimerkiksi suun-

nittelu, tilausten käsittely, tuotannonohjaus, laadunvalvonta ja varastointi. ABM:n lähtökohtana on tuottaa asiakkaalle enemmän arvoa ja samalla yritykselle enemmän voittoa käyttämällä ABC- laskennan tuloksia päätöksen teon ja johtamisen tukena. (Hannus 1997, s. 193-199; Uusi-Rauva & Neilimo 2010, s.143-144; Salminen & Uitti 1996, s. 154) Toimintojohtamisen peruseriaatteet menevät suurelta osin päällekkäin laatujohtamisen TQM periaatteiden kanssa. Peruseriaatteisiin kuuluu toimintojen johtaminen eikä resurssien. Tällöin kustannuslaskenta kohdistetaan toimintoihin ja niistä koostuviin prosesseihin, kustannusten aiheuttajiin sekä suoritus mittareihin. Muita peruseriaatteita ovat toimintojen virtaviivaistaminen, hukan eliminointi, toimintojen suorittaminen kerralla oikein, sitouttaminen sekä toimintojen jatkuva kehittäminen, Lisäksi annetaan asiakkaiden määrittää toiminnot eli toimintoja pitää tarkastella niiden ulkopuolelta. (Hannus 1997, s. 194) ABC- laskennan tavoite on saada kustannukset jaettua riittävän tarkasti niiden aiheuttaville toiminnoille. Toimintojohtamisessa voidaan tarkastella näitä toimintoja, niiden välttämättömyyttä sekä ovatko asiakkaalle arvoa tuottavia toimintoja vai ei. Tarkastelun perusteella nähdään toiminnot, joita voidaan tehostaa sekä toiminnot, jotka voidaan lopettaa eli arvoa tuottamattomat toiminnot. (Hannus 1997, s. 193-199; Uusi-Rauva & Neilimo 2010, s.143-144; Salminen & Uitti 1996, s. 154)

Tuotesuunnittelulla on merkittävä rooli prosessien ja tuotannon toimivuudelle. Lean-ajattelussa tuotteet suunnitellaan Concurrent engineering periaatteiden mukaan, jolloin uuden tuotteen eri suunnitteluvaiheet pyritään suorittamaan samanaikaisesti. Näitä vaihteita on esimerkiksi itse tuotesuunnittelu, valmistusprosessin suunnittelu ja materiaalihankintojen suunnittelu. Näin päästään nopeampaan projektin läpimenoaikaan, kun tuotteen ja valmistusprosessin suunnittelu-aika saadaan minimiin. (Salminen & Uitti 1996, s. 117-123) Tuotesuunnittelussa tulee ottaa myös huomioon tuotteiden valmistettavuus ja käytettävyys. Mitä yksinkertaisemmat tai helpommat tuotteet yrityksellä on valmistaa, sitä varmemmin ja paremmin tuotanto toimii. Tuotteiden yksinkertaistaminen ei kuitenkaan saa tarkoittaa asiakasarvon tai laadun laskua. Tuotesuunnittelulla pystytään vaikuttamaan suoraan työvaiheisiin ja niissä tapahtuviin turhiin toimintoihin eli mitä helpompi tuote on valmistaa, sitä vähemmän tulee turhia liikkeitä ja laatuvirheitä. Tällöin tuotantoprosessi tehostuu. Tuotannossa jotkin prosessit voivat välillä olla hukkaa. Tämä johtuu siitä, että tuote on esimerkiksi suunniteltu, niin huonoksi, että sille joudutaan tekemään turhia toimenpiteitä. (Karrus 2001, s. 213; Slack et al. 2010, s. 131-436; Salminen & Uitti 1996, s. 117-118)

Benchmarkingin on yksi menetelmä, mikä kuuluu Lean- ajatteluun. Benchmarking tarkoittaa alan parhaista toimintavoista oppimista eli otetaan mallia kilpailijoilta yhteistyökumppaneilta tai jopa ihan eri alan toimijoista. Benchmarking voi olla myös yrityksen si-

sällä eri toimintojen esimerkiksi eri tehtaiden välillä tapahtuvaa vertailua ja oppimista. Benchmarkingissa pyritään oppimaan parhaat tavat toimia ja tuottaa asiakasarvoa. Benchmarkingissa voidaan vertailla eri toimintojen tehokkuutta, parhaita käytäntöjä, aikaa ja laatua. Tämä tapahtuu tutustumalla ja tutkimalla vertailtavan kohteen prosesseja ja toimintatapoja, ja vertaamalla näitä omiin vastaaviin. Benchmarking ei ole kertaluontoinen projekti vaan se jatkuva parhaiden käytäntöjen vertailua. Se ei myöskään tuota jatkuvasti valmiita ratkaisuja vaan ideoita ratkaisuiksi. Suora prosessien kopiointi ei ole myöskään tarkoitus vaan tarkoituksena on oppimisprosessi ja käytäntöön soveltamista. (Slack et al. 2010, s. 466; Karlöf 1995, s. 96; Salminen & Uitti 1996, s. 113-114)

Acharya (2009, s. 361-365) sovelsi Lean- menetelmiä tutkimuksensa kohteena olleessa yrityksessä materiaalinhallinnan parantamiseen Lean- periaatteiden avulla. Aluksi hän selvitti tutkimuksen kohteena olleen prosessin arvovirran, jotta ymmärtäisi miten tuotantoprosessia voidaan parantaa. Tämän jälkeen hän otti käyttöön 5S periaatteen ja järjesti tuotantotilat tämän mukaan, jolloin työpisteet oli siistitty ja järjestetty siten, että niissä oli vain tarvittavat työkalut ja materiaalit helposti saatavilla. Seuraavana vaiheena oli layoutin järjestäminen Lean- periaatteiden mukaan eli peräkkäiset työvaiheet sijoitettiin lähemmäksi toisiaan, jolloin turhia välivarastoja ei päässyt syntymään. Aiemmin käytössä olleista turhista välivarastoista päästiin näin eroon. Näin kuljetusmatkat lyhenivät tuotantotiloissa. Seuraavana vaiheena otettiin käyttöön Kanban- imuohjaus, jolloin kaikki tapahtuivat seuraavan vaiheen tilauksesta.

Näillä toimenpiteillä yrityksen materiaalin käsittelyaika väheni 56%. Lisäksi materiaalin käsittelyn työmäärä väheni 39%. Myös läpimeno aika lyheni noin 22%. Layoutin uudelleen suunnittelu pienensi tarvittavaa tuotanto ja varasto tilaa melkein 100 neliometriä. (Acharya 2009, s. 366)

2.2 Toimitusketjun hallinta

Lean- toimintatavassa tulisi toimia lähellä asiakasta ja kohdemarkkinoita. Tällöin pystytään saamaan aikaan mm. hyvä asiakastuntemus ja sitä kautta parempi käsitys asiakkaiden tarpeista ja mukauttamaan tuotteet nopeasti asiakastarpeita varten (Salminen & Uitti 1997, s. 173).

Lean- toimintatavassa on tärkeää, että se on käytössä läpi koko valmistus- ja toimitusketjun, jolloin materiaalivirta on virtautettua ja imuohjattua koko toimitusketjussa. Usein on ongelmana, että eri toiminnot pyrkivät optimoimaan omaa tuotantoaan tehden suuria eriä tiettyä tuotetta, jolloin esimerkiksi asetusajat saadaan pidettyä pieninä. Tämä johtaa eräkokojen kasvuun ja välivarastojen syntyyn, mutta silti asiakaan tilaus ei val-

mistu yhtään sen nopeammin. Kun Lean- toiminta on otettu käyttöön koko toimitusketjussa, se mahdollistaa sen, että koko toimitus- ja valmistusketju pyrkii tekemään asiakas tilauksen mahdollisimman nopeasti valmiiksi. Pyritään siis kokonaistehokkuuteen, jolloin valmistettavan tuotteen läpimenoaika on mahdollisimman pieni. (Poppendieck 2002, s. 6) Tällöin läpimenoaika koko prosessissa tulee nopeammaksi. Lisäksi mihinkään osaan ei synny turhia välivarastoja. Vastaavasti tieto asiakastilauksista sekä mahdollisista muutoksista kulkee läpi toimitusketjun nopeasti, jolloin koko ketju pystyy reagoimaan tilauksiin ja muutoksiin nopeasti ja joustavasti. Tämä edellyttää, että luodaan pitkiä ja syvällisiä kumppanuussuhteita toimittajien ja alihankkijoiden kanssa, jolloin toimintaa voidaan kehittää jatkuvasti yhdessä. Syvällisten kumppanuussuhteiden luonti johtaa usein siihen, että tärkeillä ja kriittisillä komponenteilla on usein vain yksi toimittaja tai maksimissaan kaksi. Nämä syvällisen yhteistyön toimittajat ovat valmiina toimittamaan kyseisiä komponentteja lyhyellä läpimenoajalla. Toimittajat pyritään valitsemaan myös alueellisesti läheltä yrityksen toimintaa joustavuusedun vuoksi, kuljetusmatkojen ollessa toimittajaverkoston sisällä on lyhyet. (Hannus 1994, s. 216; Stimpson 2002, s. 362; Slack et al. 2010, s. 447)

Ulkomailta hankinta on yksi vaihtoehto yritykselle hankkia tarvitsemansa tuotteet, materiaalit tai palvelut. Kilpailun kovetessa yrityksen tulee parantaa hintakilpailukykyä. Tämä johtaa hankintojen laajempaan kilpailuttamiseen, jolloin päädytään alemman kustannustason maissa toimiviin toimittajiin, jotka ovat selvästi paikallisia edullisempia. (Sakki 2009, s. 101-103) Ulkomailta hankittaessa on myös otettava huomioon toimituksiin liittyvät riskit, joita ovat toimitusajalliset, geo- ja kauppapoliittiset riskit sekä mahdolliset sodat terrorismi ja luonnonkatastrofit. (Slack et al. 2010, s. 382-383)

Kuljetus-, ja varastointikustannusten kasvu tulee ottaa huomioon hankintoja tehdessä. Varastointikustannukset nousevat, koska hankintojen aikataulut on vaikeampaa ja kuljetuksiin sisältyy enemmän riskiä, jonka vuoksi voidaan joutua ottamaan pelivaraa toimitusaikaan. Pidemmän toimitusajan tuotteita tilataan myös kerralla enemmän, jotta kuljetuskustannukset eivät nousisi kohtuuttomiksi, mutta tämä johtaa varastojen kasvuun ja varastokustannusten nousuun. Kuljetuskustannukset nousevat suoraan matkan pidentymisen vuoksi. Lisäksi kustannuksia nostavat mahdolliset verot, tariffit ja tullimaksut. Näitä pystytään välttämään, jos hankinnat tapahtuvat jonkin kauppalueen sisällä esimerkiksi EU. (Sakki 2009, s. 101-103)

2.3 Tuotannonohjaus ja materiaalinhallinta

Lean- tuotannon ohjauksen periaatteena toimii imuohjaus ja JIT- ajattelu (Just In Time). Tämä tarkoittaa, että materiaali tai resurssit ovat juuri oikeaan aikaan oikeassa paikas-

sa. Lisäksi materiaalin virta on imuohjattua läpi koko tuotanto- ja toimitusketjun. Näin mitään ei tapahdu toimitusketjussa ennen, kuin seuraava vaihe on vaatinut sitä edelliseltä. Koko ketju lähtee aina asiakastilauksesta. Lean- tuotannossa on tarkoitus valmistaa tuotteet tilauksesta, niin nopeasti kuin mahdollista. (O 2002, s. 5) JIT- toiminnan avulla voidaan vähentää ylituotantoa, kustannuksia, odotusaikoja, varastoja ja laatuvirheitä. Lisäksi pyritään tehokkuuden kasvattamiseen, kustannusten alentamiseen, odotus- ja läpimenoaikojen lyhentämiseen. Periaatteisiin kuuluu myös kaiken tuotannon tekemistä niin vähällä resurssimäärällä, kuin on mahdollista. (Slack et al. 2010, s. 431-451; Stimpson 2002, s. 362-366)

Materiaalin ohjaus ja virtaus on tehty imuohjauksella, mikä tarkoittaa sitä, että valmistus- tai toimitusketjun seuraava vaihe tilaa edelliseltä vaiheelta materiaalierän, kun se on käyttänyt edellisestä erästä tietyn osan. Eli kun tietty osa materiaalista on käytetty, lähetetään edelliselle vaiheelle tilausimpulssi. Tätä kutsutaan tilauspisteeksi. Tilauspiste tulee imuohjauksessa määrittää siten, että varastot jäävät mahdollisimman pieniksi eli vain välttämätön materiaalmäärä pidetään varastossa, jotta työ ei pääse keskeytymään. Tämä ehkäisee liian suurien eli turhien varastojen muodostumista. Optimitilanteessa varastoja ei ole lainkaan. Imuohjausta ja sopivia eräkokoja käyttämällä myös odotusajat pienenevät, kun materiaali tulee suoraan tuotantoon edelliseltä vaiheelta siten, että edellinen materiaalierä saadaan lähes samanaikaisesti valmiiksi. Tällöin tuotanto ei pääse keskeytymään, kun seuraava käsiteltävä materiaalierä on juuri saapunut. (Stimpson 2002, s. 359-366) Tasoitetuilla toimituserillä pystytään vähentämään varastoja sekä ylituotantoa. Lisäksi tasoitetut toimituserät lyhentävät myös materiaalien läpimenoaikoja. Tasoitetulla toimituserällä tarkoitetaan sitä, että toimitetaan juuri oikea tuotannon tarvitsema määrä materiaaleja samalla kertaa eikä siten, että jokaista materiaalia toimitettaisiin erikseen isoja määriä varastoon odottamaan tuotantoa. (Slack et al. 2010, s. 445-446)

JIT-toiminnassa pienet eräkoot ja varastot auttavat havaitsemaan laatuvirheet paremmin, koska pienetkin laatuvirheet tai koneviat tuotannossa aiheuttavat keskeytyksen suhteellisen nopeasti vikakohdan jälkeisissä vaiheissa. Tämä on JIT -ajattelussa johtanut siihen, että kun vika havaitaan ja tulee keskeytys tuotannossa, niin myös vikaan reagoidaan paljon nopeammin ja sen perimmäiset syyt selvitetään ja tehdään korjaavat toimenpiteet. Tämä johtaa laadun paranemisen, kun kaikkiin vikoihin reagoidaan heti ja niistä opitaan, jolloin vikatilanteet eivät pääse toistumaan. Laatua ja tehokkuutta parantaa myös Lean- tuotannolle ominainen niukoilla resursseilla toimiminen, koska ei ole varaa arvoa tuottamattomaan turhaan toimintaan tai laatuvirheisiin. (Slack et al. 2010, s. 432-433)

Yksinkertaisilla ja joustavilla tuotantokoneilla ja –automaatiolla saadaan odotusaikoja pienemmäksi ja laatua paremmaksi. Yksinkertaisten ja halpojen koneiden avulla voidaan tehdä samaa tai eri tuotteita rinnakkain, jota yhdellä kalliimmalla monitaitoisella koneella ei voida tehdä. Lisäksi, kun yksi monitaitoinen tuotantokone on korvattu useammalla halvemmalla ja yksinkertaisemmalla koneella saadaan tuotanto vähemmän riippuvaiseksi yhdestä koneesta esimerkiksi koneen vikaantuessa. Tosin aina tuotantokoneiden korvaaminen edellä mainitulla tavalla ei ole mahdollista. Odotusajat pienenevät, kun koneet ovat helppokäyttöisiä ja nopeita asettaa tekemään tuotteita. Kun seuraavan tuotteen valmistukseen tarvittavat asetukset voidaan tehdä koneen valmistaessa vielä edellistä tuotetta, saadaan asetusajat lähelle nolaa ja seuraavan tuotteen valmistus voidaan aloittaa välittömästi. Tuotteiden ja työkalujen helppo ja nopea vaihtaminen koneeseen on yksi oleellinen asia, jolla saadaan asetusajaa lyhyemmäksi. Tuotantoprosessissa odotusajat ovat myös asiakasarvoa lisäämätöntä toimintaa. Odotusajoilla tarkoitetaan aikaa, jonka kappale joutuu odottamaan ennen kuin se menee seuraavaan työvaiheeseen eli aikaa, jonka kappale odottaa ennen arvoa lisäävää toimintaa. (Slack et al. 2010, s. 439-446; Salminen & Uitti, 1997, s. 166-175).

Kim & Kim (2012, s. 849-863) tutkivat tietokoneohjattua imuohjausta projektin materiaalinhallinnassa. Materiaalin imuohjaus perustui projektin aikataulunseurantaan ja hankintojen aikataulutukseen. Aikataulussa olleille töille oli määritetty tietyt materiaalit ja materiaalinhallintaohjelma hälytti kaksi viikkoa ennen materiaalin tarvetta. Aikataulua seurattiin aina neljäviikkoa eteenpäin, jolloin seuranta oli reaaliaikaista ja tiedettiin seuraavan neljän viikon aikana tulevat työt. Kun materiaalinhallintaohjelma hälytti materiaalitarpeesta tuotantoinisinööri tarkasti vielä materiaalitarpeen ja siirsi sen materiaalinpäällikölle tilattavaksi. Materiaalipäällikkö tarkasti, hyväksyi ja laittoi tilauksen eteenpäin. Näin materiaali toimitettiin aina imuohjatuksi oikeaan tarpeeseen oikea määrä. Tutkimuksessa he havaitsivat seuraavia etuja imu- ja tietokoneohjatussa materiaalinhallinnassa:

- Tarkemman viikkosuunnittelun toteutuneet toiminnot kasvoivat 60%:sta 90%:iin, mikä tarkoittaa kasvanutta tuottavuutta tarkemman materiaalin, työvoiman ja laitteiden käyttöönoton ansiosta.
- Materiaalin kysynnän vaihtelu väheni tarkemman suunnittelun ja imuohjauksen ansiosta.
- Materiaalin toimittajan läpimeno ajat lyhenivät materiaalin hankintajärjestelmän ansiosta, mikä vähensi käsin tehtäviä toimenpiteitä hankinnassa. Tämä helpotti myös materiaalin imuohjausta.

- Auttoi pääurakoitsijaa vähentämään materiaalivarastoja, esimerkiksi raudoitus tarvikkeet vähenivät 70%.
- Töiden suoritus kirjattiin päivittäin ja näin suoritettujen tehtävien laskutus saatiin tehtyä reaaliajassa. Projektin liikevaihto ja tuotto/tappio oli reaaliaikaisesti nähtävissä. Kustannusten hallinta tuli läpinäkyvämmäksi.

He havaitsivat myös haasteita, jotka listattuna alla:

- Osan työntekijöiden mielestä kyseinen järjestelmä yli työllisti heitä.
- Kaikilla alihankkijoilla ei ollut kyvykkyyttä ehdotettuun järjestelmään, koska kaikki ihmiset eivät olleet tottuneet käyttämään tietokonetta eikä ehdotettua tietokoneohjelmaa.
- Toisen tai kolmannen tason alihankkijoita oli vaikea saada käyttämään ehdotettua ohjelmaa. Lisäksi pääurakoitsijalle ei ollut suoraa hallintaa näistä alihankkijoista, jolloin keskustelu tuotantosunnitelmasta ei onnistunut.
- Ohjelma tarjosi liikaa tietoa, jolloin oli vaikeaa löytää juuri haluttua tietoa.

Kokonaisuudessaan kuitenkin tietokoneohjatulla imuohjauksella on mahdollista parantaa tuotannonohjausta ja materiaalinhallintaa. (Kim & Kim 2012, s. 862)

2.3.1 Materiaalin tunnistus- ja seurantatekniikat

Materiaalin tunnistus ja seuranta ovat tärkeä osa materiaalinhallintaa. Tehokkaan materiaalinhallinnan ansioista vältetään materiaalihukkaa, turhaa materiaalin etsintää, työntekijöiden odotusaikaa ja tuotannon keskeytyksiä. Materiaalin tunnistus- ja seurantajärjestelmiä on useita erilaisia käyttötarkoituksen mukaan. Näitä ovat esimerkiksi RFID, GPS ja viivakoodijärjestelmät. Näitä järjestelmiä tarkastellaan tässä luvussa tarkemmin.

On olemassa radiotaajuuksia hyödyntäviä järjestelmiä, joiden avulla voidaan seurata ja paikantaa materiaaleja materiaalivirran eri vaiheissa, aina toimittajilta tuotantoon. Näitä tekniikoita on RFID ja GPS. RFID tulee sanoista Radio Frequency Identification Devices, ja GPS tulee sanoista Global Positioning System. Nämä kaksi järjestelmää poikkeavat siten, että GPS:n avulla materiaalin tai laitteiden kulkua pystytään seuraamaan ympäri maailmaa satelliittien avulla. RFID on taas lyhyemmän kantaman järjestelmä, jonka avulla voidaan seurata ja tunnistaa materiaalia ja laitteita esimerkiksi yritysten tuotantoalueella. (Saarikoski 2010, s. 1-3).

RFID- tekniikka eli radiotaajuudella toimiva tunnistustekniikka on moninainen tekniikka, jota voidaan käyttää monissa eri sovelluksissa lähes millä tahansa elämän osa-alueilla. RFID- tekniikkaa käytetään nykyään laajasti ja sen käyttö lisääntyy jatkuvasti. RFID-järjestelmä koostuu kolmesta pääkomponentista: tagista, lukijalaitteesta ja taustajärjestelmästä. Tagi eli tunniste on se, mikä sisältää tunnistettavan esineen, eläimen tai ihmisen tiedot, joita luetaan lukijalaitteella. Tunnisteita on passiivisia, semiaktiivisia ja aktiivisia. Taustajärjestelmä ohjaa lukijaa ja muuttaa lukijan lukemat tiedot ihmiselle käytettävään muotoon. (Nummela 2006, s. 8-10) RFID- tekniikka on paljon käytössä teollisuudessa, jossa tekniikan avulla voidaan seurata esimerkiksi varastoja, materiaali- virtoja ja töiden etenemistä. Teollisuudessa tekniikka on mahdollistanut toiminnan tehostumisen ja toiminnan paremman valvonnan. (Rida et al. 2010, s. 190-194)

RFID:n avulla nähdään tuote-/kappale-/osakohtaisesti, missä vaiheessa valmistusta tuote on tai liikkuu. Tämä tapahtuu RFID- lukijoiden ja tunnisteidien oikeanlaisen sijoittelun ja käytön avulla. RFID on mahdollistanut esimerkiksi koko kuormalavan sisällön lukemisen kerralla. Tällöin tunnistetaan koko lavan sisältö RFID- lukijalla ja näin ollen lavalla olevia kappaleita ei tarvitse käydä läpi yksitellen. RFID- järjestelmää suunniteltaessa tai hankittaessa tulee ottaa huomioon sen käyttötarkoitus. Eli millaista luku- täisyyttä ja miten luotettavaa tunnistusta vaaditaan sekä kuinka paljon tietoa tarvitaan tunnisteel- ta. Lisäksi pitää harkita, miten paljon tunnisteita tarvitaan. Nämä kaikki vaikuttavat järjestelmään valittaviin teknisiin osa-alueisiin. Esimerkiksi, jos ei vaadita pitkää tunnistus- täisyyttä ja tunnistettavia on paljon, valitaan tunnistee- ksi passiivinen tunniste. (Rida et al. 2010. s. 190-194)

GPS eli Global Positioning system on ulkona toimiva satelliitti paikannukseen perustuva radionavigointijärjestelmä. Järjestelmän toiminta perustuu 24 maata kiertävään satelliittiin sekä neljään päiväntasaajan alueella olevaan tarkkailu asemaan sekä miljooniin loppukäyttäjätason GPS- vastaanottimiin. Vastaanotin tarvitsee yhteyden vähintään neljään satelliittiin, joiden avulla se muodostaa sijainnistaan kolmiulotteisen koordinaatin. GPS:n tarkkuus on muutamissa metreissä. (Rida et al. 2010. s. 190-194)

RFID- tekniikan avulla on saatu esimerkiksi vähennettyä tavar- an vastaanotossa tavaroiden tietojensiirtoon kulu- vaa aikaa varatonhallintajärjestelmään 99%. Vastaavasti lä- hetykseen liittyvä tavaroiden tietojen siirtoon kulunut aika väheni 89%. Samassa tutki- muksessa otettiin käyttöön myös Lean- tuotannon periaatteet. Ensimmäisenä Lean- periaatteiden käyttöönotossa määritettiin nykyisen toiminnan arvoketju, jossa määritet- tiin tieto- ja materiaalivirta. Tämän jälkeen etsittiin ja tunnistettiin turhat toiminnot Lean- ajattelun ”seitsemän hukkaa” periaatteen mukaisesti. Havaitut hukat poistettiin. Yhteis- vaikutuksena materiaalin vastaanottoaika nopeutui 81,3% ja tavaroiden varastoon kir-

jaamiseen kulunut aika nopeutui 95,6%. Lähettävän tavarankäsitelintiaika vastaavasti nopeutui 60% ja lähetettävän tavarankäsitelintä ja raportointi nopeutui 99,8%. Chen et al. (2013, s.534-542)

Viivakoodi on edullinen teknologia, jonka avulla voidaan tunnistaa materiaalia siinä olevasta viivakoodista. Viivakoodi on nykyään laajalti käytetty teknologia, niin teollisuudessa kuin kaupan alalla. Viivakoodi voi olla liitetty materiaaliin tarrana tai se voi olla painettuna materiaalin suoraan. Viivakoodiin on koodattu materiaalin tiedot, joka luetaan ja tulkitaan viivakoodin lukijalla. Tunnistus perustuu lukijan lähettämän valon heijastuksen aaltomuodon mittaamiseen, joka muutetaan digitaaliseksi signaaliksi. Viivakooditunnistukseen siirtymistä harkittaessa tulee ottaa huomioon, että mitä tietoa tunnistettavasta tuotteesta tai materiaalista halutaan saada, koska viivakoodiin ei pystytä tallentamaan suurta määrää tietoa. Myös tilojen ja ympäristön puhtaus tulee ottaa huomioon, koska likaisessa ympäristössä viivakoodi voi likaantua ja tällöin sen lukeminen ei ole mahdollista. (Porter & Billio 2004, s. 256-258)

Automaattinen paikannusjärjestelmä auttaa suurien projektien onnistumisessa, jos projektit sisältävät paljon arvokasta materiaalia, materiaalit ovat uniikkeja, materiaalin toimitusketju on monimutkainen, materiaaleja on vaikeata jäljittää ja paikantaa ympäristöolosuhteiden vuoksi esimerkiksi lumi, kasvillisuus tai hiekka, jotka voivat peittää materiaalit, varastointi tilat ovat suuret ja hajallaan toisistaan tai materiaalia siirretään säännöllisesti varastoalueilla tai työmaalla. (Nasir et al. 2010, s. 592) Automaattisen paikannusjärjestelmän käyttöönottoa suunniteltaessa tulee tehdä kolmiosainen analyysi, jolla nähdään, onko järjestelmä kannattavaa ottaa käyttöön. Nämä kolme vaihetta ovat: käyttää järjestelmän arviointikriteerejä, tehdä kustannus- /hyötyanalyysi ja kolmantena tulee tehdä riskianalyysi. Nasir et al (2010, s. 592) on määritellyt seuraavat paikannusjärjestelmän 12 arviointikriteeriä, joita jokaista tulee arvioida järjestelmän hankintaa tai käyttöönottoa suunniteltaessa:

- paikannuksen tarkkuuden tarve
- arvio materiaalin katoamisen vähenemisestä ja hävikistä
- arvio materiaalin hakemiseen kuluneen ajan pienemisestä
- parantunut materiaalin näkyvyys ja automaatio materiaalin tunnistamisessa ja paikantamisessa
- materiaalipalveluiden parantuminen pienemmillä varastointikustannuksilla
- kestävyys
- laitteiston soveltuvuus muihin materiaaleihin ja projekteihin

- käyttöönoton nopeus ja kustannus
- materiaalinseurantajärjestelmän kustannus
- soveltuvuus muihin tulevaisuuden työvaiheisiin
- rajapinnat, esimerkiksi materiaalinhallinnan tietojärjestelmiin
- raportoinnin nopeus, materiaalin tila (vastaanotettu, lähetty, asennettu)

Paikannusmenetelmä tulee valita materiaalin arvon ja sen seurannan tarpeen mukaan. Esimerkiksi bulkkimateriaalissa yleisesti kannattaa käyttää viivakoodia tai passiivisia RFID-tageja. Arvokkaammassa, mutta yleisesti käytetyssä materiaalissa käytetään yleensä aktiivisia tai passiivisia RFID-tageja. Kriittisissä materiaaleissa ja strategisissa osakokoonpanoissa käytetään aktiivisia RFID-tageja ja lukijoita sekä GPS paikannusta. GPS on kuitenkin ainoa seurantamenetelmä, jos halutaan seurata materiaalin kulkua reaaliaikaisesti esimerkiksi toimittajalta tuotantoalueelle. (Nasir et al. 2010, s. 593)

2.3.2 Materiaalinhallinnan tietojärjestelmät

Materiaalinhallinnassa tuote- ja nimikekohtaiset määrät ovat ensisijaisen tärkeitä toiminnanohjauksen suunnittelu- ja päätöksentekotilanteissa. Tämä edellyttää, että tarkka ja ajantasainen varastokirjanpito löytyy yrityksen tietojärjestelmästä, joka on yleensä osa yrityksen toiminnanohjausjärjestelmää. Varastotapahtumat päivitetään jatkuvasti tietojärjestelmään, jolloin se on aina ajan tasalla ja varastosaldot sekä tapahtumat näkyvät järjestelmässä. (Haverila et al. 2009, s. 450-452)

Tietojärjestelmiin päivitettäviä tapahtumia ovat esimerkiksi seuraavat:

- ostotilaukset
- tilausten lähettäminen
- toimitusten vastaanotto
- tuotantoerien valmistuminen
- raaka-aineiden saldot
- raaka-aineiden varaukset tuotannolle
- vapaa saldo
- raaka-ainetarve puolivalmisteille/lopputuotteille
- puolivalmisteiden suunnitellut tuotantoerät

- puolivalmisteiden varaukset lopputuotteille
- puolivalmisteiden vapaa saldo
- puolivalmisteiden tarve lopputuotteille
- lopputuotteiden tarve ja varaukset eri töille/tilauksille
- lopputuotteiden suunnitellut valmistuserät

Raaka-aineiden tarve tulee tietojärjestelmän tarvelaskentaprosessista ja niiden ajoitus saadaan tuotantoaikataulusta. Tietojärjestelmästä löytyy toimitusten vastaanotto, tilausten lähettäminen, tuotantoerien valmistuminen sekä materiaalien, puolivalmisteiden ja lopputuotteiden saldo. Lisäksi tietojärjestelmissä ylläpidetään tietoa tulevista varastotapahtumista. Tulevien varastotapahtumien perusteella laskettua varastomäärää kutsutaan vapaaksi saldoksi, joka tarkoittaa sitä, että kyseessä olevaa saldoa ei ole varattu mihinkään toimitus- tai tuotantoeraan. (Haverila et al. 2009, s. 450-452)

Materiaalin tilaamiseen, tilauserien, varmuusvaraston ja tilauspisteen määrittelyssä tulisi käyttää materiaalinhallinnan tietojärjestelmiä, koska useimmissa tapauksissa varastot ja ostoerien määrät pienenevät. Tietojärjestelmien automaatioon tehdyn tilauspisteen määrittelyn avulla saadaan lisää systemaattisuutta ja vähemmän inhimillisestä harkinnasta johtuvia ostotoiminnan vinoumia. Tietojärjestelmiä hyväksikäyttäessä ostaja voi seurata tuloksia ja keskittyä poikkeustuotteiden ohjaukseen ja tilaukseen. Jos tietojärjestelmän tekemä ohjaus ei ole tavoitteiden mukaista, säädetään järjestelmän parametreja, varmuusvarastoa, ostoeran ja varastoimisen kustannusta. (Sakki 2009, s. 126)

Nykyään materiaalinhallintaan liittyvä tietomäärä on suuri ja se on reaaliaikaista. Tämä kuitenkin johtaa siihen, että käytetäänkö tietoa oikein ja löydetäänkö oikea ja tarvittava tieto. Reaaliaikaista tietoaikin kehutaan sillä perusteella, että ihminen voi reagoida nopeammin ja tehokkaasti. Tämä kuitenkin on ”tulipalojen sammuttamista”. Lean-toiminta poistaa tällaisen ihmisen reagoinnin ja se suunnittelee järjestelmän, joka reagoi. Materiaalinhallinnan tietomäärä on suuri, mutta jokainen tietoa tarvitseva tarvitsee työssään vain pientä osaa saatavilla olevasta tiedosta. Lean-toiminnan mukaisesti on tärkeää suunnitella materiaalinhallinantietojärjestelmät siten, että jokainen tietoa tarvitseva saa vain tarvitsemansa tiedot, mitkä liittyvät heidän seuraavaan työvaiheeseen eikä yhtään enempää. (Flinchbaugh 2005. s. 34)

Bevilacqua et al. (2015. ss. 763-766) havaitsivat tutkimuksessaan, että uusimalla tietojärjestelmän Lean-perusteisesti saatiin parannettua valmistettavien autojen toimitus-

ta vastaamaan toimituspäivää 27%:lla. Tämä tehtiin siten, että kaikki toiminnot yhdistettiin saman järjestelmän alle, jolloin eri toiminnoilla oli yhteinen näkymä koko prosessista. Näitä toimintoja olivat myynti, logistiikka, tuotanto ja laatu. Näin jokainen sai reaaliajassa viimeisimmän tarvittavan tiedon. Tietoja, joita jokaiselle jaettiin, oli välttämätöntä koordinoita, jotta kaikilla oli vain tarvittava tieto käytössä. Jos tietoa on liikaa näkyvillä, kaikille eri toiminnoille menee paljon aikaa tunnistaa tarvittava tieto. Liika tieto on turhaa ja Lean- ajattelussa kaikki turha pyritään poistamaan. (Bevilacqua et al. 2015. ss. 763-766)

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tässä luvussa käydään läpi tutkimuksen empiirisen aineiston keräämiseen käytetyt menetelmät. Ensimmäisessä alaluvussa 3.1 käsitellään tutkimuksessa käytettyä tutkimusmenetelmää ja tutkimusmetodia. Toisessa alaluvussa 3.2 käydään läpi TOF:n teräsmateriaalin kulku suunnittelusta loppukokoonpanoon. Luvun aineisto on koottu havainnoimalla, haastattelemalla ja käymällä läpi yrityksen teräsmateriaalihallinnan prosessia yhdessä eri toimintojen henkilöstön kanssa. Tämä teräsmateriaalihallinnan kuvattu prosessi toimii perustana materiaalihallinnan ongelmien tai parannusehdotuksien haastatteluille. Henkilöstön haastatteluissa saadut materiaalihallinnan ongelmat ja parannusehdotukset on esitetty luvussa neljä.

Alaluvussa 3.3 käydään läpi materiaalihukan muodostumista Spar- projekteissa. Luvun sisältö perustuu TOF:lla tehtyihin sisäisiin tutkimuksiin ja raportteihin, jotka olivat käytössä tätä tutkimusta tehdessä. Näistä sisäisistä tutkimuksista ja raporteista saatuja tietoja ja tuloksia käytetään hyödyksi tuloksissa ja tulosten tarkastelussa.

3.1 Case- tutkimus

Kuten ensimmäisessä luvussa todettiin, case- tutkimusta käytetään silloin, kun tutkittavaa kohdetta on vaikea havainnoida ulkoapäin. Case- tutkimusta käytetään tyypillisesti toiminta-analyttisessä tutkimusotteessa. Kun tutkittavaa kohdetta havainnoidaan, käytetään case- tutkimuksessa usein seuraavia menetelmiä: suora havainnointi, osallistuva havainnointi, haastattelu ja kirjalliseen aineistoon eli dokumentteihin ja arkistoihin tutustuminen. Havaintojen keruun jälkeen niitä verrataan käytettäviin teorioihin ja päinvastoin.

Tämä tutkimus toteutettiin pääasiassa toiminta-analyttisellä tutkimusotteella. Tutkimuksessa tutkimusongelman luonteen vuoksi käytettiin case- tutkimusta. Tutkimuksessa keskityttiin pääasiassa yrityksen eri toimintojen työntekijöiden haastatteluihin. Tutkimusta varten haastateltiin 11 henkilöä eri toiminnoista. Haastattelujen ensimmäisessä vaiheessa haastateltiin eri toimintojen henkilöstöä vapaamuotoisesti, jolloin saatiin selville teräsmateriaalihallinnan eri toiminnot, kuten tieto- ja materiaalivirrat ja toimintatavat. Tämän jälkeen haastatteluilla selvitettiin materiaalihallinnassa ja siihen liittyvissä tietojärjestelmissä olevia ongelmia ja parannusehdotuksia ongelmiiin. Haastatteluky-

symykset löytyvät liitteestä 1. Taulukossa 2 on esitetty haastatellut henkilöt toiminnoittain.

Taulukko 2. Haastatellut henkilöt toiminnoittain

Toiminto/titteli	Haastateltu
Osto/ostaja	Vainionpää Niko
Materiaalin varaus ja tilaus/vanhempi projekti-insinööri	Repolahdi Matti
Varasto/varastonhoitaja	Juhola Jarmo
Varasto/varastonhoitaja	Myllys Juha
Tuotannosuunnittelu/tuotannon suunnittelija	Luhtanen Jouko
Tuotanto/tuotantoinsinööri	Leivo Jaakko
Nestaus/nestaaja	Järvinen Janika
Nestaus/jaospäällikkö	Lindroos Marko
Nestix- vastaava	Keskimäki Kristiina
Tietohallintopäällikkö	Unkuri Timo
Jaospäällikkö	Opas Veikko

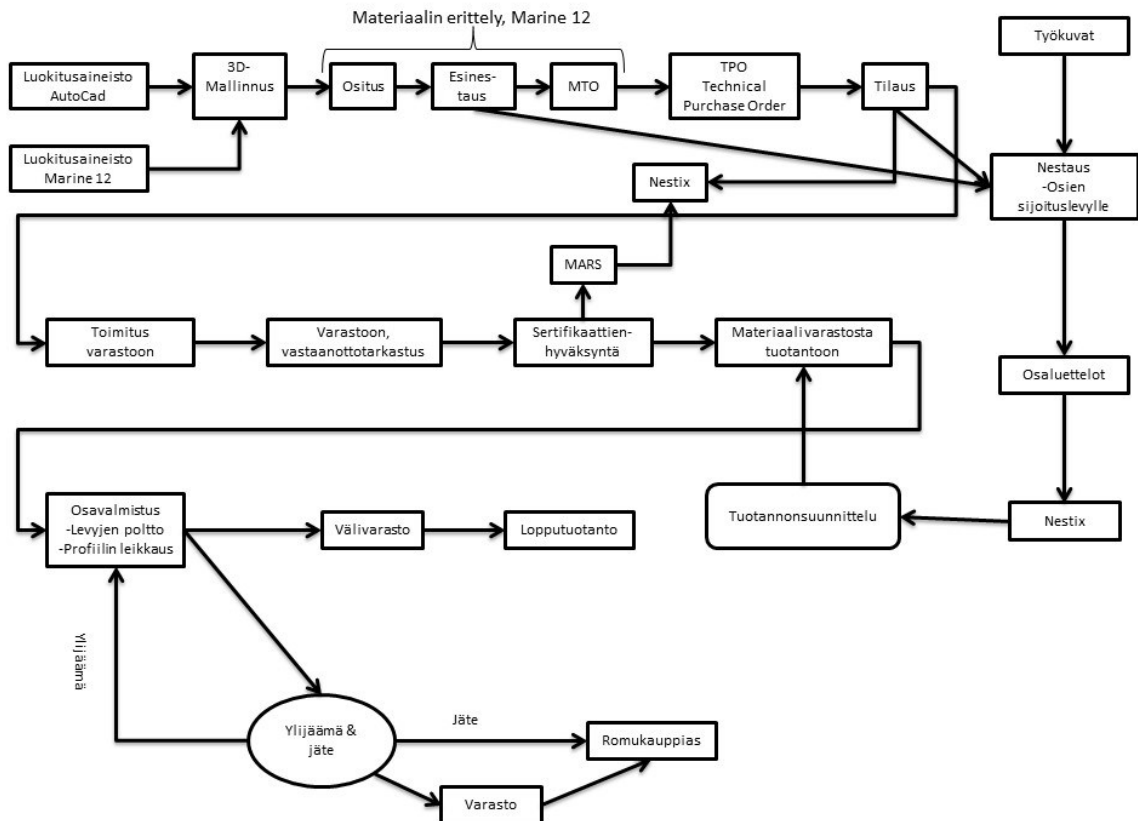
Haastattelujen lisäksi tutkimuksessa perehdyttiin yrityksen tekemiin analyyseihin materiaalinhallintaan, tietojärjestelmiin ja yrityksen toimintaan liittyen. Lisäksi tutkija toimi havainnoitsijana yrityksessä ja kävi vapaamuotoisia keskusteluja materiaalinhallintaan liittyen haastateltavien henkilöiden kanssa.

Seuraavassa luvussa 3.2 valmistusprosessi on kuvattu suunnittelusta kokoonpanoon, jolloin saadaan tarkempi käsitys toimintoketjusta sekä eri työvaiheista ja niiden aikataulusta. Tämän jälkeen luvussa 3.3 käydään läpi yrityksen tekemiä sisäisiä analyysejä materiaalihukan muodostumisesta.

3.2 Teräsmateriaalin kulku suunnittelusta loppukokoonpanoon

Tässä luvussa käsitellään Spar- rungon teräsmateriaaliin liittyvää materiaali- ja tietovirtaa suunnittelusta ja materiaalityöstä loppukokoonpanoon. Luvussa käydään läpi miten eri vaiheet tapahtuvat, kuten esimerkiksi tilattavan teräsmateriaalin määrän määrittäminen ja sen vastaanottaminen. Seuraavan sivun kuvassa (Kuva 7) on esitetty kaikki eri vaiheet, mitkä liittyvät teräsmateriaalinhallintaan suunnittelusta tuotantoon. Kuvassa esitetyistä vaiheista kaikki eivät ole teräsmateriaalin fyysistä siirtämistä, vaan ne pitävät sisällään kaikki vaiheet mitä vaaditaan, jotta saadaan oikea materiaali oikeaan paikkaan. Näitä vaiheita ovat esimerkiksi suunnitteluaineiston tekeminen, materiaalityön määrittäminen, materiaalin tarkastaminen, sertifikaattien hyväksyminen, suunnittelun aineiston ja muiden tarvittavien tietojen siirrot. Työvaiheiden kuvaus on tehty henkilöstön haastattelujen perusteella, joissa he kertoivat miten heidän tekemät työvaiheet tapahtuvat.

Alla olevassa kuvassa (Kuva 7) on esitetty materiaalinhallintaan liittyvät työvaiheet. Nämä vaiheet ovat avattu auki seuraavissa luvuissa. Ensimmäisenä kuitenkin esitään, miten yrityksen tietojärjestelmät käsittelevät materiaalia sekä mitä vaatimuksia ja standardeja tulee ottaa huomioon Spar:in valmistuksessa. Tämän jälkeen edetään kuvan (7) mukaisesti.



Kuva 7. Materiaalinhallinnan työvaiheet

3.2.1 Tietojärjestelmät

Yrityksellä oli kaksi materiaalinhallintaan liittyvää tietojärjestelmää, jotka olivat toiminnanohjausjärjestelmä MARS, sekä tuotannonohjausjärjestelmä Nestix. Molemmat pitävät sisällään teräsmateriaalivaraston saldot. MARS:ssa tosin oli ainoastaan vain kokonaisten materiaalien saldo, kuten kokonaiset levyt sekä profiilit. Nestix käsittelee myös edellä mainittujen materiaalien jäännöspaloja. Järjestelmät keskustelevat keskenään siten, että varastosaldo päivittyy molempiin järjestelmiin, jos toiseen tulee muutoksia pois lukien jäännöspalat, joita vain Nestix käsittelee. Jos materiaalista leikataan tai poltetaan yksikin osa, kyseinen materiaali häviää MARS:in varastokirjanpidosta ja jäännös jää näkyviin Nestix:iin. MARS on yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä, joka pitää sisäl-

lään materiaalinhallinnan, tuotannon johtamisen, resurssien suunnittelun ja ohjauksen sekä (Juhola; Keskimäki; Mylly; Unkuri)

MARS:n ja Nestix:n välillä siirtyy viittä erilaista tietoa. Näistä tiedoista neljä kulkee MARS:sta Nestix:iin ja ne ovat materiaalien tiedot, hankinta-, saapumis- ja hyväksyntätiedot. Nestix:stä MARS palautuu tieto, että materiaali on poltettu, jolloin materiaali poistuu MARS- kirjanpidosta. (Keskimäki)

Nestix-ohjelmistoon oli TOF:lla tehty investointiehdotus, mikä olisi parantanut ohjelmiston käytettävyyttä ja olisi tuonut osien ja puolivalmisteiden seurannan mahdolliseksi niiden valmistuksen jälkeen työvaiheittain. Tällöin olisi tiedetty mitä työvaiheita osalle on tehty, mihin se on seuraavaksi menossa ja missä se tällä hetkellä on. Tähän investointiehdotukseen oli mahdollista vielä lisätä uusia ominaisuus- ja toiminnallisuusehdotuksia. (Luhtanen; Unkuri)

3.2.2 Spar:n valmistus ja standardit

Spar:in valmistus lähti liikkeelle asiakkaan tilauksesta. Tilausta ennen oli pitkä esisuunnittelu- ja tarjousvaihe, jolloin asiakas valitsi sopivan öljyntuotantolautan toimittajan. Spar:in valmistus ajoitettiin asiakkaan kanssa sovitun toimitusajankohdan mukaan. Asiakkaalta TOF sai tekniset, rakenteelliset ja toiminnalliset vaatimukset, mitkä rungon tuli täyttää. Asiakas esitti yleensä myös, mitä mahdollisia asiakkaan omia standardeja tuli noudattaa. Asiakkaan vaatimusten lisäksi tuli ottaa huomioon myös Spar:n toimituksen kohdemaan viranomaismääräykset ja standardit. Suurin osa TOF:n toimittamista lauttojen rungoista meni Yhdysvaltoihin, jolloin noudatettiin yhdysvaltalaisia standardeja ja viranomaismääräyksiä, kuten esimerkiksi ABS ja UCGS. Nämä standardit ja viranomaismääräykset asettivat rungon rakenteelle ja materiaaleille omat tiukat vaatimukset. (Repolahiti; Opas)

3.2.3 Luokitusaineisto ja tilausehdotus

Ensimmäinen vaihe valmistussopimuksen jälkeen oli luokitusaineiston tekeminen, joka tehtiin noudattaen edellä mainittuja asiakkaan ja viranomaisten vaatimuksia, standardeja. Luokitusaineiston tekemisellä ja määrittelyllä tarkoitetaan luokituspiirustusten ja -dokumenttien tekoa, joiden mukaan tehtiin tarvittavat materiaalitytöt, kuten teräsmateriaalin tilaaminen. Luokitusaineiston tekeminen alkoi heti valmistussopimuksesta. Usein jopa ennen varsinaista sopimusta. (Repolahiti; Opas)

Luokituspiirustukset ja –suunnitelmat oli tehty Autocadilla, jonka jälkeen on luotu 3D-malli Marine 12 suunnitteluohjelmalla. Materiaalitarpeen erittely tehtiin Autocad piirustuksiin perustuen, joista materiaali-insinööri oli laskenut materiaalitarpeen. Tulevaisuudessa TOF:lla oli tarkoitus tehdä luokituskuvat suoraan Marine 12 ohjelmalla. Tällöin olisi voitu tehdä suoraan ositus eli erotella 3D-mallista rungon kaikki osat, jotka esinestettäisiin oikean vahvuksille ja laatuksille teräslevyille. Ositus ja esinestaus tehtiin siis Marine 12 ohjelmalla. Esinestauksen jälkeen tehtiin määrälaskenta MTO eli material take-off. MTO tarkoittaa tarvittavan materiaalin, kuten tietynvahvuksen teräslevyn tarpeen laskemista. Laskelma tehtiin esinestauksessa määritetyn levy määrään perusteella. Laskelman teki materiaalisuunnittelija. 3D-mallin avulla tehdyn materiaalitarpeen laskemisen myötä nestaus tehtäisiin osalohkokohtaisesti eli tietyn osalohkon osat samoihin nesteihin. Tällöin myös materiaalit tilattaisiin osalohkokohtaisesti. Profiilien määrälaskenta oli tarkoitus tehdä tulevaisuudessa myös Marine 12 ohjelmalla, mutta katkaisusuunnitelmien tekeminen olisi jäänyt Nestix:iin, missä se on tähän päivään asti tehty. (Opas; Repolahti)

MTO:n tekemisen jälkeen tehtiin section lista PO eli Purchasing Order eli tilausehdotus MARSS:ssa. Lista tehtiin siten, että tehdyt nestit kohdennettiin rungon osalohkoille ja listan mukaan tehtiin kyseessä olevien materiaalien tilaukset. Tällöin saatiin tilattua osat osalohkojen kokoonpanojärjestyksen mukaisesti. Section-listassa levyt korvamerkittiin osalohkolle ja tietylle osalohkolle merkatut levyt käytettiin silloin, kun ko. osalohko valmistettiin. Section- listan tekemisen jälkeen se hyväksyttiin työlaji-insinöörillä, joka hoiti muiden tarvittavien hyväksyntöjen hankkimisen hyväksyntään valtuutetuilta henkilöiltä. Tämän jälkeen työlaji-insinööri toimitti listan osto-osastolle, joka tilasi listan mukaiset materiaalit. (Repolahki; Opas) TOF:lla oli eri työlajeja, jotka kaikki tekivät omat PO:t ja materiaalit korvamerkittiin työlajille, jolloin muut työlajit eivät voineet käyttää toisen työlajin materiaaleja. Tosin toisella työlajilla oli mahdollisuus pyytää käyttöönsä toiselta työlajilta materiaalia, jos sen omat materiaalit eivät olleet esimerkiksi vielä saapuneet. (Leivo; Opas; Juhola)

3.2.4 Toimittajien valinta ja materiaalitalauksen tekeminen

Toimittajat valittiin siten, että aluksi TOF:n osto-osasto selvitti kyvykkäät teräsmateriaalin toimittajat siten, että tehtiin kyselypaketti, jonka perusteella määritettiin kyvykkäät toimittajat. Näistä tehtiin hyväksytyjen toimittajien lista. Kun materiaalitalausta tehtiin, lähetettiin näille toimittajille tarjouspyyntö. Tämän jälkeen valittiin tarjosten perusteella materiaalitoimittaja. Joissakin tilanteissa, kun tilattiin erikoislaatuista materiaalia, niin ei

ollut kuin yksi kykenevä toimittaja, jolloin jouduttiin sopeutumaan sen toimitusehtoihin. Tosin toimitusehdoista aina neuvoteltiin. (Vainionpää)

Osto-osasto kilpailutti materiaalitulaukset niiden toimittajien kesken, jotka oli valittu projektin kriteerien mukaan sopivien toimittajien listalle. Kriteereihin kuului muun muassa asiakkaan, luokituslaitosten ja viranomaisvaatimusten täytyminen, laatu, luotettavuus, toimituskapasiteetti ja toimitusaika. Teräsmateriaalin toimittajia on ympäri maailmaa. Tämä vaikutti myös toimittajien valintaan, koska mitä kauempana toimittaja oli sitä kauemmin toimitus kesti. Lisäksi tilattava materiaali vaikutti toimitusajan pituuteen. Esimerkiksi terälevyjä tilattaessa Suomesta tuli materiaali tilata noin 5 viikkoa ennen tarvetta, muualta Euroopasta tilattaessa noin 10 viikkoa ja Aasiasta tilattaessa noin 19 viikkoa ennen tarvetta. Profiileja tilattaessa toimitusaika Suomesta oli noin kaksi viikkoa ja muualta 10-12 viikkoa. Valujen ja takeiden toimitusaika oli 3-6 kk. Kilpailuttaminen tapahtui siten, että toimittajalle lähetettiin koko projektin materiaalitarvetiedot t/kk ja tarjouspyyntö. Kun toimittajilta oli saatu tarjoukset, valittiin kilpailukykyisin toimittaja. Tilaus tehtiin siltä toimittajalta, joka soveltui kyseisen projektin olosuhteisiin parhaiten ja millä oli kilpailukykyisin tarjous. (Opas; Vainionpää)

Osto-osasto teki tilaukset PO:n mukaan. Tilauksissa oli määritelty materiaalin tarvepäivät, mutta projektin edetessä osto-osasto teki tilauksen kotiinkutsun tarpeen mukaan. Impulssi kotiinkutsulle tuli sen työläjien työläji-insinööritä, jonka materiaaleista oli kyse. Kotiinkutsu tapahtui aina PO kerrallaan. Yhtä rengaslohkoa kohden tehtiin 4-5 PO:ta eli yksi PO piti sisällään useamman osalohkon osia. Materiaalien tuli olla kaksi viikkoa ennen tuotannon alkua TOF:lla, koska materiaalin tuloutukselle eli vastaanotolle ja tarkastuksille oli varattu kyseinen kaksi viikkoa. (Opas; Vainionpää)

3.2.5 Materiaalitoimitusten seuranta

Kotiinkutsun jälkeen erikseen määrätty osasto tai henkilö seurasi tilausta aina TOF:lle saapumiseen asti ja ilmoitti mahdollisista materiaalin myöhästymisistä eteenpäin construction managerille. Lisäksi toimituksessa olleen materiaalin tilatietoa käytiin läpi palaverissa, esimerkiksi tuotantopalaverit. Materiaalin seurannasta vastaava henkilö tai osasto esitti toimituksessa olevan materiaalien tilan esimerkiksi mahdollisen myöhästymisen. Näin muut osastot esimerkiksi tuotanto ja varasto pysyivät perillä siitä missä materiaali oli. Seurannan ansiosta materiaalin myöhästymiset havaittiin jo toimittajalta asti eli tiedettiin, jos jokin materiaali ei ollut lähtenyt ajallaan toimittajalta tai toimittajalla oli tiedossa tulevia myöhästymisiä esimerkiksi tuotannon ongelmien takia. Materiaalin tarkasta olinpaikasta ei aina ollut silloin tarkkaa tietoa, kun se oli tullut TOF:lle ja sitä ei

ollut ehditty tarkastamaan ja tulouttamaan MARS:iin. Tällöin viimeinen tieto oli esimerkiksi se, että materiaali oli lähtenyt satamasta rekalla TOF:lle. (Vainionpää)

Materiaalin myöhästymisiä ja toimittajien virheitä käsiteltiin projektin lopussa loppupalaverissa ”lesson and learn”. Toimittajien toimitusvarmuus laskettiin projektin lopussa. Lisäksi mahdolliset myöhästymiset käytiin läpi ja jos materiaali oli ollut myöhässä yli seitsemän päivää, niin TOF:lla alettiin puhumaan hyvityksistä. Seitsemän päivän jälkeen jokaiselta alkavalta viikolta saatiin hyvitystä arviolta 0,5-1% kauppahinnasta. (Vainionpää)

3.2.6 Materiaalin vastaanotto ja luovutus tuotannolle

Materiaalin saavuttua TOF:lle varastohenkilökunta tuloutti materiaalin varastoon MARS- ohjelmistossa, jolloin se tuli näkymään varastosaldoon saapuneeksi materiaaliksi. Tulouttaminen tapahtui siten, että varaston henkilökunta tarkasti materiaalin määrän ja laadun. Tämän jälkeen varasto odotti, että työlaji-insinööri tarkasti ja hyväksyi materiaalitoimittajan toimittaman materiaalin sertifikaatin MARS:ssa, jonka jälkeen materiaali tuli vasta näkyviin varastokirjanpitoon. Sertifikaatti saapui postilla TOF:lle yhden – kolmen päivän sisällä materiaalin saapumisesta. MARS oli linkitetty Nestixiin siten, että tieto tulleesta materiaalista siirtyi Nestix:iin. Tämän jälkeen materiaali oli valmis tuotannon käyttöön. Materiaali odotti varastossa, niin kauan kunnes tuotanto pyysi sitä materiaalihakulistalla, jonka tuotannosuunnittelu oli tuotannolle tehnyt. (Myllys; Repo-lahti; Opas)

3.2.7 Työkuvien suunnittelu ja nestaus

Suunnittelu aloitti työkuvien ja –suunnitelmien teon, kun luokitusvaihe oli edennyt pitkälle eli luokitussuunnittelu ja työkuvasuunnittelu tapahtuivat osittain yhtä aikaa. Työkuvat tehtiin yksi suurlohko kerrallaan kokoonpanojärjestyksessä. Tosin suurlohkon suunnitelmat pitivät sisällään myös niiden osien piirustukset, joita tarvittiin vasta suurlohkojen yhdistämisessä rannalla. Suurlohkon piirustukset suunnittelu toimitti nestaukseen. Nestaus teki Marine 12 ohjelmalla niin sanotun polttosuunnitelman eli nestin, jossa suurlohkon osat sijoitettiin levyille siten, että levyn täyttöaste oli mahdollisimman suuri. Kun kaikki suurlohkon osat oli sijoitettu niille tarkoitetuille levyille eli kaikki nestit oli tehty, toimitettiin nestit tuotannosuunnitteluun. Tuotannosuunnittelu käsitteli suunnittelusta ja nestauksesta saadun materiaalin ja teki tuotantosuunnitelman mukaan työkortit ja materiaalihakulistat tuotannolle. Työkortit pitivät sisällään nestit, jotka syötettiin

polttokoneelle, millä poltettiin nestien mukaiset osat. (Juhola; Leivo; Luhtanen; Opas; Lindroos)

3.2.8 Tuotannonsuunnittelu ja tuotanto

Tuotannonsuunnittelu sai yhden rengaslohkon suunnitteluaineiston suunnittelulta ja nestaukselta kaksi viikkoa ennen kyseisen rengaslohkon ensimmäisien osalohkon aloitusta. Tämän jälkeen se järjesteli aineiston tuotantojärjestyksen mukaan siten, että se pyrki saamaan ensimmäisenä tehtävän osalohkon osat ensimmäisenä läpi. Tosin nestit oli pitänyt tähän asti sisällään muidenkin osalohkojen osia, jolloin niitä oli jouduttu valmistamamaan samalla. Kun tulevaisuudessa nestaus tehtiin osalohkokohtaisesti, niin tällöin valmistettiin vain tarvittavan lohkon osia. Tuotannonsuunnittelu teki tuotantosunnitelmat ja ohjasi tuotantoa. Tuotannonsuunnittelu ohjasi tuotantoa projektiaikataulun mukaan, jossa oli määritetty lohkoittain Spar:in valmistus. Tuotannonsuunnittelu teki osavalmistukselle työkortit ja materiaalihakulistat, joiden mukaan osavalmistus valmisti osat ja pyysi tarvitsemansa materiaalit teräsvarastosta. Materiaalihakulista oli niin sanottu varastomääräin, jolla tuotanto kutsui tarvitsemansa materiaalin teräsvarastosta. Teräsvarasto toimitti materiaalihakulistan osoittamaan paikkaan. Vastaavasti kokoonpanon ajoittaminen ja kokoonpanon työkorttien tekeminen olivat tuotannonsuunnittelun tehtäviä. Tuotannonsuunnittelu teki Nestix:llä profiilien katkaisusuunnitelman eli se optimoi materiaalin siten, että siitä saatiin tehtyä mahdollisimman monta osaa ja materiaalihukka oli mahdollisimman pientä. Tosin osavalmistuksessa profiilit optimoitiin uudestaan, koska tuotannonsuunnittelun tekemä optimointi oli tehty tilatulle materiaali-pituudelle, mikä ei ollut sama kuin saapuneen materiaalin pituus. Tämä johtui valmistajan toleransseista, jolloin materiaalin pituus vaihteli tietyn toleranssin sisällä. (Leivo; Luhtanen)

Osavalmistuksen TOF teki pääasiassa omana tuotantonaan omissa tiloissa. Välillä kii-reellisinä aikoina osavalmistusta jouduttiin ostamaan alihankintana. Osavalmistus valmisti osat työkorttien mukaan ja haki työlle tarvittavan materiaalin varastosta materiaalihakulistan avulla. Materiaalihakulistassa näkyi tarvittava materiaali ja sen määrä. Kun tuotanto oli pyytänyt materiaalia varastosta, varasto tarkasti materiaalin saatavuuden ja toimitti sen tuotannolle. Materiaalin siirron tuotantoon teki sisäinen logistiikka, joka vastasi raaka-aineiden ja valmiiden osien siirrosta. Osavalmistus valmisti levyistä nestien mukaiset osat ja leikkasi profiileista katkaisusuunnitelmien mukaiset osat. Tosin profiilien katkaisu ei noudattanut katkaisusuunnitelmaa vaan osavalmistus optimoi osien katkaisun profiilin todelliselle pituudelle. Osavalmistuksen valmistettua tuotantosunni-

telman mukaiset osat, se toimitti valmiit tuotteet, joko välivarastoon tai suoraan loppukokoonpanoon. (Juhola; Leivo; Mylly; Opas)

Ylijäämämateriaalia osavalmistus käsitteli eri tavoin. Muotorautojen ja profiilien ylijäämäpätkiä osavalmistus varastoi itse telakan alueella oleville varastotelineille ja piti niistä omaa kirjanpitoa. Profiilien varastoinnissa oli omat toimintaohjeet, jotka määrittivät minkä kokoinen pala oli jätettä ja mikä oli jäännös, joka tuli varastoida. Nämä käsittely- ja varastointiohjeet tosin sanoivat myös, että jäännöspalaprofiilit tuli varastoida ja kirjata varastokirjanpitoon. Levymateriaalista ylijäävän materiaalin osavalmistus palautti varastoon tai laittoi jätelavalle riippuen jäännöslevyn koosta. Osavalmistus tosin valmisti välillä näistä jätteeksi menevistä osista kokoonpanolle apurautoja, kuten nostokorvia. Osavalmistuksella oli ohjeet, jotka määrittivät minkä kokoinen levy palautetaan takaisin varastoon ja mikä meni jätteeksi. (Juhola; Leivo; Mylly; Opas)

Kokoonpano haki tarvittavat osat materiaalihakulistalla välivarastosta tai sitten ne oli toimitettu suoraan osavalmistuksesta kokoonpanolle. Kokoonpanossa osat hitsattiin aluksi yhteen osalohkoiksi. Osalohkoista taas koottiin rengaslohkot, mitkä yhdistettiin lautanrungoksi. Rungon osiin saattoi tulla muutoksia käytännössä aina siihen asti, kun Spar lähti telakalta, vaikka ne olisivat olleet jo valmiissa rakenteessa. Tämä johtui simultaanisuunnittelusta, jolloin suunnittelua tehtiin koko ajan tuotannon rinnalla. Tämä johti välillä jo valmiiden osien irrottamiseen. Näin myöhäiset muutokset, jossa osat olivat jo valmiissa rakenteessa, johtui yleensä asiakkaan vaatimista muutoksista tai sitten suunnitteluvirheistä. Tosin asiakkaan muutoksista johtuvat kustannukset laskutettiin asiakkaalta sopimuksen mukaan. (Luhtanen; Leivo; Opas)

3.2.9 Ylijäämä, jäte ja yliotto

Ylijäämällä ja jätteellä tarkoitettiin materiaalia, joka jäi osavalmistuksesta yli. Esimerkkinä voidaan antaa levyjen, profiilien jäännös ja hukkapalat. Ylijäämällä tarkoitetaan materiaalia, joka palautettiin varastoon vielä uudelleen käytettäväksi. Ylijäämää ei siinä tapauksesta palautettu takaisin varastoon, jos sitä oli suunniteltu tarvittavan heti uudestaan. Varastoon palautuva ylijäämä kirjattiin varastokirjanpitoon, josta se voitiin käyttää uudestaan. Jäte oli, niin pientä materiaalia, mitä ei ollut järkevää enää varastoida uudelleen ja sitä ei kannattanut ottaa tuotantoon.

TOF:lla oli määritetty kaikelle teräsmateriaalille niin sanotut kokorajat, minkä perusteella varastoitava materiaali ja jäte erotellaan. Jäte kerättiin romulavoille ja myytiin tietyin väliajoin romukauppiaille. Välillä osavalmistus valmisti jätteeksi menevästä materiaalista tuotannon apurautoja, mutta välillä myytiin varastoituakin materiaalia romuksi, koska

sille ei ollut käyttöä ja eikä tulevaisuudessakaan ollut nähtävissä sille tarvetta. Tällöin materiaali myytiin pois varastosta, jotta saatiin varastoon tilaa lisää ja sitoutuneen pääoman määrää pienemmäksi. (Juhola; Opas)

Yliotolla tarkoitetaan sitä, että välivarastosta otetaan enemmän osia, kuin mitä kokoonpano tarvitsee. TOF:lla oli ohjeistus yliotolle. Ohjeistuksen mukaan yliotto tuli palauttaa takaisin välivarastoon. Yliotolle oli kolme eri syytä. Yksi syy oli, että lavalle otettiin ylimääräisiä osia tai lavalla oli niitä jo valmiina, jolloin ne vietiin vahingossa kokoonpanoon. Toinen syy yliotolle oli, että haettiin työkuvan kanssa osia, vaikka olisi pitänyt hakea työkortilla, jossa oli lueteltu juuri ne osat mitä tarvittiin. Työkuvalla noudettaessa voitiin ottaa väärä osia tai liikaa osia. Välivaraston henkilökunta ei tosin antanut työkuvalle materiaalia, mutta esimerkiksi yövuorossa välivaraston henkilökunta ei ollut paikalla, jolloin kokoonpano pystyi hakemaan sieltä itsenäisesti materiaalia ja kirjaamaan sen välivaraston kirjanpitoon. Kolmas syy yliottoon oli työkorteissa olevat virheet, jolloin otettiin kortin mukaiset osat, mutta mukana tuli ylimääräisiä osia. (Leivo)

3.3 Spar-projektien materiaalihukan muodostuminen

Tässä luvussa käydään läpi teräsmateriaalihukan määrää ja sen syitä Spar-projektissa. Lucius Spar-projekti oli viimeisin projekti mikä valmistui tämän tutkimuksen aikana. Tämän luvun tiedot perustuvat yrityksen materiaalihukasta tekemään analyysiin Lucius- ja Heidelberg projekteista. Lucius- ja Heidelberg projektit olivat niin sanottuja sisarprojekteja eli ne olivat kopioita toisistaan pieniä poikkeuksia lukuun ottamatta. Lucius-projektista oli saatu ylijäämämateriaalin syyt selville ja taas Heidelberg-projektista oli analysoitu tilatun ja optimilevyn materiaalihukkaa. Ensimmäisenä analysoitiin syitä, jotka olivat aiheuttaneet suuren määrän ylimääräistä teräsmateriaalia sekä huomattavan materiaalibudjetin ylityksen.

Analyysissä verrattiin teräsmateriaalibudjetin materiaalmäärää tilattuun materiaalmäärään. Teräsmateriaali budjetti oli perustunut TOF:n tekemään painolaskelmaan ja sen tekohetkellä käytössä olleisiin luokituspiirustuksiin. Niiden lohkojen, joiden luokituspiirustuksia ei ollut ollut budjetin tekovaiheessa saatavilla perustuivat olettamuksiin, jotka oli tehty FEED-lähtötietomateriaalin perusteella. FEED tulee englannin kielen sanoista Front to End Engineering and Desing. Teräsmateriaalibudjettia tehdessä oli otettu huomioon, että 20% syntyneestä jäännösmateriaalista oli käytetty Hard Tank:in päälohkojen levyihin sekä 5-10% jätemateriaalista oli käytetty rungon jäykisteisiin. (Tähkänen 2012, s. 1)

Analyysi ei ollut täysin vertailukelpoinen tulevia projekteja ajatellen, koska yrityksen toimintatavat olisivat olleet erilaiset luokitussuunnittelun ja nestauksen osalta, mikä olisi johtanut tarkempaan materiaalitarpeen määrittämiseen. Toimintatavat poikkesivat siten, että tulevaisuudessa yritys olisi tehnyt Marine 12 suunnitteluohjelmalla 3D mallin, jonka mukaan olisi määritelty mahdollisimman tarkkaan tuleva materiaaltarve. Malli olisi voitu hajottaa osiksi, mitkä taas olisi voitu nestata suoraan levyille. Näin olisi saatu jo luokituskuuvavaiheessa suhteellisen tarkka materiaaltarve laskettua. (Lindroos; Repo-lahti)

Teräsmateriaalia oli laskettu tarvittavan 18083 Mt ja tehtyjen PO:den sisältämän teräsmateriaalin määrä oli 21038 Mt eli tilatun materiaalin määrä oli lähes 3000 Mt suurempi, kuin arvioitu tarve. Lisäksi laskelman tekohetkellä kaikkia PO:ta ei ollut vielä tehty ja loppujen tilausten arvioitu materiaaltarve oli vielä 850 Mt. (Tähkänen 2012, s. 2)

Tähkäsen (2012) analyysi materiaalihukan syistä oli tehty Spar-rungon Hard Tank:in teräsrakenteesta, mikä piti sisällään rungon lohkot H0-H7. Analyysi koski vain Hard Tank osaa sen vuoksi, että ne lohkot olivat valmistuksen siinä vaiheessa, jolloin kaikkea materiaali ei ollut vielä käytetty. H0-H7 lohkojen teräsmateriaalin tarve oli budjetoituun tarpeeseen nähden 2710 Mt suurempi. (Tähkänen 2012, s. 2-3)

Analyysissä kävi ilmi muutamia asioita, jotka lisäsivät ylimääräisen teräsmateriaalin määrää huomattavasti. Näitä asioita olivat alihankkijoiden tehoton ylijäämälevyjien käyttö ja rakennustavasta johtuva materiaalihävikki. Alihankkijoiden ylijäämälevyjien käyttö oli ollut tehotonta. Tehottomuus oli johtunut siitä, että kun TOF:lla alihankkijat olivat nestanneet osia levyille, he eivät olleet yleensä nestanneet jäännöslevyille vaan he nestasivat osat kokonaisuudelle uudelle levyille. Telakan ulkopuolella alihankintana tehdyssä osien poltossa oli ilmennyt vastaavanlaisia tapoja, missä ei koko levyä käytetä hyödyksi. Tämän vuoksi oli jouduttu varaamaan ylimääräisiä levyjä, jotta voitiin varmistaa materiaalin riittävyys. Laskelmat olivat osoittaneet, että yrityksellä oli 530 Mt kokonaisia teräslevyjä, jotka olivat tarkoitettu varalle H0-H7 lohkoille. Kokonaisten levyjen lisäksi käyttökelpoisia jäännöslevyjä oli laskettu jääneen 660 Mt. Rakennustavasta johtuvalla hävikillä tarkoitetaan rakennusvaiheessa tarvittavia väliaikaisia tukirakenteita, jotka tukevat varsinaista rakenteita valmistuksen alkuvaiheessa, jotta rakenteet pysyvät kassassa. Lisäksi lisämateriaalia tarvittiin nostojen tekemiseen sekä lohkojen turvallisen kuljettamisen varmistamiseksi. Tämä valmistuksen avuksi ja helpottamiseksi käytetty materiaali poistettiin, kun pysyvä rakenne saatiin kasaan ja kyseinen materiaali oli mennyt jätteeksi. Tätä niin sanottua apumateriaalia ei ollut laskettu rungon materiaalitarupeeseen eikä sitä ollut budjetoitu. Apumateriaali edusti 300Mt projektiin tilatusta teräsmateriaalista. (Tähkänen 2013, s. 2-3)

Yrityksellä oli varalla ylimääräisiä eri paksuisia ja laatuista teräslevyjä äkilliseen korjaustarpeeseen, mitkä olivat aiheutuneet mahdollisista tuotannonvirheistä tai muista teki-
jöistä. Lisäksi lisämateriaalia oli varattu myös mahdollisiin rakenteen muutoksiin, joita
tuli simultaanisuunnittelun myötä, esimerkiksi rakenneanalyysit. Muutoksiin ja mahdolli-
siin korjaustarpeisiin oli varattu noin 400Mt teräsmateriaalia. Yrityksen alihankkijat, jot-
ka valmistivat lohkojen osia, tarvitsivat erilliset levyt itselleen. Lisäksi paksua teräslevyä
(75-140mm) oli varattu ylimääräistä 114Mt pitkän toimitusajan vuoksi. Profiileja oli va-
rattu ylimääräistä 350Mt lohkoille H0-H7. (Tähkänen 2013, s. 2-3)

Analyysissä huomattiin, että vaikka lisämateriaalia oli tilattu paljon, niin rungon paino ei
ollut kasvanut paljoa verrattuna siihen, mitä alkuperäisessä teräsbudjetissa oli laskettu.
Taulukossa 3 nähdään, mistä 2010 Mt:a ylijäämämateriaalia oli muodostunut. Taulu-
kossa on eroteltu levyt ja profiilit erikseen sekä laskettu niiden prosenttiosuudet materi-
aalikohtaisesta (levyt/profiilit) kokonaispainosta. Tämän lisäksi taulukkoon on laskettu
prosenttiosuudet koko ylijäämämateriaalista sekä ilmoitettu painot megatonnein (Mt).

Taulukko 3. Ylijäämämateriaalin jakautuminen (Tähkänen, 2012)

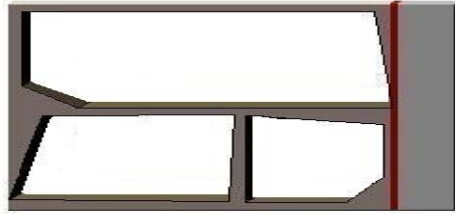
Levyt	Paino (Mt)	Prosenttia ko. materiaalin painosta	Prosenttia kokonaispainosta
Kokonaisia levyjä	530	11,44 %	8,49 %
Jäännöslevyjä	660	32,84 %	24,35 %
Ylimääräisiä levyjä valmistuksen äkillisiin tarpeisiin ja suunnittelun muutoksiin	400	19,90 %	14,76 %
Ylimääräisiä paksuja levyjä (75-140mm)	120	5,97 %	4,43 %
Valmistustavasta johtuvat ylimääräiset levyt (jäte)	300	14,93 %	11,07 %
Levyjä yhteensä	2010	100,00 %	74,17 %
Profiilit			
Kokonaiset profiilit	350	50,00 %	12,92 %
Jätteeksi mennyt	350	50,00 %	12,92 %
Profiilit yhteensä	700	100,00 %	25,83 %
Ylimääräinen materiaali yhteensä	2710		

Heidelberg- projektissa materiaalitilaukset tehtiin Luciuksen työkuviin perusteella, jolloin levyt saatiin tilattua määrämittäisenä eli optimikokoisena. Taulukossa 4 voidaan nähdä, millainen teräslevyjen hukkaprosentti olisi saatu teoriassa, jos levyt optimoitiin määrämittäisiksi. Tämä tarkoittaisi sitä, että levyt tilattaisiin siten, että levyt olisivat nestattu täyteen osia, eikä levyistä jäisi hukkapalaa tai jäännöstä. Tällöin tulisi tilattua oikea määrä levyä. Taulukon 3 hukkaprosentti on laskettu AVEVA Marine 12 CAD-ohjelmalla. (Wiksten 2013, s. 1-2)

Taulukko 4. (Wiksten 2013, s. 1-2)

Rengasloikko tai pää rakenne	Hukka % Tilatut levyt (Luciuksen toteutuneet levykoot)	Hukka % Optimi levykoko (Luciuksen minimi levykoko)
(Erikoisrakenne) H0	32,50 %	18,90 %
H1	33,20 %	17,20 %
H2	34,30 %	20,60 %
H3	30,40 %	19,00 %
H4	27,00 %	17,70 %
H5	28,50 %	17,20 %
H6	30,00 %	19,30 %
H7	25,00 %	16,20 %
H8	40,00 %	21,00 %
HEAVE PLATE	37,70 %	19,00 %
SOFT TANK	38,70 %	17,60 %
Yhteensä	33,00 %	18,50 %

Taulukossa 4 on Spar:n suurloikkoittain esitetty tilattujen ja optimikokoisiksi mitoitettujen teräslevyjen hukkaprosentit. Tästä taulukosta nähdään, miten tilattujen levyjen hukkaprosentti oli huomattavasti suurempi, kuin mitä se olisi ollut, jos Lucius- projektin levyt olisi tilattu optimikokoisina. Seuraavalla sivulla kuvassa (Kuva 8) on vielä esitetty optimikokoisen ja tilatun levyn kokoero. (Wiksten 2013, s. 1-2)



Kuva 8. (Wiksten 2013, s. 2)

Kuvassa (Kuva 8) nähdään, miten teräsmateriaalin määrän arvioinnin perusteella tilasta levystä jää jäännöspala oikeaan reunaan, mikä on jätettä eli hukkaa. Optimikoisessa levyssä jäännöspalaa ei jäisi, jolloin hukan aiheuttajiksi jäisi osien väliin jäävät polttokoneen toiminnallisuudesta johtuvat välit sekä osien epäsymmetrisestä muodosta johtuva pienjäännös eli jätteeksi luokiteltava materiaali. (Wiksten 2013)

4. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Tässä luvussa on esitetty haastatteluissa saadut tulokset, joista käy ilmi eri toiminnoissa työskentelevien näkemykset TOF:n materiaalinhallinnan ongelmista ja heidän antamansa parannusehdotukset materiaalinhallinnan ongelmiin. Lisäksi tuloksissa on esitetty TOF:n sisäisissä analyseissä saamia ylijäämämateriaalin aiheuttajia.

Jokaisessa alaluvussa havaittuja ongelmia ja saatuja parannusehdotuksia on tarkasteltu Lean-tuotannon näkökulmasta. Tämän perusteella on annettu omat suositukset ja parannusehdotukset toimenpiteiksi, joita TOF:n olisi tullut tehdä, jotta materiaalinhallintaa olisi saatu parannettua ja tehostettua. Seuraavissa alaluvuissa haastatteluissa esiin tulleet tulokset ja niiden tarkastelu on pyritty jakamaan sen mukaan, mihin toimintoon ne liittyvät. Tuloksissa esitetyt ongelmat ja niiden korjaavat toimenpiteet ovat esitetty myös liitteessä 2. olevassa taulukkomatriisissa. Taulukossa on esitetty, mitkä korjaavat toimenpiteet auttavat mihinkin havaittuun ongelmaan.

Tuloksissa kävi ilmi, että suurin osa materiaalinhallinnan ongelmista oli tuotannonjohtamisen ongelmia, mutta ongelmia löytyi myös tietojärjestelmistä sekä muista yrityksen sisäisistä toiminnoista. Tuotannonjohtamisen ongelmia oli materiaalin hankintaan, ohjaukseen, seurantaan, varastointiin ja tehokkaaseen käyttöön liittyen. Lisäksi tuotannonjohtamisen ongelmia oli toimittajien hallinnassa ja valinnassa sekä alihankkijoiden hallinnassa. Näitä ongelmia ja niille soveltuvat korjaavat toimenpiteet ovat esitetty seuraavissa alaluvuissa.

4.1 Toimittajista johtuvat ongelmat ja niiden hallinta

TOF:lla oli toimittajista johtuvia ongelmia, jotka aiheuttivat ylimääräistä työtä. Näitä olivat laatuongelmat, huonot merkinnät materiaaleissa ja materiaaleihin liittyvien dokumenttien epäselvyydet ja niiden saapuminen materiaalia myöhemmin. Näitä myöhässä saapuvia materiaalidokumentteja olivat esimerkiksi materiaalisertifikaatit, joita vaadittiin materiaalin tuloutuksessa varastoon. Tuloutusta ei voitu tehdä ennen sertifikaattien saapumista ja niiden hyväksyntää. (Juhola; Mylly) Juhola & Mylly kertovat, että TOF:lla oli englantilainen, turkkilainen ja itävaltalainen teräsmateriaalin toimittaja, joiden dokumentoinnissa ja teräsmateriaalin laadussa oli ongelmia. Profiileissa ja levy-materiaalissa oli laatuongelmia, joita jouduttiin korjaamaan esimerkiksi hiomalla. Myös

osalla toimittajista materiaalit olivat jo valmiiksi ruosteessa, mikä vaikeutti materiaalien tunnistamista. Molempien toimittajien profiilien merkinnät aiheuttavat ongelmia, koska ne olivat usein puutteellisia, epäselviä ja jopa vääriä. Toimittajien toimittamat dokumentit olivat epäselviä sisällöltään ja toimittajat käyttivät omaa materiaalikoodausta, minkä avulla varasto etsi vastaavan sulatenumeron, ja näin pystyi varmistamaan materiaalin oikeellisuuden. Tämä vaikeutti materiaalin tunnistamista ja käsittelyä sekä hidasti materiaalin tuloutusta varastoon. Varasto joutui välillä tekemään tilausten uudelleen revisiointeja MARS:iin, mikä aiheutui materiaalin toimittajan lähettämästä poikkeavasta materiaalmäärästä. MARS ei voi tulouttaa tavaraa, mitä ei ole tilattu, eli toimitettua tavaraa ei voi olla eri määrää, kuin tilattua. (Juhola; Mylly)

Kun tarkastellaan Lean- tuotannon periaatteita, niin laatu ja yhteiset toimintatavat paranevat, kun panostetaan pidempiin toimittajasuhteisiin. Näin ollen yhteiset toimintatavat hioutuvat ja tilaajan vaatimukset ovat toimittajilla paremmin tiedossa. Toimittajien valinnassa on tärkeää valita kyvykkäät toimittajat. Tällä pystytään karsimaan kykenemättömät toimittajat ja tarjouskysely voidaan lähettää vain niille, jotka pystyvät vastaamaan tilaajan vaatimuksiin. TOF:n olisi pitänyt parantaa toimittajien valintaa, jotta materiaalin ja dokumenttien laatu olisi parantunut. Myös pitkäaikaisiin toimittajasuhteisiin olisi pitänyt panostaa, jotta toimintoja olisi saatu hiottua pidemmälle ja laatu olisi saatu myös paranemaan. Dokumenttien toimitus ajallaan olisi todennäköisesti parantunut.

4.2 Materiaalin tilauksista johtuvat ongelmat

Materiaalin tilauksissa oli ongelmia toimitetun materiaalin kokoon liittyen sekä varaston materiaalituloutuksessa. Ongelmia tuloutukseen on aiheutunut eri työlajien materiaalien tilaaminen yhtä aikaa samassa tilauksessa. Leivon mukaan, tilattavan materiaalin koko on vaihdellut paljon tiettyjen toleranssien puitteissa, jolloin levyjen jyrsimisestä pienemmiksi on tullut huomattavia lisäkustannuksia turhina työtunteina sekä jyrsimien terien kulumisen muodossa. Myllyksen mukaan eri työlajien tilausten yhdistäminen on vaikeuttanut varaston tuloutusta, koska tilausrivien määrä on kasvanut suureksi, sekä tilausrivien kohdistaminen eri tilauksille on hitaampaa.

Parannusehdotuksena materiaalitilauksiin liittyen haastatteluissa toivottiin, että tilaukset noudattaisivat enemmän tuotantojärjestystä. (Juhola; Järvinen; Leivo; Lindroos; Luhtanen; Unkuri) Lisäksi Luhtanen ehdotti, että: *”materiaali tulisi tilata standardikokoisena, jolloin vain eri laatuinen materiaali erotellaan materiaalikoodilla. Standardikoko olisi levy materiaalin osalta maksimi levykoko, jota toimittajalta saa ja mitä pystytään TOF:lla käsittelemään.”* Luhtanen ja Unkuri esittivät myös, että profiilien pituudet olisivat vastaavasti samaa standardipituutta.

Työlajien materiaalitilauksiin liittyen parannusehdotuksena ehdotettiin, että työlajeilla olisi yhteiset materiaalit, jotta osat voitaisiin nestata samoille levyille eikä työlajikohtaisesti. Työlajeilla tulisi olla yhteiset materiaalit, jolloin vältyttäisiin turhalta levyjen siirroilta osastolta toiselle ja voitaisiin nestata osat samoille levyille. (Lindroos; Luhtanen)

Lean-tuotannon näkökulmasta TOF:n olisi pitänyt tilata materiaalit määrämittäisinä tuotantojärjestyksen mukaan tuotantoaikataulua seuraten siten, että materiaali olisi saapunut TOF:lle suoraan tuotannon tarpeeseen. Tilauksissa ei olisi tarvinnut erotella eri työlajien materiaalia, jos ne olisivat olleet samaan aikaan tuotannossa tuotantojärjestyksen mukaan. Tällöin levyjen käyttöaste olisi parempi. Lisäksi, kun levyt olisi tilattu määrämittäisinä tuotannon tarpeeseen toleranssit huomioiden, olisi säästyty jäänöslevyiltä. Parannusehdotuksissa tuli esille ehdotus siitä, että teräsmateriaali tilattaisiin maksimikokoisena, jotta kaikki vastaava materiaali olisi samalla materiaalikoodilla. Tähän asti eri kokoisilla materiaaleilla oli omat materiaalikoodit. Ajatuksena tämä oli hyvä ja sillä helpotettaisiin materiaalinhallintaa, mutta se todennäköisesti olisi johtanut siihen, että materiaalia ei saataisi käytettyä aina kokonaan ja syntyisi jäänöslevyjä, jotka palautuisivat varastoon ja taas takaisin tuotantoon. Tämä on Lean- toiminnan näkökulmasta turhaa työtä materiaalin siirtojen lisääntyessä. Vaikka materiaali olisikin saatu käytettyä kerralla, niin tämä olisi johtanut todennäköisesti puolivalmisteiden välivarastojen kasvuun. Tämä tapahtuisi, koska silloin ei olisi vastattu seuraavan työvaiheen kysyntään vaan levyt olisi jouduttu täyttämään aina täyteen osilla, joita seuraava työvaihe ei välttämättä olisi tarvinnut.

4.3 Materiaalin ohjauksesta ja ylijäämämateriaalista johtuvat ongelmat

TOF:lla oli ongelmia myös liian suuren levymateriaalin määrän kanssa, joka vaikeutti varaston toimintaa. Suuri materiaalmäärä johtui vanhojen projektien ylijäämämateriaalin määrästä ja materiaalin liian aikaisesta tilaamisesta tai liian aikaisesta toimitusajankohdasta ennen sitä tarvitsevaa työvaihetta. TOF:n sisäisen raportin mukaan yhdestä projektista jäi yhteensä 2710Mt jäänösmateriaalia, josta levyjen osuus oli 2010Mt ja profiilien 700Mt. Levyistä jäänöslevyjä oli 660Mt ja kokonaisia varalle tarkoitettuja levyjä oli 530Mt. Valmistuksen äkilliseen tarpeeseen tarkoitettuja levyjä oli jäänyt 400Mt ja pitkän toimitusajan vuoksi varalle tilattuja paksuimpia levyjä oli jäänyt 120Mt. Valmistustavasta johtuvia ylimääräisiä levyjä oli 300Mt, jotka olivat olleet tuotannon apumateriaalia ja jätteeksi menevää materiaalia. Tätä apumateriaalia ei ollut budjetoitu projektin materiaalitarpeseen. Profiilejakin oli varattu 350Mt ylimääräistä, minkä lisäksi profiileja meni jätteeksi 350Mt. (Tähkänen) Juholan & Myllyksen mukaan vanhoista projekteista

on jäänyt suuri määrä käyttämätöntä teräsmateriaalia samalla, kun uutta materiaalia seuraaville projekteille saapuu varastolle liian aikaisen toimitusajankohdan tai liian aikaisen tilaamisen vuoksi.

Juhola & Unkuri ehdottivat, että levyjen määrää varastossa tulisi pienentää siten, että päästäisiin vanhojen projektien levyistä eroon sekä tilattaisiin vähemmän materiaalia kerralla. Lisäksi he esittivät, että materiaalitilaukset saisivat noudattaa tuotantojärjestystä siten, että teräsvarastossa olisi maksimissaan yhden rengaslohkon materiaalit kerrallaan. Tällöin materiaalin käsittely toimisi tehokkaammin. Luhtasen & Unkurin mukaan tähän mennessä suurlohkojen liitososat on valmistettu samaan aikaan, kuin kyseisen lohkon muutkin osat, vaikka niitä ei tarvitakaan vielä. Nämä liitososat tulisi valmistaa vasta silloin, kun kyseisiä osia tarvitaan.

Varalla olevan materiaalin määrää TOF:n olisi pitänyt tarkastella, että olisiko kyseiset määrät todella tarpeellisia vai olisiko voitu pystyä toimimaan pienemmällä varamateriaalimäärällä. Varamateriaalista olisi pitänyt pyrkiä eroon valitsemalla lähellä olevia toimittajia ja pyrkiä luomaan niiden kanssa pidempiaikaisia kumppanuussuhteita. Näin olisi saatu varamateriaali suoraan toimittajalta lyhyemmällä toimitusajalla, eikä materiaalia olisi tarvinnut ottaa omaan varastoon. Lisäksi Lean- tuotannon mukaisella jatkuvalla parantamisella ja kokonaisvaltaisella laatujohtamisella suunnittelun ja tuotannon virheistä olisi pitänyt pyrkiä eroon. Vastaavasti Lean- tuotannon mukainen tuotannonohjaus olisi vähentänyt varamateriaalin tarvetta, kun virheiden aiheuttajat olisivat tulleet paremmin esille. Jos kuitenkin varamateriaalia olisi jouduttu pitämään varastossa se olisi pitänyt varastoida omalle alueelle teräsvarastoon, jotta se ei häiritse päivittäistä normaalin tuotannon materiaalin käsittelyä.

Tuotannonohjaukseen liittyen TOF:n olisi pitänyt Lean- tuotannon mukaisesti tehdä materiaalitilaukset toimitusajat ja tuotantoaikataulu huomioiden. Materiaalitilausten olisi pitänyt seurata tuotantoaikataulua eli tuotannon edetessä materiaalia olisi tilattu juuri oikea määrä oikeaan aikaan imuohjattuna TOF:lle, kuten parannusehdotuksissakin oli todettu. Aina tietyn tuotantovaiheen jälkeen olisi lähtenyt tilaussignaali seuraavan työvaiheen materiaalista. Tämä olisi tapahtunut tuotantoaikataulua tarkasti seuraamalla. Aikataulussa olisi ollut merkittynä aina tilauspisteet seuraaviin töihin tarvittavalle materiaalille, kun tietty työvaihe olisi valmistunut. Aikataulun seuranta ja tilauspisteet olisivat tapahtuneet sähköisesti tietokoneella, jolloin tilaussignaali olisi lähtenyt aina automaattisesti, kun tietty työvaihe olisi valmistunut. Näin TOF:lla varastossa ei olisi ollut, kuin suoraan tuotantoon menevää materiaalia ja varaston materiaalmäärä olisi saatu pienemään ja kiertonopeus suuremmaksi. Tilaukset olisi pitänyt tehdä kuitenkin kootusti

työlajista riippumatta vastoin osaa parannusehdotuksia, koska niiden pitäisi seurata tuotantoaikataulua, jolloin teräslevyjen täyttöaste tulisi saada näin myös paremmaksi.

Tilauksissa olisi pitänyt harkita kuitenkin tiettyjen pelivarojen käyttöä, kuten projektituotannossa on tapana, jotta mahdollisilta tuotannon keskeytyksiltä vältytään ja pysytään projektin aikataulussa. Ideaalitulanteessa Lean- tuotannossa, jossa toimittajien kanssa on saatu luotua luotettava kumppanuus, toimitusten pelivarat voidaan jättää minimiin tai jopa luopua niistä kokonaan. Pelivaroja määritettäessä pitää kuitenkin ottaa huomioon, mitä toimittajaa käytetään eli onko kyseessä lähellä oleva toimittaja, jolla lyhyet toimitusajat vai kaukana oleva toimittaja, jolla pitkät toimitusajat.

TOF:n olisi pitänyt harkita teräsmateriaalista vastaavan henkilön nimeämistä. Tämä työntekijä seuraisi tilauksia ja tietäisi materiaalin sijainnin ja käyttötarkoituksen. Tämän henkilön tietotaito olisi ollut tärkeää varsinkin toimintatapojen muuttamisen alkuvaiheessa, jolloin vielä on vanhaa epävarmuutta toimituksista. Lean- tuotannon mukaiseen toimintaan siirtyessä, teräsmateriaalista vastaava henkilö toisi reagointikykyä muutoksiin, ja mahdolliset toimitusvirheet ja -viivästykset huomattaisiin heti.

TOF:n olisi pitänyt selvittää varastossa olevan materiaalin käyttömahdollisuudet projekteissa ja pyrkiä käyttämään ne, jos mahdollista. Vanhasta levy materiaalista TOF:n olisi pitänyt päästä kokonaan eroon, jotta ne eivät hidastaisi materiaalin käsittelyä. Lean-tuotantoajattelussa näiden siirtely tulkitaan hukaksi. Jos tämä ei olisi ollut mahdollista, niin materiaalista olisi pitänyt päästä eroon esimerkiksi myymällä se toisille sitä tarvitseville yrityksille tai romukauppiaille. Näin turhasta materiaalista ja sen siirtelystä olisi päästy eroon ja varastomäärää saatu pienemmäksi, jolloin muiden materiaalien käsittely olisi tehostunut.

4.4 Varastotiloista johtuvat ongelmat ja niiden hallinta

Varastotiloista johtuvia turhaa työtä aiheuttavia asioita olivat teräslevyvaraston katon puuttuminen ja pienten puolivalmisteiden välivarastojen sijaitseminen ulkona. Juhola & Myllys totesivat, että talvella teräsvarastolla oli erittäin hankalaa löytää eri materiaaleja ja niiden merkintöjä lumen alta, koska kaikki raaka-aine sijaitti kattamattomassa ulko-varastossa. Tämä johti siihen, että materiaalin löytäminen oli vaikeaa, koska teräslevyjen päällä oli lunta ja jäätä. Ulkovarastointi lisää materiaalin ruostumista, jolloin tunnistaminen vaikeutuu myös tämän vuoksi. Vastaavasti he toivoivat parannusehdotuksena kattoa teräsvarastoon, jotta turha lumen kolaaminen loppuisi. *”Katto teräslevyvaraston päälle tehostaisi toimintaa.”* (Juhola; Myllys) Leivo & Luhtanen toteavat, että puolival-

misteiden varastointi ulkona telakka-alueella johti myös puolivalmisteiden katoamiseen varsinkin talvella, kun ne hautautuivat lumen alle.

Lean- tuotannossa pyritään kaiken turhan poistamiseen, joten haastatteluissa ehdotettu katto varaston päälle tukisi tätä ajattelua ja tehostaisi toimintaa. TOF:n olisi täytynyt tehdä investointilaskelmat ja kustannusanalyysi katon rakentamisesta ja verrata niitä saavutettavissa olleisiin hyötyihin. Pienempien puolivalmisteiden varastointi ulkona olisi pitänyt lopettaa varsinkin talvella, jolloin ne hautautuivat lumeen, johtaen turhaan etsimiseen ja mahdollisesti osien uudelleen valmistamiseen. Puolivalmisteiden ja teräslevyjen tunnistamiseen yhtenä vaihtoehtona katon rakentamisen sijasta olisi voinut olla etäluettavat RFID- tagit, joita pystyttäisiin lukemaan lumen läpi. Näiden soveltuvuutta puolivalmisteiden ja teräslevyjen tunnistamiseen TOF:n olisi pitänyt tutkia. Aiemmissä tutkimuksissa etäluettavat tagit ovat huomattavasti helpottaneet ja nopeuttaneet kappaleten paikantamista ja tunnistamista.

4.5 Toimintatavoista johtuvat ongelmat ja niiden hallinta

Tässä luvussa esitetään yrityksen sisäisistä toimintatavoista johtuvia ongelmia ja niihin liittyviä parannusehdotuksia. Materiaalinhallintaan liittyviä ongelmia esiintyi yrityksen epäloogisten toimintatapojen lisäksi eri toimintojen toimintatavoissa ja vielä eritellysti yksittäisten henkilöiden toiminnassa. Nämä ongelmat ovat esitetty seuraavissa kuudessa alaluvussa.

4.5.1 Sertifikaattien hyväksyntä

TOF:lla materiaalin tuloutuksessa havaittiin ongelmana liian hidas materiaalisertifikaattien hyväksyntä, mikä oli edellytyksenä materiaalin tuloutuksella varasto- ja toiminnanohjausjärjestelmään. Haastatteluissa todettiin, että materiaalin tuloutus varastoon viivästyi usein, kun työlaji-insinöörit eivät hyväksyneet materiaalisertifikaatteja, vaikka MARS- tietojärjestelmä muistutti hyväksyjää siitä. Sertifikaateilla kesti muutenkin tulla, kun ne tulivat postissa materiaalilähetyksen perässä. (Juhola; Myllys; Leivo)

Jotta materiaalin tuloutus olisi saatu toteutumaan nopeasti ilman turhaa odotusta, TOF:n olisi pitänyt ohjeistaa työlaji-insinöörit hyväksymään sertifikaatit heti niiden saavuttua sekä varmistaa, että työlaji-insinöörit saavat heti tiedon niiden saapumisesta. Lisäksi materiaalityöntekijöiden kanssa olisi pitänyt selvittää ja sopia, että sertifikaatit lähetetään ajoissa siten, että ne ovat perillä ennen materiaalia tai viimeistään samaan aikaan materiaalin saapuessa. Tässä pitkät kumppanuussuhteet toimittajien kanssa auttavat, kun tunnetaan toisen tarpeet ja vaatimukset. Jos sertifikaatteja ei olisi mahdollista saa-

da tulemaan ajoissa TOF:lle, niin olisi voitu harkita järjestelmää, jossa materiaali tuloutetaan varasto- ja toiminnanohjausjärjestelmään, mutta siten, että se ei ole vielä käytettävissä. Tällöin tieto materiaalin olinpaikasta olisi ollut kuitenkin kaikilla.

4.5.2 Tietojärjestelmien puutteellinen käyttö

TOF:lla tietojärjestelmien käyttö oli puutteellista nestaaajien ja tuotannonsuunnittelun osalta. Tämä järjestelmien puutteellinen käyttö koski pääasiassa tuotannonohjausjärjestelmä Nestix:n materiaalinhallintaominaisuuksia. Puutteellinen käyttö aiheutti varastohenkilökunnalle turhaa työtä. Juholan ja Myllyksen mukaan nestaaajat eivät käytännössä käyttäneet Nestix- ohjelmaa, jossa pystyttäisiin varaamaan levyt nesteille, vaan he kysyivät varastolta, että onko levy vapaana ja jos oli, niin he varasivat sen. Tämän kaiken nestaaajat olisivat pystyneet tekemään itse, jos olisivat käyttäneet Nestix- ohjelmaa sekä varaston Excel- tiedostoa, joka on verkkoasemalla tallennettuna.

Ongelmallista oli, että työnsuunnittelulta tuli ajoittain materiaalihakulistoja, jotka pyysivät materiaalia, jota ei ollut varastossa. Tämä oli varastolle täysin turhaa työtä, koska työnsuunnittelu olisi voinut tarkistaa materiaalin saatavuuden. Varasto joutui myös selvittämään eri osastojen kyselyistä, että onko jokin materiaali saapunut varastoon ja onko se käytettävissä, vaikka kyseinen tieto olisi saatavilla Nestix- ohjelmistosta sekä varaston ylläpitämässä verkossa olevassa Excel- tiedostossa. (Juhola; Mylly) Parannusehdotuksena tähän ongelmaan ehdotettiin, että nestaus- ja tuotannonsuunnittelu käyttäisi tietojärjestelmiä paremmin ja katsoisivat myös varaston Excel- kirjanpitoa. *”Nestaaajien ja tuotannonsuunnittelun tulisi käyttää enemmän MARS- ja Nestix-ohjelmaa sekä varaston Excel-listaa varastosaldon ja levyjen varaustilanteen tarkastamiseen.”* (Juhola)

TOF:n olisi pitänyt kouluttaa eri yrityksen osastot ja toiminnot käyttämään tietojärjestelmiä siten, että kaikki olisivat löytäneet tarvittavat tiedot järjestelmistä. Lisäksi olisi tullut varmistaa, että kaikilla on tarvittavat oikeudet järjestelmiin. Tietojärjestelmissä on tärkeää, että niissä on vain tarvittava tieto saatavilla eri osastoille eikä yhtään liikaa, jotta järjestelmien käyttö olisi tehokasta.

4.5.3 Teräsprofiilien jäännöspalojen hallinta

TOF:lla oli ongelmia teräsprofiilien jäännöspalojen hallinnassa, kun osavalmistus piti niistä omaa erillistä varastokirjanpitoa ja samoja tietoja ei ollut aina kirjattu materiaalin hallinnan järjestelmiin. Teräsprofiilien jäännöspalojen varastopaikkojen kirjaamisessa

tietojärjestelmiin oli vastaavasti ongelmia, kun niitä ei ollut aina päivitetty. Juholan & Myllyksen mukaan osavalmistus oli alkanut itse varastoimaan profiilien jäännöspaloja eli niin sanottua R-paloja. Lisäksi he pitivät omaa Excel- kirjanpitoa näistä R-paloista, mutta vain osa oli kirjattu Nestixiin. Kaikista Nestixiin kirjatusta R-paloista ei käynyt tarkkaan selville, missä varastopaikassa materiaali oli, vaan varastopaikkana voisi olla esimerkiksi TVV1, mikä tarkoittaa hallin lattiaa katkaisukoneen vieressä. Ongelmallista tässä oli se, että kun kyseiseen paikkaan mentiin etsimään materiaalia, niin sitä ei välttämättä enää ollut, koska materiaali oli voitu käyttää tai se oli laitettu telineelle, joilla varastoidaan profiileja. Tätä tietoa ei tosin Nestixissä näkynyt, vaan siellä luki vain TVV1. Tosin tieto saattaisi olla ollut osavalmistuksen omassa kirjanpidossa. (Juhola; Mylly)

Profiilien jäännöspalojen hallinnassa olisi pitänyt ohjeistaa osavalmistuksen henkilöstö kirjaamaan jäännösmateriaalien sekä osien ja niiden varastopaikat jatkossa aina Nestixiin. Näin olisi saatu profiilien jäännöspalat kirjattua Nestixiin ja niiden varastopaikat oikein. TOF:n olisi tullut tarkentaa varastopaikkojen merkkausta ja varmistaa, että ne olisivat henkilöstölle tiedossa. Lisäksi profiilien varastosaldojen päivittämistä olisi tullut tehostaa, että nähdään heti, että onko jokin materiaali käytetty, ettei sitä etsitä turhaan toiselle työlle.

4.5.4 Teräsprofiilien käytön optimointi

Tilattujen teräsprofiilien käytön optimoinnissa ja siihen liittyvässä hukan laskemisessa oli parantamista. Materiaalin toimittaja toimitti materiaalin tietyn mittatoleranssin sisällä, mikä johti siihen, että materiaali oli pidempää, kuin mitä oli tilattu. TOF:lla tuotannon suunnittelu optimoi käytettävän materiaalin. Tämä optimointi kuitenkin tapahtui sen mitan mukaan, mikä oli materiaalitulauksessa. Eli optimointi ei tapahtunut todelliselle profiilin mitalle, vaan tilatulle mitalle. Tämä johti siihen, että optimointi ei ollut välttämättä tehokkainta. Tämän vuoksi osavalmistus joutui optimoimaan vielä uudestaan osat profiilin todelliselle mitalle. TOF:lla hukkaprosentti laskettiin tilatun materiaalin mukaan. (Unkuri; Leivo; Juhola)

Teräsprofiilien käyttöä TOF:lla olisi saatu tehokkaammaksi, jos tuloutusvaiheessa materiaali olisi mitattu, jonka jälkeen osien optimointi profiililta olisi tehty kyseiselle mitalle. Vastaavasti materiaalihukka olisi pystytty laskemaan todellisen mitan mukaan. Ongelmana tässä olisi tullut se, että mitaaminen olisi aiheuttanut lisää työtä, mutta vastaavasti materiaalia olisi mennyt vähemmän hukkaan ja materiaalia olisi kulunut kokonaisuudessa vähemmän. Lisäksi käsiteltävää jätettä olisi jäänyt vähemmän. TOF:n olisi pitänyt tutkia tarkemmin, että kumpi vaihtoehto on kustannustehokkaampaa.

4.5.5 Suuri jäännöslevyjen määrä

Turhaa työtä aiheuttivat jäännöslevyt, jotka kulkivat tuotannon ja teräsvaraston välillä monta kertaa. Jäännöslevyjä jäi TOF:n sisäisen tutkimuksen perusteella 660Mt yhdestä projektista, joka oli 32,84% projektin levymateriaalihukasta. SPAR-lautan kokonaishukasta jäännöslevyt edustivat 24,35% eli määrä oli huomattava. Juholan & Myllyksen mukaan turhaa työtä aiheuttivat jäännöslevyt, jotka kulkivat tuotannon ja teräsvaraston välillä monta kertaa. (Juhola & Mylly)

Parannusehdotuksina jäännöslevyistä eroon pääsemiseksi tuli muutamia. Esimerkiksi toivottiin tuotannon apurautojen ja standardiosien kirjastoa, joilla voitaisiin täyttää vajaan jääneet levyt, jotta jäännöslevyä ei jäisi. Lisäksi niillä olisi omat varastonimikkeet ja maksimisaldot, jotta niitä ei valmistettaisi liikaa. Haastatteluissa parannusehdotukset esitettiin seuraavasti: Projektin alussa tulisi myös määritellä standardiosien kirjasto tai standardiosapankki. Standardiosia olisivat esimerkiksi polviot, joita menee suuri määrä runkoon. (Järvinen; Lindroos; Luhtanen) Lisäksi nestaukselle pitäisi kerätä tuotannon apurautojen kirjasto, jossa olisivat esimerkiksi nostokorvat. Tässä kirjastossa olevia osia voitaisiin käyttää vajaiden levyjen täytössä, jotta jäännöslevyjä ja materiaalihukkaa ei tulisi. Lisäksi näille osille pitäisi luoda omat varastonimikkeet varastoon ja varastosaldolle ala- ja ylärajat, joiden hälytysten mukaan osia valmistettaisiin lisää tai niiden valmistus estettäisiin.” (Järvinen; Leivo; Lindroos; Luhtanen)

Lean- tuotannon periaatteiden mukaan materiaalivirran tulisi olla virtautettua ja imuohjattua. Oikea määrä materiaalia saapuisi edelliseltä työvaiheelta juuri oikeaan aikaan seuraavan työvaiheen tilaussignaalin mukaan. Tämän periaatteen mukaan TOF:n olisi tullut pyrkiä siihen, että teräslevyt poltetaan kerralla osiksi, jolloin materiaalin takaisinvirtausta varastoon ei syntyisi eikä se aiheuttaisi sitä kautta turhia materiaalin siirtoja ja käsittelyä. Tässä vaihtoehtoina olisi ollut, että tilataan levyt määrämittäisinä, jolloin niihin olisi tilausvaiheessa korvamerkitty tuotantosuunnitelman mukaiset osat ja ne poltettaisiin kaikki kerralla. Toinen vaihtoehto olisi ollut, että tilataan materiaali nykyiseen tapaan ja täytetään levyt haastatteluissa ehdotetuilla apurautoilla, standardiosilla tai sitten seuraavien lohkojen osilla, jotka sitten varastoitaisiin. Määrämittäisenä tilaaminen tuotannon oikeaan tarpeeseen olisi Lean- tuotannon mukaista, jolloin vältyttäisiin turhalta varastoinnilta. Lisäksi TOF:lla oli ollut ajatus, että tulevaisuudessa levyt olisi tilattu tuotantojärjestyksen mukaan siten, että niille olisi esinestattu tuotantojärjestyksen mukaiset osat osalohkokohtaisesti. Tätä ajatusta Lean- tuotannon periaatteet tukevat varsinkin, jos vielä levyt tilataan määrämittäisinä. Tällöin valmistettaisiin vain tarvittavat osat oikeaan aikaan oikeaan tarpeeseen. Levyjen määrämittäisenä tilaamista tukee

myös TOF:illa tehty tutkimus, jossa toteutuneen projektin teräslevymateriaalin toteutunutta hukkaprosenttia verrattiin siihen hukkaprosenttiin, mikä olisi ollut, jos ne olisi tilattu määrämittaisena. Materiaalihukan määrä olisi vähentynyt noin 44%, jos levyt olisi hankittu määrämittaisena. TOF:n olisi tullut kuitenkin selvittää mahdolliset kustannusvaikutukset levyjen määrämittaisena tilaamiselle eli nouseeko materiaalikustannukset. Levyjen toimittajilla on tietty toleranssi, minkä sisällä levyt toimitetaan ja lisähintaan sitä pystytään pienentämään. Tällöin joudutaan myös pohtimaan, millä toleranssilla levyt tilataan ja, mitä siitä johtuvalle hukalle tehdään. Yhtenä ratkaisuna voisi olla, että säilytetään nykyinen toleranssi ja nestataan levyt täyteen pienimmälle mahdolliselle levykoolle, minkä toleranssi antaa. Jos toimittaja toimittaa suurempia levyjä eli toleranssin sallimaa maksimikokoa, silloin nestataan lopulle osalle apurautoja tai standardiosia.

4.5.6 Puolivalmisteiden katoaminen

Puolivalmisteiden katoaminen tuotannossa oli yksi ongelma, joka johti osien etsintään ja uudelleen valmistukseen. Järvisen ja Lindroosin mukaan puolivalmisteita häviää, kun tuotantoon toimitetaan tai tuotanto hakee liikaa osia työlle. Tätä tapahtuu varsinkin silloin, kun välivarastosta noudetaan tavaraa silloin, kun siellä ei ole henkilökuntaa esimerkiksi yövuoron aikana. Toinen yleinen tapaus on se, että alihankkijat ovat hakeneet liikaa osia ja eivätkä tiedä, että ne täytyy palauttaa takaisin. Tämä aiheuttaa turhaa työtä, kun joudutaan nestaamaan osat uudestaan uudelle levyille ja valmistamaan ne, sekä materiaalia menee myös hukkaan. Lisäksi levy mihin osat uudestaan nestataan on tarkoitettu alun perin toisille nesteille ja niille joudutaan etsimään korvaava levy, esimerkiksi varastoon jäänyt jäännöslevy tai sitten joudutaan tilaamaan materiaalia lisää. (Järvinen; Lindroos)

Puolivalmisteiden häviämisen ja niiden liikaoton varastosta TOF olisi voinut välttää siten, että muuttaa tuotannon materiaalivirran imuohjatuksi. Tällöin materiaali olisi imetty suoraan edelliseltä työvaiheelta seuraavalle tuotantoon, jolloin ei olisi turhia välivarastoja tarvittu. Näin oikea materiaali olisi aina oikeaan aikaan oikeassa paikassa. Jos välivarastoista ei olisi pystytty kokonaan luopumaan, niin häviämistä ja liikaottoa olisi voinut ehkäistä ottamalla käyttöön puolivalmisteissa jokin tunnistusmenetelmä esimerkiksi RFID- tagi tai viivakoodi, jolla helpotettaisiin materiaalin tunnistamista. Tämä helpottaisi varsinkin alihankkijoita, kun he hakevat osia varastosta. Alihankkijoiden ja henkilöstön parempi koulutus ja perehdytys vähentäisi osien katoamista ja liikaottoa varastosta. Mahdollisessa välivarastossa varastoitavat osat olisi pitänyt laittaa aina työkohtaisesti samalle lavalle ja varastopaikkaan, jolloin kyseiseen työhön osia hakeva olisi aina saa-

nut kaikki kyseessä olevaan työhön tarvittavat osat eikä yhtään enempää. Tämä vähentäisi virheellisiä varastosta ottoja. Mahdolliset välivarastot olisi kannattanut sijoittaa seuraavan työvaiheen viereen, jolloin ne olisi pystytty ottamaan suoraan tuotannon käyttöön. Näin olisi välttytty myös turhilta kuljetuksilta.

4.6 Alihankkijoiden hallintaan liittyvät ongelmat

TOF:lla oli ongelmia alihankkijalla tehtävässä osien poltossa teräslevyiltä ja tiedonkullussa alihankkijoiden kanssa. TOF ei saanut alihankkijoilta tietoa tuotannon tilasta ennen, kuin työn valmistuttua sähköpostilla, joka tuli usein viiveellä. Haastatteluissa alihankkijoihin liittyvät ongelmat esitettiin seuraavasti: Nestix:ssä näkyi, että levy on lähetetty alihankkijalle, mutta ei nähty onko levy jo poltettu ja oliko siitä jäänyt jäännös. Lisäksi ei tiedetty, oliko jäännöslevy lähetetty takaisin TOF:lle ja oliko poltetut osat lähetetty. Tosin alihankkija lähetti sähköpostilla polttoraportin, missä näkyi poltetut levyt ja niistä jääneet levyt sekä mitkä nestit eli osat levyiltä oli poltettu. Tämäkin saattoi tapahtua viiveellä. Tämä oli johtanut siihen, että varastohenkilökunta joutui sähköpostiraporttien perusteella kuittaamaan levyjen poltot Nestix:iin ja omaan Excel- kirjanpitoon silloin, kun he ehtivät. Lisäksi materiaalin saapumisesta ei ollut aina tietoa. (Luhtanen; Juhola)

Kun osat oli leikattu levyiltä, ne toimitettiin takaisin TOF:lle. Normaalisti, jos osat olisi valmistettu TOF:lla, ne olisi kuitattu Nestix- ohjelmaan tehdyiksi ja tietyt levyt käytetyiksi. Näin ei alihankkijoiden osalta tapahtunut, koska alihankkijoilla ei ollut oikeuksia Nestix- järjestelmää. Tämän seurauksena varasto joutui kirjaamaan osat tehdyiksi ja levyt käytetyiksi. Tämä johti varaston työmäärän lisääntymiseen. (Juhola; Leivo; Mylly) Ongelmia tuotti myös se, että kun levyt olivat alihankkijoilla poltossa, ja heille oli lähetetty yhdeltä levyltä poltettavat osat, osiin tulikin yllättäen muutos. Tällöin muuttuneet suunnitelmat eivät välttämättä ehtineet alihankkijoille, ja he valmistivat osat vanhan suunnitelman mukaan ja tällöin osa jouduttiin valmistamaan uudelleen myöhemmin. (Unkuri) Tähän liittyen Luhtanen ja Unkuri ehdottivat, että Nestix:ssä otettaisiin käyttöön osio, jossa uudelleen suunniteltavina olevat osat olisi voitu laittaa hold:iin eli pysäyttää niiden valmistus kokonaan. Tämä osan hold- tilaan laittaminen olisi näkynyt heti myös alihankkijoille.

Myös TOF:lla työskennelleiden alihankkijoiden osalta poltonkuittaukset tietojärjestelmiin jäivät välillä tekemättä, mikä aiheutti varastolle turhaa työtä. Tämä johtui pitkälti siitä, että ei osattu kuitata tai sitten kuittaukset unohtuivat. (Juhola; Mylly)

Alihankkijoihin liittyvän materiaalin ja tuotannon seuranta- sekä raportointiongelman TOF olisi saanut ratkaistua kehittämällä tuotannonohjausjärjestelmään alihankkijoille rajapinnan. Sen avulla alihankkija olisi pystynyt tekemään tehdyn työn kuittauksen, työn ja valmistettujen osien tilan ja jäännöslevyjen tiedon kirjaamisen suoraan tuotannonohjausjärjestelmään. Rajapinnassa olisi pitänyt olla myös osa- ja nestikohtaisesti mahdollista laittaa töitä hold- tilaan suunnitelmien muutostilanteessa, jotta alihankkijat eivät valmistaisi turhaan päivitettäviä osia. Kirjaamissäännöt alihankkijan kanssa olisi pitänyt käydä läpi ja opastaa kirjaaminen siten, että se tapahtuisi reaaliajassa. Jos rajapinnan luominen ei olisi onnistunut, niin olisi pitänyt sopia muista raportointitavoista, jotta tieto olisi ollut jatkuvasti reaaliaikaista. Materiaalin käyttöön ja valmistukseen liittyen alihankkijoille lähetettävät teräslevyt olisi pitänyt olla nestattu täyteen siten, että levyt saataisiin kerralla käytettyä kokonaan. Tämä vähentäisi turhaa materiaalin siirtoa, koska jäännöslevyä ei olisi tarvinnut kuljettaa enää takaisin TOF:lle. Alihankkijoiden paremmalla koulutuksella olisi voitu vielä varmistaa, että polton kuittaukset tulisivat paremmin tehtyä. Alihankkijoiden kanssa pitäisi Lean- tuotannon mukaisesti pystyä luomaan pitkäaikaisia kumppanuussuhteita, jotta yhteiset toimintatavat voitaisiin hioa kuntoon ja toiminnasta tulisi virheetöntä ja tehokasta.

4.7 Suunnittelusta johtuvat ongelmat ja niiden hallinta

Haastatteluissa tuli ilmi suunnittelusta johtuva ongelma, joka oli teräslevyjen jäännöspalojen huono käyttö uusien osien valmistuksessa. Juholan & Myllyksen mukaan jäännöspaloja jäi huomattava määrä varastoon projektin jälkeen, koska suunnittelu ei osannut käyttää näitä tehokkaasti hyödyksi.

Tätä haastattelussa esiin tullutta ongelmaa tarkastelemalla ja vertaamalla muihin haastatteluissa ilmi käyneisiin asioihin tulisi miettiä, oliko kyse suunnittelun ongelmasta vai siitä, että suunnittelua oli pyydetty valmistamaan osia uudestaan vai oliko kyseessä ollut muutososien valmistus. TOF:n olisi pitänyt tähän liittyen tutkia, mistä osien valmistus jäännöslevyiltä johtuu. Joka tapauksessa, TOF:n olisi pitänyt pyrkiä polttamaan kaikki levyt kerralla osiksi, jotta niiden turhasta siirtelystä olisi päästy eroon. Tosin, jos kyseessä on ollut muutostilanne tai jonkin kadonneen osan uudelleen valmistus, niin tällöin olisi vaadittu ylimääräistä materiaalia parhaallakin ohjaustavalla ja silloin ei välttämättä levyille olisi ollut sijoittaa enempää osia. Näissä tilanteissa olisi pitänyt kuitenkin saada täytettyä levyt kokonaan valmistettavilla osilla, jotta levy olisi voitu käyttää kerralla hyödyksi. Jäännöslevyjen suuri määrä varastossa kertoi kuitenkin enemmän tuotannonohjauksen ja suunnittelun puutteista sekä toimintatavoista, mitkä johtivat levyjen tehotomaan käyttöön.

Toinen ongelma oli osien valmistukseen suunniteltu teräslevymateriaali, jota tilattiin muuten vastaavin ominaisuuksin, mutta pienellä paksuuserolla eli toleranssivälillä, mikä johti erilaisen levymateriaalin kasvuun ja nimikkeiden kasvuun. Tämä lisäsi ja hidasti varaston materiaalin käsittelyä. Kolmantena suunnittelusta johtuvana ongelmana haastattelutuloksissa oli sparun rungon vastaavien lohkojen osien erilaisuus. Tämä johti siihen, että TOF:n polttokoneilla ei pystynyt tekemään kopiopolttoa, jossa kaksi polttokoneetta olisi tehnyt vastaavia osia yhtä aikaan läpimenoajan ollessa puolet nopeampi. *”Rungon osissa on pieniä eroja, mikä johtuu todennäköisesti ainoastaan eri suunnittelijoiden tekemistä materiaalivalinnoista, kuten esimerkiksi polvioissa. Esimerkiksi materiaalien paksuus poikkeaa yhden millimetrin, ja kyseisten materiaalien toleranssi voi olla +-2 mm. Eri lohkojen vastaavien osien erilaisuus vaikeuttaa myös identtisten nestien tekoa, mikä taas poistaa kopiopoltto mahdollisuuden.”* (Luhtanen)

Parannusehdotuksena suunnitteluun ja myös nestaukseen liittyen haastatteluissa saatiin, että suunnitteluaineiston pitäisi olla parempaa, jotta tuotanto pysyisi käynnissä ja olisi pysyvästi paremmin tuotantosuunnitelmassa. Haastatteluissa tämä ei noussut ongelmaksi, mutta haastattelun parannusehdotuksesta pystytään tulkitsemaan, että suunnittelumateriaalissa oli ollut laatupuutteita. *”Suunnittelun ja nestauksen toimittama aineiston tulisi olla laadukkaampaa, jotta niissä ei olisi virheitä. Tämä takaisi sen, että tuotanto pysyisi jatkuvasti käynnissä ja saisi toteuttaa tuotantosuunnitelmaa. Tämä myös vähentäisi osien varastointia, kun tehtäisiin aina tuotantosuunnitelman mukaisia osia. Lisäksi mahdollisten virhekappaleiden määrä ja uudestaan tehtävien osien määrä vähenisi.”* (Luhtanen)

Jotta näistä ongelmista TOF olisi päässyt eroon, suunnittelijoiden olisi tullut tarkastaa, että oliko näillä pienillä ainevahvuuseroilla ollut jokin todellinen syy vai minkä vuoksi näin oli tehty. Jos mahdollista, materiaali olisi tullut tilata mahdollisimman samanlaisena. Näin olisi pystytty vähentämään eri materiaalien määrää varastossa ja niiden materiaalinimikkeitä olisi ollut myös vähemmän käsiteltävänä. TOF:n olisi kuitenkin pitänyt selvittää, onko erilohkojen osilla ollut jokin tarkoitus olla erilaisia vai onko kyseessä ollut vain eri suunnittelijoiden tekemistä suunnitelmista, joissa oli eroavaisuuksia. Tässä TOF:n olisi tullut pohtia, olisiko ollut järkevää tehdä toisen lohkon osia varastoon vai olisiko voitu tehdä vain osia, joita olisi tarvittu seuraavaksi kokoonpanossa, ja olisiko pystytty kahta lohkoa valmistamaan rinnakkain. Näin lohkojen läpimenoaika olisi lyhennyt. Osien kopiopolttoa kahdella koneella ei olisi tullut pitää tavoitteena, jos osat olisivat menneet vain varastoon odottamaan seuraavaa työvaihetta. Tämä olisi ollut vain tuotannon osioptimointia. Lean-tuotannon periaatteiden mukaan osia ei olisi pitänyt tehdä, jos ne eivät olisi menneet suoraan tuotantoon.

Suunnittelun ja nestauksen laatua parantaakseen TOF:n olisi tullut Lean- tuotannon ja laatujohtamisen periaatteiden mukaan aina laaturvirheen havaittaessa selvittää ongelman juurisyy ja korjata se. Lisäksi olisi pitänyt pyrkiä jatkuvaan parantamiseen, jolloin toimintaa kehitettäisiin jatkuvasti ja päästäisiin myös laaturvirheistä eroon. Jatkuvaan laadunhallintaan olisi pitänyt keskittyä, jolloin esimerkiksi tuotannon keskeytyksen aiheuttamien laaturvirheiden syiden löydyttyä, ne olisi poistettu ja niistä olisi opittu siten, että virheet eivät enää toistuisi. TOF:n olisi pitänyt hioa suunnitteluprosessi tarkastuksineen sellaiseksi, että suunnitelmavirheet olisi saatu mahdollisimman lähelle nolaa. Eli luoda riittävä suunnitelmien tarkastusprosessi ja tekotapa, jolla virheet saataisiin kitkettyä pois.

4.8 Nestauksesta johtuva materiaalihukka

Nestaus TOF:lla aiheutti materiaalihukkaa, kun polttokoneen ominaisuudet aiheutti sen, että osien väliin jouduttiin jättämään tietty väli. Osien epäsäännöllinen muoto aiheutti myös hukkaa, kun levyille jäi tyhjiä kohtia, joihin ei ollut sopivia osia, että levyn täyttöastetta olisi saatu paremmaksi. Järvisen & Lindroosin mukaan jotkin valmistettavat osat vaativat, että emolevyä jätettiin osan ympärille, esimerkiksi taivutuksen takia tai muusta syystä. Tämä niin sanottu apurauta emolevystä laskettiin nestissä materiaalihukaksi, vaikka oikeasti se ei ollut hukkaa, vaan tuotannon apurauta, jotta tietty rakenne saadaan toteutettua. Lisäksi polttokoneen ominaisuuksista johtuvat vaatimukset aiheuttivat omat rajoitteensa levyn tehokkaalle käytölle. Nestauksessa hukkaprosenttia kasvatti myös levyiltä leikattavien osien epäsäännöllinen muoto, mikä johti siihen, että levyihin jäi koloja, joita ei voitu käyttää hyödyksi pienen kokonsa ja epämääräisen muotonsa takia ja aina ei ollut nestattavia osia, millä täyttäisi nämä kolot. (Lindroos; Järvinen)

Kyseessä oli valmistustavasta johtuva materiaalihukka. TOF:lla tehdyn sisäisen tutkimuksen mukaan valmistustavasta johtuvan hukan osuus kokonaisuudessaan kaikesta materiaalihukasta yhdessä projektissa oli 11,07%. Tämä materiaalihukan tyyppi olisi tullut TOF:n tiedostaa ja käsittää, että sitä ei pystytä parantamaan, jos ei polttokoneiden ominaisuuksia pystytä parantamaan tai sitten hankita uusia parempia koneita. TOF:n olisi tullut tehdä erillinen selvitys, mikä prosenttiosuus valmistustavasta johtuvasta hukasta syntyi nestauksesta eli osien epäsäännöllisestä muodosta ja mikä polttokoneen ominaisuuksista. Tämän jälkeen olisi pitänyt tutkia löytyykö sellaisia koneita, jotka olisivat pystyneet tekemään osat siten, että hukkaa syntyy vähemmän. Jos olisi löytynyt, niin tämän jälkeen olisi tullut tehdä investointilaskelmat koneiden uusimisesta tai vanhojen koneiden päivittämisestä, että kannattaako koneita uusia verrattaen saavutettavaan materiaalisäästöön.

Parannusehdotukseen, että työkuvat tulisi nestata Nestixissä eikä Marine 12:ssa, olisi varteen otettava ajatus, koska tällöin jäännöslevyn geometria jäisi talteen ja se olisi pystytty käyttämään tehokkaammin hyödyksi. Näin TOF saisi materiaalihukkaa pienemmäksi. Tosin, jos materiaali olisi tilattu määrämittäisenä tuotantojärjestyksen mukaan Marine 12 tehtyjen nestien mukaan, jäännöslevyjä ei olisi edes jäänyt. Joten nestauksen siirtäminen Nestiksiin olisi ollut näillä perusteilla turhaa. Tosin muutosten nestauksessa ja niistä syntyvien jäännöslevyjen geometrian säilyttäminen olisi ollut perusteltua. Tällöin olisi saatu jäännöslevyjen käyttöaste paremmaksi, kun niiden geometria olisi ollut nestaaajien tiedossa.

Suunnittelulta ja nestaukselta osavalmistus toivoi, että useampi nesti olisi identtisiä, jolloin polttokoneet voisi tehdä niin sanottua rinnakkaispolttoa, jolloin tuotannon kapasiteetti tulisi paremmin käyttöön ja tuotannon läpimenoaika olisi nopeampi. Tämä kuitenkin olisi vaatinut suunnittelulta täysin samanlaisia osia eri lohkoille ja lohkojen osien nestaaajan olisi pitänyt olla sama tai nestaaajien olisi pitänyt olla hyvin ohjattuja, jotta nesteistä tulisi identtisiä. Kapasiteetin ja läpimenoaikojen näkökulmasta tämä olisi perusteltua, mutta johtaisiko se turhaan varastointiin, kuten aiemmassa luvuissa otettiin jo kantaan ja olisiko kyse osaoptimoinnista. Jos tähän olisi pyritty, niin olisi pitänyt kahden lohkon valmistuskin tapahtua samaan aikaan tai sitten hyväksyä, että varastoidaan toisen lohkon osat varastoon odottamaan tuotantoa. Varastointi olisi kuitenkin Lean- ja projektituotantoajattelun vastaista.

Parannusehdotuksissa tuli toive monelta eri osastolta tuotannolta, tuotannon suunnittelulta, että nestauksella olisi tuotannon apurautojen ja standardiosien kirjasto, jossa olisi valmistuksessa käytettäviä apurautoja. Näillä osilla olisi varasto nimikkeet ja varastosaldot hälytysrajoineen. Tällä saavutettaisiin se, että teräslevyt saataisiin nestattua täyteen osia ja päästäisiin jäännöslevyistä kokonaan eroon sekä niihin liittyvästä turhasta työstä. Tämä olisi ollut TOF:lle varteen otettava vaihtoehto, mikä vähentäisi materiaalihukkaa ja turhaa työtä. TOF:n olisi pitänyt kuitenkin pohtia, onko järkevää tehdä varastoon apurautoja ja varastoida niitä, mikä johtaa taas varastointikustannuksiin ja ylimääräiseen työhön. Kuten jo aiemmissa luvuissa todettiin, että Lean- tuotannon periaatteiden mukaan TOF:n olisi tullut polttaa levyt kerralla loppuun siten, että siitä valmistettaisiin vain seuraavan työvaiheen tarvitsemat osat. Apurautoja olisi voitu tehdä levyn toleranssista johtuvalle ylijäämälevylle, jossa ei olisi ollut nestejä valmiiksi, kun levy olisi ollut jonkin verran isompi mitä tilattu. Tällöin olisi voitu apurautoja tehdä tälle toleranssista johtuvalle ylijäämälevylle. Levy olisi kuitenkin pitänyt polttaa kerralla siten, että jäännöstä ei olisi jäänyt tai se olisi mennyt romuksi.

4.9 Työjärjestyksestä johtuvat ongelmat ja niiden hallinta

Nestauksen sijainti ennen tuotannonsuunnittelua havaittiin ongelmaksi ja toivottiin, että se olisi vasta tuotannonsuunnittelun jälkeen, jotta mahdollisiin suunnitelmamuutoksiin pystyttäisiin reagoimaan sekä tuotannonsuunnittelu määräisi valmistettavat osat, jolloin valmistettaisiin vain tuotannon tarvitsemia osia. Haastatteluissa nämä tuli esille seuraavasti: Nestauksen nykyinen liian aikainen sijainti valmistusketjussa aiheutti myös turhaa työtä ja materiaalihukkaa. Aikainen sijainti johti siihen, että nesteissä saattoi olla osia, mitä kokoonpano ei sillä hetkellä tarvinnut ja ne menivät varastoon. Lisäksi, jos valmistettavan osan piirustuksesta tuli uusi revisio, siihen ei ehditty reagoimaan sekä reagointi oli hankalaa, koska koko nesti jouduttiin laittamaan sivuun. Nesti palautettiin nestäajille ja he nestasivat uuden korvaavan osan nestille, jos se sopi vanhan tilalle. Uudelleen nestaukseen meni aikaa ja nestissä olleet osat myöhästyivät sekä nestille varattu levy jouduttiin nostamaan sivuun osavalmistuksessa. Nestit pitivät sisällään eri lohkojen osia, joita ei tarvittu kokoonpanossa ja niitä jouduttiin varastoimaan. Lisäksi nesteissä oli lohkojen liitososia, joita tarvittiin vasta telakalla ja niitä jouduttiin varastoimaan tai kuljettamaan muiden osien mukana. (Lindroos; Luhtanen; Unkuri)

Parannusehdotuksena ja perusteluina haastatteluissa toivottiin, että nestaus olisi tuotannonsuunnittelun alaisuudessa tai sen jälkeen, jolloin olisi saatu oikeat osat aina valmistukseen. Luhtasen & Unkurin mukaan nestauksen olisi tullut tapahtua vasta tuotannonsuunnittelussa. Tällöin tuotannonsuunnittelu olisi saanut suunnittelulta suunnittelumateriaalin, josta tuotannonsuunnittelu olisi luovuttanut nestattavat osat nestäajille. Tällöin nestaus olisi tapahtunut todelliseen tarpeeseen ja näin olisi tullut tehtyä vain kokoonpanon tarvitsemat osat. Osa mahdollisista suunnittelun muutoksista olisi ehtinyt tapahtua ennen nestautusta ja turha nestaus olisi jäänyt tällöin pois. (Luhtanen; Unkuri)

Tämä ongelma oli ollut konkreettinen ja siihen ehdotettu parannus perusteltu. Myöhempi nestauksen sijainti olisi tuonut joustavuutta, kun muutoksiin olisi pystytty reagoimaan paremmin ja tuotannon suunnittelu olisi pystynyt varmistamaan, että seuraavan työvaiheen tarvitsemat osat olisivat nesteissä ja valmistuksessa. Varastoitavien ja siirreltävien osien valmistus olisi vähentynyt, kun tuotanto olisi valmistanut vain seuraavassa työvaiheessa tarvittavia osia. Toiminta olisi vastannut tällöin Lean- tuotannon periaatteita, jossa pyritään välttämään varastointia, turhaa työtä sekä tekemään ja saamaan osat oikeaan aikaan oikeaan paikkaan.

TOF teki esinestauksen 3D mallista, jonka mukaan materiaalit tilattiin. Jo aiemmin mainittiin, että materiaali olisi tullut tilata tuotantojärjestyksen mukaan levyt täyteen nestatuna, jolloin ne poltettaisiin kerran. TOF:n olisi tullut tehdä esinestaus siten, että sen

perusteella osat olisi voitu valmistaa ilman uudelleennestausta. Ainoastaan muuttuneet osat ja nestit oltaisiin nestattu uudelleen. Tällöin nestausta ei olisi tarvinnut tehdä, kuin kerran. Muutostilanteita varten nestauksen olisi tullut kuitenkin sijaita tuotannonohjauksen jälkeen paremman reagoitokyvyn vuoksi.

4.10 Materiaalinseurannasta ja tuloutuksesta johtuvat ongelmat ja niiden hallinta

TOF:lla oli teräsmateriaalin seurannan kanssa ongelmia, joka johti materiaalin etsintään ja osien uudelleenvalmistukseen. Materiaalinseurannan ongelmat tulivat haastateluissa esille seuraavasti: Teräsmateriaali oli usein kateissa, oli kyse sitten raaka-aineesta tai osista. Raaka-aineesta ei tiedetty välttämättä kahteen viikkoon, että se oli saapunut TOF:lle, koska varastolla oli kaksi viikkoa käsittelyaikaa tulouttaa materiaali järjestelmään, jolloin se alkoi vasta näkyä siellä. Tämä vaikeutti tuotantoa huomattavasti, jos materiaalia löydetty tai tiedetty, että se olisi ajoissa perillä. Tuotannon tuli tällöin etsiä korvaavaa työtä. (Juhola; Leivo; Lindroos; Järvinen) *”Valmistetut osat ovat välillä hukassa, mikä johtaa niiden uudelleen valmistamiseen. Osien hukkuminen johtuu yleensä välivarastossa tapahtuvassa yliotosta tai sitten siitä, että ne ovat telakan välivarastossa lumen alla eikä niitä löydetä.” (Leivo)*

Parannusehdotuksissa toivottiin, että olisi ollut yksi henkilö, joka vastaisi teräsmateriaalin tilausten seurannasta aina tilauksesta tuotantoon ja tietäisi levyjen käyttötarkoituksen. Lähes jokainen haastateltu henkilö totesi, että TOF:lla olisi ollut hyvä olla teräsmateriaalista vastaava henkilö, jolla olisi ollut kaikki tiedot toimituksessa ja varastossa olevista teräsmateriaaleista aina tuotantoon asti. Tämä henkilö olisi tiennyt myös materiaalin käyttötarkoituksen ja oliko esimerkiksi teräslevy varattu jo jollekin nestille.

Teräsmateriaalin seuranta oli ollut puutteellista ja sen sijaintia ei ollut välttämättä tiedetty kahteen viikkoon, vaikka edellinen tieto oli ollut, että se oli ollut satamassa, josta sen olisi pitänyt päivässä tulla TOF:lle. Puolivalmisteet olivat myös olleet hukassa, jolloin niitä oli jouduttu etsimään tuotantoalueelta ja joskus oli jouduttu valmistamaan osat uudestaan. Teräsmateriaalin seurannasta havaitut ongelmat johtuivat niin seurannan puutteesta, että toimintatavoista.

TOF:n olisi pitänyt muuttaa materiaalin tuloutusta siten, että se tuloutetaan heti järjestelmään, kun se saapui ja se olisi niin kauan hold-tilassa, kun materiaali ja sen sertifikaatit olisi hyväksytyt. Tällöin materiaalin olisi tiedetty olevan saapunut ja tuotannon ei olisi tarvinnut sitä enää kysellä. Parannusehdotuksissa tuli esille ehdotus, että TOF:lla olisi pitänyt olla teräsmateriaalista vastaava henkilö, joka olisi vastannut materiaalin seurannasta toimittajalta tuotantoon. Ehdotuksena tämä olisi ollut paras ja nopein tapa

saada materiaalin seurantaan parannusta. Kuitenkin pitkällä tähtäimellä, kun TOF olisi saanut materiaalitilaukset ja tuotannon toimimaan imuohjatusti sekä toimittajien kanssa hiottua toimintatavat kuntoon, niin hänen työnsä olisi todennäköisesti jäänyt tarpeettomaksi.

Jos materiaalia olisi haluttu seurata vielä tarkemmin, olisi voitu harkita GPS- seurannan ottamista käyttöön toimittajilta TOF:lle saapuviin materiaalikuljetuksiin. Telakan sisäisessä materiaalinseurannassa olisi voitu parantaa toimintatapoja sekä yhtenäistää varastointiin ja materiaalin siirtoon liittyviä toiminta- ja kirjaustapoja. Tarvittaessa olisi voitu harkita RFID- tagien laittamista osiin, jonka avulla olisi voinut seurata materiaalin liikettä tuotantoalueella tarkemmin. Tagit olisivat myös nopeuttaneet materiaalin tietojen lukemista ja materiaalin tunnistamista. Tämä kuitenkin olisi vaatinut tagien luku- ja seurantajärjestelmän hankintaa. Tällaisen järjestelmän toimivuutta olisi täytynyt tutkia tarkemmin, koskien sitä miten se olisi soveltunut kyseisien osien ja materiaalin seurantaan sekä ympäristöön.

4.11 Tietojärjestelmistä liittyvät ongelmat ja niiden hallinta

Tässä luvussa käydään läpi tietojärjestelmiin liittyviä puutteita ja parannusehdotuksia. Ensimmäisessä alaluvussa käydään läpi TOF:n tietojärjestelmien rajapintojen puutteellisuuksia. Toisessa alaluvussa käydään läpi alihankkijoiden rajapinnan puuttumista ja mitä ongelmia se aiheuttaa ja mitä hyötyjä rajapinnasta alihankkijoille olisi. Toisessa alaluvussa käydään myös valmistettavien osien valmistuksen pysäyttämistä eli ”hold-tilaan” laittamista ja sen hyötyjä. Kolmannessa alaluvussa käydään muita tietojärjestelmissä havaittuja puutteita ja parannusehdotuksia.

4.11.1 Tietojärjestelmien materiaalinhallinta ja rajapinnat

TOF:n materiaalinhallintaan liittyvissä järjestelmissä oli puutteellisuuksia, mitkä johtivat eri osastojen omaan kirjanpitoon. Näitä olivat tietojärjestelmien tapa käsitellä tietoja, kun toinen järjestelmä näytti kokonaiset levyt ja toisessa levyt näkyivät kokonaisina ja myös niiden jäännösmateriaalit näkyivät siinä. Jäännösmateriaalien kirjautuminen tapahtui vasta, kun niistä valmistetut osat oli kuitattu tehdyiksi. Lindroosin mukaan: *”Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmässä MARS:ssa teräsmateriaali näkyy ainoastaan kokonaisina levyinä tai profiileina. Eli MARS ei käsittele materiaalin jäännöspaloja laisinkaan. Lisäksi materiaali näkyy MARSS:ssa ainoastaan silloin, kun sitä ei ole käytetty mihinkään, mutta ohjelma ei näytä sitä, että materiaali olisi varattu johonkin nestiin tai tietyille leikattaville osille. Tämä johtaa siihen, että nestäajat voisivat tehdä samalle le-*

vylle päällekkäisiä nestejä, jos he eivät pitäisi erillistä kirjanpitoa Excel- taulukolla, jossa he näkevät mitä levyä on jäljellä ja mille levyille on osittain nestattu osia.” Juhola kertoi, että: ”Nestisiin levyt voidaan kirjata vasta, kun ne tulevat poltosta, mikä johtaa siihen, että varaston saldo laahaa osittain perässä.”

Ohjelmien välisessä rajapinnassa oli ongelmia, kun esimerkiksi materiaalin painotiedot eivät olleet siirtyneet niiden välillä automaattisesti. Juholan & Myllyksen mukaan teräsvaraston työtä vaikeutti ja hidasti myös se, että MARS:iin kirjattava materiaalin paino ei ollut siirtynyt Nestisiin. Kuormia suunniteltaessa ja tehdessä paino oli yksi tärkeä elementti, koska rekoilla ja junavaunuilla, joilla materiaalia kuljetettiin, oli omat painorajoituksensa. (Juhola; Mylly)

TOF:n olisi pitänyt selvittää olisiko tuotannon- ja toiminnanohjausjärjestelmän välistä rajapintaa voinut parantaa, jotta tiedot niiden välillä päivittyisivät reaaliaikaisesti. Jos rajapinnan olisi saanut korjattua TOF olisi välttynyt päällekkäisiltä Excel-kirjanpidoilta ja turhalta työltä sekä epävarmuus tietojen paikkansa pitävyydestä olisi karissut.

4.11.2 Alihankkijarajapinnan ja uudelleen suunniteltavien osien valmistuksen pysäyttämisen puuttuminen

Alihankkijoihin liittyvät ongelmat tietojärjestelmissä liittyivät tehdyn työn kuittaamiseen. Alihankkijoilla ei ollut pääsyä järjestelmään, jotta he olisivat pystyneet kuittaamaan työn tehdyksi. Kuittauksen teki varastohenkilökunta alihankkijoilta sähköpostilla saatujen polttoraporttien perusteella. Tiedonkulussa TOF:n ja alihankkijoiden välillä oli ongelmia, kun osien muutostilanteissa tieto muuttuneesta suunnitelmasta ei kulkenut alihankkijalle vaan alihankkija ehti valmistaa osat vanhoilla suunnitelmissa. Haastatteluissa tämä tuli esiin seuraavasti: TOF:lla oli ongelmia polttoalihankinnan kanssa tietojärjestelmien puutteellisuuden vuoksi. Alihankkijoille toimitettiin osien tiedot ja esinestit sekä levyt. Alihankkijat sijoittelivat osat loppujen lopuksi itse levyille. Kun osat oli leikattu levyiltä, ne toimitettiin takaisin TOF:lle. Normaalisti, jos osat olisi valmistettu TOF:lla, ne olisi kuitattu Nestix ohjelmaan tehdyksi ja tietyt levyt käytetyiksi, mutta näin ei alihankkijoiden osalta tapahtunut, koska alihankkijoilla ei ollut oikeuksia Nestix järjestelmää. Tämän seurauksena varasto joutui kirjaamaan osat tehdyksi ja levyt käytetyiksi. Tämä johti varaston työmäärän lisääntymiseen. (Juhola; Leivo; Mylly) Muutostilanteiden hallintaan liittyvät ongelmat alihankkijoilla tapahtuvassa osavalmistuksessa tuli seuraavasti esiin: *”Huono muutostilanteiden hallinta tulee esiin alihankintapoltossa, kun levyt ovat alihankkijoilla poltossa ja heille on lähetetty levyiltä poltettavat osat, mutta sitten osiin tulee muutos. Tällöin muuttuneet suunnitelmat eivät välttämättä ehdi alihankkijoille ja*

ne valmistavat osat vanhan suunnitelman mukaan ja tällöin osa joudutaan valmistamaan uudelleen.” (Unkuri) ”Tämä ongelma on tosin TOF:n suunnittelun ja tuotannon-suunnittelun välillä eli tieto uudesta revisioista ei mene riittävän nopeasti tuotannon-suunnitteluun ja siitä alihankkijalle. Tällöin osat ehditään tekemään vanhan suunnitelman mukaan.” (Juhola; Leivo; Unkuri)

Nestix- ohjelmistoon olisi pitänyt ottaa alihankkijoiden polton kuittaus käyttöön. Alihankkijoiden kuittaus olisi pitänyt rajata siten, että he pystyisivät kuittaamaan ainoastaan niitä levyjä ja nestejä poltetuksi, jotka heille oli lähetetty. Eli rajaus olisi tehty koskemaan sitä hakulistaa, jonka mukaan alihankkijalle lähetettiin materiaalia. (Juhola; Myllys) *”Alihankkijoilla tulisi olla myös mahdollisuus päästä Nestix:iin siten, että sieltä pystyisi hakemaan viimeisen voimassa olevan nestin, jolloin aina tulisi valmistettua osat viimeisen suunnitelman mukaan.” (Unkuri)*

Nestix:ssä olisi pitänyt olla osia koskeva osio, jossa uudelleen suunniteltavina olevat osat olisi voitu laittaa hold:iin eli pysäyttää niiden valmistus kokonaan. Tällöin niitä ei olisi valmistettu turhaan. Eli Nestixistä olisi pitänyt ottaa muutostenhallinta käyttöön, jolloin osien nestien ja suunnitelmien hallinta olisi tullut kätevämmäksi. Lisäksi osien tila olisi näkynyt koko ajan, sekä olisi saatu osille tehtävät työvaiheet näkyviin. (Luhtanen; Unkuri)

Alihankkijoille TOF:n olisi pitänyt luoda rajapinta Nestix- tietojärjestelmään, jotta he olisivat pystyneet kuittaamaan työnsä, jolloin työnseuranta olisi ollut reaaliaikaista. Parannusehdotuksissa esiin tullut uudelleen suunniteltavien osien valmistuksen pysäyttäminen eli laitto ”hold-tilaan” olisi ollut hyvä saada käyttöön. Ominaisuus olisi lisännyt tuotannon reagointia muutostilanteisiin ja se olisi estänyt virheellisten osien tuotannon TOF:lla ja alihankinnassa.

4.11.3 Tietojärjestelmien puutteellisuudesta johtuvat ongelmat ja niiden hallinta

Juholan & Myllyksen mukaan varastossa pidettiin Excelillä kirjaa, mitä levyjä oli todellisuudessa jäljellä, koska tietojärjestelmät eivät näyttäneet todellista tilannetta. Varasto ei voinut luottaa Nestixiin eikä MARS:iin, koska niiden tiedot eivät olleet aina oikein. Tämä johtui siitä, että kun teräslevyiltä poltettiin materiaalia, niin poltto olisi tullut kuitata Nestixiin, jolloin sinne kirjattiin tieto, että poltto oli tehty. Jos levystä jäi jäännöslevy, niin se kirjattiin Nestixiin. Ensimmäisen polton jälkeen levy poistui kokonaan MARS:in kirjanpidosta. (Juhola; Myllys)

Tietojärjestelmät olivat myös puutteellisia, kun niissä ei pystynyt varaamaan materiaalia tietylle työlle vaan tätä hallittiin Excel- kirjanpidon avulla. Tämä oli aiheuttanut tilanteita, jossa tuotanto oli käyttänytkin levyn johonkin muuhun työhön, kun ei ollut nähty, että se oli varattuna toiselle työlle. Myös järjestelmistä puuttui ominaisuuksia, joilla olisi pystynyt hakemaan, järjestämään ja merkkamaan materiaaliin liittyviä tietoja. Järvinen & Lindroos kertoivat, että nestaus ei saanut tehtyä kaikkia tarvitsemiaan merkintöjä levyjen tietoihin MARS:ssa tai Nestixissä, kuten esimerkiksi varattua levyä omaan käyttöön. Lisäksi levyn tila ei ollut näkyvässä eli ei nähty oliko levy varattu, varastossa, poltossa, tilattu vai tulossa TOF:lle sekä mihin nestiin se oli varattu. Levyjen kirjaaminen ja levynkäytön kirjaaminen erikseen Exceliin olivat suurimpia turhan työn aiheuttajia. Nestaukselle oli aiheutunut turhaa työtä, kun tuotanto olikin käyttänyt levyn, mihin nestaus oli tehnyt nestin. Turha työ aiheutui korvaavan materiaalin etsimisestä.” (Lindroos; Järvinen)

Tuotannonohjausjärjestelmän valmistettujen osien seurantaominaisuutta ei ollut otettu TOF:lla käyttöön. Tämä olisi helpottanut tuotannon ja materiaalivirran ohjausta ja osien tila olisi ollut selvillä. Luhtasen & Unkurin mukaan Nestix:ssä ei ollut osien seurantaominaisuutta, jolla olisi nähnyt missä tilassa osa oli eli oliko se tehty, varastoitu tai asennettu, mikä olisi hyödyttänyt tuotannosuunnittelua, kun olisi ollut varma tieto osien tilasta. Osien työvaihemalleja ei ollut Nestix:stä saatavana, mikä vaikeutti osien ohjaamista, kun ei pystytty suoraan näkemään seuraavaa työvaihetta. (Luhtanen; Unkuri)

Nestix- ohjelmiston inventory- osioon olisi pitänyt saada vastaavia toimintoja kuin Excelissä eli ominaisuus, jolla olisi pystynyt hakemaan listoista useammalla hakutekijällä samanaikaisesti materiaaleja, korostamaan väreillä tärkeitä asioita ja tekemään kaikki nestauksen ja varaston tarvitsemat merkinnät. Lisäksi Nestix:llä olisi ollut hyvä pystyä tekemään varastomiehille materiaalihakulistat. (Juhola; Myllys) Nestix:ssä tulisi olla ominaisuuksia, jolla nestaus pystyisi tekemään tarvittavat merkinnät levyn varaukseen. Lisäksi nestaus tarvitsee tiedon levyn tilasta eli onko se varattu, tilattu, varastossa vai poltossa sekä jäännöslevyn tiedot. (Lindroos; Järvinen)

”Nestixillä nestattaessa jäännöslevyjen geometria pitäisi pystyä säilyttämään, jolloin uudestaan nestattaessa levyn käyttöaste saataisiin paremmaksi, kun tiedetään sen tarkka geometria. Tällainen ominaisuus ohjelmassa on, mutta se ei ole käytössä.” (Unkuri)

Nestixissä levyjen todellinen sijainti ja levyjen varaustilanne olisi tullut olla koko ajan tiedossa sekä levyjen tiedot olisi pitänyt näkyä kaikille, jotka niiden kanssa olivat tekemisissä. (Lindroos; Järvinen)

Yrityksen olisi pitänyt siirtää tilausehdotusten eli PO:n tekeminen MARS:sta Nestix:iin, jolloin MARS:n käytöstä teräsmateriaalinhallinnassa olisi voitu luopua kokonaan. Tällöin olisi välttytty virheiltiltä kahden eri varastosaldon välillä. Lisäksi teräsmateriaalinhallinta olisi ollut helpompaa, kun kaikki olisi käyttäneet samaa järjestelmää ja tehneet merkinnät samaan paikkaan. (Lindroos; Unkuri)

TOF:n tietojärjestelmät olivat materiaalinhallinnan kannalta puutteelliset, eivätkä ne vastanneet materiaalihallinnan tarpeita ja vaatimuksia kaikilta osin. Varastossa olevan materiaalin varaaminen tietyille nesteille olisi pitänyt olla mahdollista, jotta olisi välttytty turhalta työltä nestauksessa, kuten korvaavan materiaalin etsimiseltä ja turhalta päällekkäiseltä kirjanpidolta Excelissä. Tietojärjestelmissä tarvittavat merkinnät materiaaleihin olisi pitänyt saada käyttöön, jos ne olisivat tehostanut ja helpottanut materiaalinhallintaa ja muuta toimintaa, kuten nestautusta. Niillä materiaali- ja osatietoja tarvitsevilla työntekijöillä ja käytävillä toiminnoilla ja osastoilla olisi pitänyt olla tietojärjestelmistä nähtävänä materiaalien ja osien reaaliaikainen tila eli oliko ne käytettävissä tai varattu johonkin muuhun käyttöön, käytetty tai asennettu. Nämä ominaisuudet olisivat tehostaneet myös tuotannonohjausta, kun osan seuraavat työvaiheet olisivat olleet näkyvissä.

Nestixillä nestatessa oli mahdollisuus säilyttää jäännöslevyn geometria. Nestixin käyttöä nestauksessa olisi pitänyt harkita, jolloin nestauksessa voitaisiin nähdä suoraan jäännöslevyn geometria ja sijoitella osat sen mukaan levyille. Tällöin olisi saatu jäännöslevyjen poltossa hukkaprosenttia pienemmäksi, kun levyt olisi saatu nestattua paremmin täyteen osia. Tällä toiminnolla ei olisi ollut välttämättä kovinkaan paljon käyttöä, jos levyt olisi pystytty polttamaan kerralla osiksi. Muutostilanteissa tai virheellisten osien uudelleen teossa tämä olisi ollut hyvä ominaisuus.

TOF:n olisi pitänyt tutkia onko tietojärjestelmissä olevia puutteita mahdollista korjata ja puuttuvia ominaisuuksia lisätä. Vaihtoehtoisesti olisi ollut hyvä tutkia, että onko mahdollista siirtää materiaalinhallinta yhden järjestelmän alle, jossa olisi kaikki materiaalinhallintaan tarvittavat ominaisuudet. Päällekkäisten excel- kirjanpitojen ylläpitämisestä olisi tullut luopua, koska se vei työaikaa ja virheiden mahdollisuus kasvoi. Lean- tuotannon periaatteiden mukaan kaikki turha työ tulisi karsia ja toiminnasta tehdä mahdollisimman ohutta ja ketterää.

5. PÄÄTELMÄT

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten materiaalinhallintaa voidaan kehittää projektituotannossa. Tutkimus tehtiin TOF:lle, joka valmisti projektituotantona Spar- öljytuotantolautan runkoja. Materiaalihallinnan ongelmia selvitettiin TOF:n henkilöstön haastatteluilla ja perehtymällä yrityksen itse tekemiin tutkimuksiin materiaalihukkaan liittyen. Haastatteluissa henkilöstöltä kysyttiin myös parannusehdotuksia ongelmiin. Tutkimuksessa havaittuihin ongelmiin pyrittiin löytämään parannusehdotukset Lean-tuotannon periaatteiden avulla, joiden mukaan annettiin lopulliset parannusehdotukset kokonaisuudessaan.

Tutkimuksen tutkimuskysymyksenä oli, että millä menetelmillä materiaalinhallintaa voidaan kehittää suurissa projekteissa? Tarkemmin tutkimuksessa selvitettiin, miten materiaalihukkaa voidaan pienentää, miten materiaalinhallintaan liittyvää työtä voidaan vähentää tai tehostaa ja mitä tietojärjestelmiltä vaaditaan materiaalihallinnan parantamisen kannalta?

5.1 Materiaalihukan pienentäminen ja materiaalinhallintaan liittyvän työn tehostaminen

Materiaalihukan aiheuttajia TOF:lla oli useita. Yksi merkittävimmistä oli teräslevyjen poltto osiksi polttokoneilla, mikä ei tapahtunut kerralla kokonaan koko levyn mitalle ja jäljelle jääneiden jäännöslevyjen käyttö oli tehotonta. Toinen merkittävä asia, joka aiheutti materiaalihukkaa, oli teräsmateriaalin varaaminen muutos- ja virhetilanteita varten. TOF:n olisi pitänyt tilata levyt määrämittäisinä, jolloin koko materiaali olisi käytetty kerralla. Materiaalitulaukset olisi pitänyt tehdä imuohjatusti siten, että aina tuotannon tarvitsema materiaali olisi ainoastaan ollut TOF:lla. Imuohjaus olisi voitu toteuttaa esimerkiksi tuotantoaikataulun tarkalla viikoittaisella seurannalla ja aikatauluun määrättyjen tilauspisteiden avulla. Teräsmateriaalista valmistettavat osat olisivat ennalta määrätty tuotantojärjestyksen mukaan, jotta materiaali olisi voitu käyttää kerralla. Tällöin materiaalia ei olisi jouduttu varastoimaan ylimääräistä, ja olisi välttytty jäännöslevyiltä ja osien turhalta varastoinnilta, niiden mennessä suoraan tuotannon seuraavaan työvaiheeseen. Mahdollisessa varastoisissa olisi kannattanut ottaa myös huomioon, että olisi varattu vain seuraavan työvaiheen osia samalle lavalle tai varastopaikalle, jolloin olisi välttytty osien häviäminen virheellisten varastosta ottojen vuoksi. Jos yritys olisi to-

dennut, että muutoksia varten tarvitaan varamateriaalia muutos- tai virhetilanteita varten, varamateriaali olisi pitänyt varastoida eri paikkaan, mitä varsinainen päivittäisessä tuotannossa käytettävä materiaali.

Valmiiden osien katoaminen aiheutti materiaalihukkaa, kun osia jouduttiin valmistamaan uudestaan. Osia katosi varastosta alihankkijoiden tekemän ylioton vuoksi ja ulkovarastoinnissa talvella, kun osat hautautuivat lumeen. Osien varastoinnista olisi tullut pyrkiä siis kokonaan eroon siten, että osat olisi valmistettu suoraan tuotannon tarpeeseen, jolloin ne olisivat menneet valmistuksesta suoraan seuraavalle työvaiheelle. Jos varastoinnista ei olisi pystytty kokonaan luopumaan, olisi alihankkijat pitänyt perehdyttää varaston toimintatapoihin paremmin, jotta yliotoilta olisi voitu välttyä. Seuraavan työvaiheen osien varastointi samalle lavalle olisi myös vähentänyt yliottoa. Pienempien osien ulkovarastointi olisi tullut lopettaa, jotta riskiltä niiden häviämislle olisi voitu välttyä. Näin myös näihin liittyvältä turhalta työltä, kuten osien etsinnältä ja niiden uudelleen valmistukselta, olisi voitu välttyä.

Keskeistä olisi ollut myös parantaa suunnittelun ja tuotannonohjauksen reagointia myös muutostilanteisiin, jotta muutossuunnittelussa olevia osia ei olisi valmistettu vanhoilla suunnitelmilla. Muutostilanteet aiheuttivat materiaalihukkaa, kun niihin ei pystytty reagoimaan riittävän nopeasti. Esimerkiksi suunniteltu osa, johon myöhemmin tuli muutos, ehdittiin erheellisesti valmistaa ennen, kuin muutokseen ehdittiin reagoida tuotannonohjauksessa. Näitä muutostilanteita varten TOF:n tietojärjestelmissä olisi tullut olla ominaisuus, jolla pystyttäisiin laittamaan osa hold-tilaan, jotta kyseinen nesti ja levy olisi saatu heti sivuun tuotannosta, kun muutos oli tiedossa. Näin olisi välttytty virheellisten osien valmistukselta. Nestaus sijaitisi tuotannonohjaukselta ennen ja sen paikka olisi tullut muuttaa tuotannonohjauksen jälkeen, jotta reagointi muutoksiin olisi ollut helpompaa ja tapahtuisi tuotannonohjauksen alla. Tämä olisi tuonut myös varmuutta, että oikeat tuotannon ja kokoonpanon vaatimat osat olisivat olleet valmistuksessa. TOF:n olisi tullut siirtyä toimintaan, jossa levyt olisi tilattu määrämittäisinä tietyille osille tarkoitettuna tuotantojärjestyksen mukaan. Tällöin tuotannonsuunnittelu ja osien nestaus levyille olisi tullut tehdä jo ennen materiaalitilauksia. Nestaus levyille olisi pitänyt tapahtua tuotannonsuunnittelun kanssa yhteistyössä, jolloin tuotantojärjestyksen mukaiset osat olisivat olleet oikeilla levyillä. Näin toimittaessa nestauksen sijainti tuotannonohjauksen jälkeen ei olisi ollut perusteltua muuten, kuin paremmalla reagointikyvyllä suunnitelmamuutoksiin, mutta kuitenkin perusteltua.

Levyjen hankinnasta määrämittäisenä eri toleransseilla TOF:in olisi tullut tehdä kustannusanalyysi, jotta olisi voinut nähdä, mikä sen taloudellinen vaikutus olisi ollut verrattuna nykyiseen hankintatapaan. TOF:n silloinen ajatus käyttää Marine 12 ohjelmaa tule-

vaisuudessa luokituskuvien ja esinestauksen tekoon sekä materiaalitarpeen määrittämiseen tuki ajatusta levyjen tilaamiseen määrämittäisenä. Tällöin materiaalitarpeet olisi pystytty määrittämään tarkasti suur- ja osalohkokohtaisesti, jolloin ne olisi saatu tilattua tuotantojärjestyksessä.

Toimittajien valinta ja niiden kanssa toimiminen TOF:lla oli puutteellista, koska toimittajien toimittamissa materiaaleissa oli laatuongelmia ja materiaalin mukana tulleet dokumentit olivat virheellisiä tai puutteellisia. Nämä johtivat materiaalin uudelleen käsittelyyn, kuten jrsintään ja hiontaan. Dokumenttien puutteellisuus hidasti ja vaikeutti materiaalin vastaanottoa. Lisäksi materiaalin materiaalisertifikaattien myöhäinen saapuminen hidasti materiaalin tuloutusta TOF:lle.

TOF:n olisi tullut parantaa toimittajien valintaa ja käydä valintakriteerit tarkemmin läpi. Sopimusvaiheessa TOF:n olisi tullut sopia yhteiset toimintatavat ja määrittää materiaalille ja dokumenteille tietty laatuaste, jotta turhilta töiltä vältyttäisiin. Lisäksi toimittajilta olisi tullut vaatia sertifikaattien toimitusta ennen tai samaan aikaan materiaalin kanssa, jolloin materiaalit olisi voinut tulouttaa varastoon heti niiden saavuttua. Materiaalin toimittajien valinnoissa olisi tullut pyrkiä pitkäaikaisiin toimittajasuhteisiin ja hioa yhteisiä toimintoja pidemmälle. Näin laatu ja toimitusvarmuus paranisivat, kun toimintatavat olisi yhdessä käyty läpi.

Pyrittäessä pitkäaikaisiin toimittajasuhteisiin on hyvä kuitenkin varmistaa, ettei yritys ole liikaa yhden toimittajan varassa, jotta siihen liittyvät riskit eivät kasva liian isoksi tai ettei toimittajayritys alkaisi nostamaan hintoja mielivaltaisesti. Toimittajien valintaan liittyen TOF:n olisi tullut harkita paikallisten tai lähempänä olevien toimittajien käyttämistä enemmän. Paikallisia toimittajia käyttäessä tilauserät olisivat voineet olla pienempiä, kun kuljetuskustannukset kaukana oleviin toimittajiin verrattuna olisivat pienemmät. Toimituserät olisi tullut ajoittaa tarkasti tuotantosuunnitelman mukaan, jolloin varaston raaka-ainemäärä pysyisi pienenä ja varaston kiertoaika ja siihen sitoutunut pääoma olisi vastaavasti pieni. Tilattaessa materiaalia määrämittäisenä varastoitavasta jäännös-materiaalista olisi päästy eroon, mikä olisi vähentänyt materiaalin käsittelyä sekä sisäisiä kuljetuksia varastosta tuotantoon ja takaisin. TOF:n olisi pitänyt kuitenkin analysoida, mitä toimittajia olisi käytetty, koska lähin mahdollinen toimittaja oli osto-osaston henkilöstön mukaan huomattavasti kalliimpi, mitä muualla kauempana olevat toimittaja Euroopassa tai Aasiassa. Kauempaa tilattaessa taas epävarmuus lisääntyy ja sen vuoksi voidaan joutua ottamaan pelivaroja toimituksiin, jotta ei tule tuotannon keskeytyksiä. Kauempaa tilattaessa kuljetuskustannukset kasvavat, jolloin yleensä pyritään suurempiin tilauseriin. Nämä tekijät taas nostavat varaston kokoa, mikä ei taas vastaa Lean-tuotannon periaatteita imuohjatusta ohuesta materiaaliavirasta. Tämän vuoksi oli-

si jatkossa tullut selvittää käytettävät toimittajat, tilauserien koko, millä toleranssilla materiaali olisi tilattu sekä tilauspisteet. Hyväksyttävä raaka-ainevaraston materiaalmäärä olisi myös pitänyt selvittää yhdessä tilauspisteen kanssa.

Teräslevyjen käsittelyssä oli suuren materiaalmäärän lisäksi ongelmia, kun niitä varastoitiin ulkona, jolloin sade ja lumi aiheutti niiden ruostumista ja lumen alle hautautumista, johtaen niiden huonoon tunnistamiseen. Lumi aiheutti vielä lumitöitä tämän lisäksi, kun levyjen päältä jouduttiin kolaamaan lumet pois. TOF:n olisi tullut tehdä investointilaskelma ja analysoida katon rakentamisen kustannukset ja siitä saavutettavat hyödyt. Varaston toimintaa katon rakentaminen tehostaisi joka tapauksessa.

TOF:lla oli monia toimintatavoista johtuvia ongelmia, jotka lisäsivät turhaa työtä tai tekivät materiaalinhallinnasta tehotonta. Näitä olivat muun muassa hidas materiaalisertifikaattien saapuminen sekä lisäksi pitkä materiaalin tuloutusaika, mikä johtui hitaasta materiaalisertifikaattien hyväksynnästä. Nämä yhdessä johtivat siihen, että materiaali oli saapunut TOF:lle, mutta sitä ei ollut saatu tuloutettua varastoon, ja näin se ei ollut tuotannon käytettävissä. Toimintavoista johtuvia ongelmia olivat myös alihankkijoiden unohtama teräslevyjen polton kuittaus ja eri osastojen puutteellinen tietojärjestelmien käyttö. Kaikki toimintatavoista johtuvat ongelmat, jotka eivät liity tietojärjestelmiin, olisi ollut mahdollista ratkaista, kun olisi käyty eri osastojen ja alihankkijoiden kanssa ongelmat läpi ja sovittu toimintatavoista. Tämän jälkeen olisi henkilöstö ja alihankkijat koulutettu ja perehdytetty näihin toimintatapoihin.

Materiaalinseuranta oli TOF:lla puutteellista sekä raaka-aineen osalta, että puolivalmisteiden osalta. Raaka-aineet saattoivat olla kaksi viikkoa TOF:n pihalla ilman, että niitä oli kirjattu mihinkään tai niiden saapumisesta oli tietoa. Edellinen seurantatieto oli voinut olla, että ne oli lastattu satamassa rekan kyytiin. Tämä johtui pitkästä varaston tuloutusajasta, hitaasta materiaalin hyväksynnästä sekä seurannan puutteesta. Puolivalmisteiden seuranta oli puutteellista, kun niitä otettiin vahingossa varastosta ilman, että sitä huomattiin tai sitten ne olivat lumen alla hautautuneena eikä niitä löydetty.

TOF olisi tullut tutkia tarkemmin materiaalinseurantajärjestelmien käyttöönottoa raaka-ainekuljetuksiin ja osien siirtoihin liittyen. Raaka-ainekuljetuksissa olisi voinut olla ideaalitalanteessa GPS-seuranta, jolloin olisi nähty reaaliaikaisesti kuljetusten sijainti- tai saapumistiedot. Vastaavasti osiin olisi voinut olla mahdollista liittää RFID-tagit, joiden avulla osat olisi mahdollista paikantaa ja tunnistaa tuotantoalueella helpommin. RFID-tagien mahdollista soveltuvuutta osien seurantaan TOF:n olisi tullut selvittää paremmin jatkossa. Erityisesti tagien kiinnitystapaa osiin olisi tullut selvittää tarkemmin ja ylipää-

tään lukujärjestelmän soveltuvuutta telakkaympäristöön. Lisäksi järjestelmien kustannusvaikutus olisi täytynyt selvittää tulevaisuudessa tarkemmin.

5.2 Tietojärjestelmät materiaalihallinnan parantamisessa

Osa toimintatavoista johtuvista ongelmista TOF:lla aiheutui puutteellisista materiaalinhallintaan liittyvistä tietojärjestelmistä, jotka eivät kommunikoineet yhdessä, eikä niissä ollut riittävän hyvät materiaalinhallintaan tarvittavat ominaisuudet. Puutteelliset tietojärjestelmät johtivat siihen, että eri osastot tekivät omiin toimintoihinsa erilliset Excel-kirjanpidot ja kokonaisvaltaista kirjanpitoa ei ollut. Näiltä ongelmilta olisi voitu välttyä, kun olisi korjattu haastatteluissa esille tulleet puutteet ja ongelmat nykyisistä tietojärjestelmistä tai vaihtoehtoisesti siirretty yhteen kokonaisvaltaiseen järjestelmään, jossa on vaaditut toiminnallisuudet. Näitä olivat esimerkiksi osien ja levyjen tilatiedot. Tähän liittyen TOF:n olisi tullut tulevaisuudessa selvittää, olisiko sen järjestelmiä ollut mahdollista parantaa ja korjata, jotta ne olisivat vastanneet paremmin materiaalinhallinnan tarpeita jatkossa.

Yksi merkittävä puute materiaalinhallinnan tietojärjestelmissä oli valmistettavien osien hold-tilaan asettaminen. Tällä ominaisuudella olisi saatu muutossuunnittelussa oleva osa laitettua hold-tilaan, jolloin osaa ei olisi valmistettu turhaan. Toinen yksittäinen ongelma oli alihankkijarajapinnan puute, jonka vuoksi alihankkijat eivät voineet kuitata tehtyjä osia valmiiksi. Tällöin seuranta oli puutteellista eikä tiedetty, mitkä osat ja levyt olivat valmistettu tai käytetty.

Tietojärjestelmien hankintaa suunnitellessa TOF:n olisi tullut ottaa huomioon materiaalin seurannassa tapahtuvat muutokset, kuten tässä tutkimuksessa esitetyt ulkoverastoinnista luopuminen, materiaalin tuloutuksen nopeuttaminen sekä varastoinnin vähentäminen. Osien ja puolivalmisteiden työvaihemallien käyttöönotto tuotannonohjausjärjestelmään olisi tullut selvittää, koska se olisi voinut helpottaa tuotannon ohjausta, jolloin osien ohjaus olisi ollut parempaa työvaiheelta toiselle.

5.3 Tutkimuksen validiteetti ja reliabiliteetti

Tutkimuksen tutkimusotteena oli toiminta-analyttinen ote. Tutkimus toteutettiin case-tutkimuksena, jossa haastateltiin tutkimuksen kohteena olleita henkilöitä ja tutustuttiin yrityksen tekemiin analyysihin ja dokumentteihin. Tutkimusmenetelmä sopi tutkittavan ongelman ratkaisemiseksi, koska näin saatiin henkilöstön näkemykset ongelmista hyvin esille sekä yrityksen tekemien analyysit ja dokumentit toivat laskennallista ja tutkittua tietoa ongelmasta. Haastatteluissa kuitenkin aina tulee esiin ihmisten mielipiteet,

jotka eivät aina vastaa todellisuutta. Myös tässä tutkimuksessakin huomattiin, että samoihin ongelmiin annettiin haastatteluissa eri parannusehdotuksia. Kuitenkin teoreettinen viitekehys auttoi tutkijaa antamaan Lean-toimintaa tukevat suositukset. Tämän tutkimuksen tutkimustulosta ei voida suoraan kuitenkaan yleistää tai ottaa käyttöön muualle tutkimusmenetelmän suppeuden vuoksi, koska kyseessä oli kuitenkin yksittäinen tapaus ja haastateltujen ihmisten määrä oli pieni. Tutkimuksen tuloksia, kuten parannusehdotuksia, ei ole myöskään otettu käyttöön eli niiden vaikutusta ei voida todentaa.

Tutkimusta ei voida enää toistaa kohdeyrityksessä, koska tutkimuksen empiirinen osa tehtiin, jo vuonna 2013 TOF:lla, jonka jälkeen yrityksessä on ollut omistajamuutoksia. Näiden muutosten myötä kyseinen yritys on uudessa omistuksessa. Täten myös henkilöstö ja toimintatavat ovat todennäköisesti muuttuneet. Tämän vuoksi jatkotutkimusta tai kehitystyötä tämän tutkimuksen pohjalta ei voida enää tehdä kohdeyritykseen. Nykyinen telakan omistaja voi mahdollisesti hyötyä tutkimuksesta, jos se toimii samalla liiketoiminta-alueella, kuin TOF toimi. Tutkimuksesta voi nähdä, mitä ongelmia on aiemmin ollut ja miten niitä voitaisiin korjata. Jatkotutkimusta kuitenkin voidaan tehdä kohteissa, joissa harkitaan tai pyritään ottamaan Lean-menetelmiä käyttöön tai tehostamaan materiaalinhallintaa. Lisäksi voidaan tutkia vastaavien Lean-menetelmien vaikutusta toisen yrityksen materiaalinhallintaan.

LÄHTEET

- Al-Khalil, M., Assaf, S., Al-Faraj, T & Al-Darweesh, A. (2004). Measuring Effectiveness of Materials Management for Industrial Projects, *Journal of Management in Engineering*. Vol.10(3), s. 82-87
- Arto, K., Martinsuo, M. & Kujala, J. (2006). *Projektiliiketoiminta*. 1. painos. Espoo, WSOY Oppimateriaalit Oy. 416 s.
- Bevilacqua, M., Ciarapica, FE. & Paciarotti, C. (2015) Implementing lean information management: the case study of an automotive company. *Production Planning & Control*, Vol.26(10), s.753 Saatavissa: <https://www.tandfonline-com.libproxy.tuni.fi/doi/full/10.1080/09537287.2014.975167#aHR0cHM6Ly93d3ctdGFuZGZvbmxpb-mUtY29tLmxpYnByb3h5LnR1bmkuZmkvZG9pL3BkZi8xMC4xMDgwLzA5NTM3Mjg3LjIwMTQuOTc1MTY3P25lZWRY2Nlc3M9dHJ1ZUBAQDA=>
- Brown, T. & Rusk, R. (2019). Applying lean tactics in the Factory of the Future. *Plant engineering*. Vol. 73(10), s. 32-34. Saatavissa: <https://search-proquest-com.libproxy.tuni.fi/docview/2334269394/fulltextPDF/D871966DF3924E62PQ/1?accountid=14242>
- Chen, J., Cheng, C-H., Huang, PT., Wang, K-J., Huang, C-J. & Ting T-C. (2013) Warehouse management with lean and RFID application: a case study. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol 69(1-4) 531 s. Saatavissa: file:///C:/Users/artoj/AppData/Local/Temp/Warehouse_management_with_lean.pdf
- Ghuri, P. & Grønhaug, K. (2010). *Research Methods in Business Studies*. 4. Edition. Harlow, Pearson Education Limited. 265 s.
- Flinchbaugh, J. (2005). Lean Material Management. *Material Handling Management*. Vol. 60(4), s.34.35. Saatavissa: <http://web.b.ebscohost.com.libproxy.tuni.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=62dbd1ad-caea-4e8c-9d7c-9592d4d40c87%40sessionmgr101>
- General Fabrication Method for Big Dog Spar Hull TBD - GF019586-074-RT-C166-00100. (2012), Houston, Technip USA Ltd. Internal publication. 45 s.
- Green, J., Lee, J. & Kozman, T. (2010). Managing lean manufacturing in material handling operations. *International Journal of Production Research*. Vol. 48(10), s.2975-2993. Saatavissa: <http://web.a.ebscohost.com.libproxy.tuni.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=a57b1dd9-08aa-42cc-9d16-fbe2afab687%40sessionmgr4007>
- Hannus, J. (1997). *Prosessijohtaminen. Ydinprosessien uudistaminen ja yrityksen suorituskyky*. Jyväskylä, Gummerus. 368 s.

- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I & Miettinen, A. (2009). Teollisuustalous. Helsinki, Infacs. 510 s.
- Hill, A. & Hill, T. (2009). Manufacturing Operations Strategy. 3th edition. New York, Palgrave Macmillan Ltd. 504 s.
- Hill, T. (2000). Manufacturing Strategy. 3th edition. New York, McGraw-Hill Companies Inc. 588 s.
- Holbeche, L. (1998). Motivating people in lean organizations. Oxford: Boston. Butterworth- Heinemann. 315 s.
- Karrus, Kaij E. (2001). Logistiikka. 3. painos. Juva, WS Bookwell Oy. 419 s.
- Kim, S-C. & Kim, Y-W. (2012). Computerized integrated project management system for a material pull strategy. Journal of civil engineering and management. Vol. 20(6), s. 849-863. Saatavissa: <http://web.a.ebscohost.com.libproxy.tuni.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=32f71ea0-a2f6-4d43-8c50-dc29d51a7ce9%40sdc-v-sessmgr01>
- Nasir, H., Haas C., Young, D., Razavi, SN, Caldas, C. & Goodrum, P. (2010) An implementation model for automated construction materials tracking and locating. Canadian Journal of Civil Engineering, Vol.37(4), p.588 Saatavissa: <http://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?T=P&P=AN&K=50356650&S=R&D=asn&EbscoContent=dGJyMNHr7ESeprE4y9f3OLCmsEieprJSsKm4S7GWxWXS&ContentCustomer=dGJyMPGqtU%2B2q7BLuePfgex44Dt6fIA>
- Nummela, J. (2006). HF-taajuisten antennien integrointi mobiiliin RFID-lukijaan. Diplomityö. Pori. Tampereen Teknillinen Yliopisto, 72s.
- Olkkonen, T. (1994). Johdatus teollisuustalouden tutkimustyöhön. 2. Painos. Otaniemi, TKK Offset. 143 s.
- Pelin, R. (2009). Projektihallinnan käsikirja. 6. Painos. Helsinki, Projektijohtaminen Oy Risto Pelin. 413 s.
- Pinto, J. (2010). Project management: Achieving competitive advantage. 2nd edition. Boston: Prentice Hall. 480 s.
- Plemmons, James, K., Bell, Landsford, C. (1995). Measuring Effectiveness of Materials Management Process. Journal of Mangement in Engineering Vol.11(6), s. 26-32
- Poppendieck, M. (2002). Principles of Lean Thinking. Saatavissa: <https://www.okyanusbilgiambari.com/bilgiambari/Yalin/Yalin.Fabrika/Leanthinking.Software.pdf>. Viitattu 10.4.2020
- Pori construction yard: Technip Offshore Finland, a key asset in the Atlantic Basin. (2011), Technip Offshore Finland. Internal Publication. 13 s.
- Porter, D. & Billio, R. (2004). Architectures for Integrating Legacy Information System with Modern Bar Code Technology. Journal of Manufacturing systems Vol. 23(3), s. 256
- Rida, A., Yang, I., & Tentzeris, T. (2010) RFID-Enabled Sensor Design and Applications. Norwood: Artech House. 210s.

- Saarikoski, R. (2010). RFID-tekniikka ja sen hyödyntäminen kuparitehtaan pakkaus- ja varastointitoiminnassa. Diplomityö. Tampere. Tampereen Teknillinen Yliopisto. 72s.
- Sakki, J. (2009). Logistinen Prosessi: Tilaus-toimitusketjun hallinta. 4. painos. Espoo. Jouni Sakki Oy. 238 s. 265
- Salminen, A. & Uitti, S. (1997). Ismien ihmemaa. 2. painos. Vantaa, Tummavuoren Kirjapaino Oy. 272 s.
- Slack, N., Chambers, S. & Johnston, R. (2010). Operations Management. 6th edition. Essex, Pearson Education Limited. 686 s.
- Stimpson, P. (2002). AS and A Level Business Studies. Cambridge University Press. 529s.
- Technip Offshore Finland. (2009), Technip Offshore Finland, Internal Publication. 52 s.
- Technip. (2013). Technip Presentation. [WWW]. [viitattu 25.7.2013]. Saatavissa: http://www.technip.com/sites/default/files/technip/publications/attacments/en_technip_presentation_07_2013.pdf.
- Tähkänen, P. (2012). Excessive steel material. Technip Offshore Finland, Internal memorandum. 4 s.
- Uusi-Rauva, E. & Neilimo, K. (2010). Johdon laskentatoimi. 6.-10. painos. Helsinki: Edita. 366 s.
- Yin, Robert, K. (2009). Case Study Research: Desing and Methods. 4th edition. California, SAGE Publications Inc. 219 s.
- Wiksten, J. (2013). Waste percentage in Heidelberg Project. Technip Offshore Finland, Internal memorandum. 2 s.

HAASTATTELUT

Juhola, Jarmo. Varastonhoitaja teräsvarasto, Technip Offshore Finland Oy. Pori
Haastattelu 29.4.2013, 24.5.2013, ja 4.6.2013

Järvinen, Janika. Nestaaja, Offshore Finland Oy. Pori
Haastattelu 24.5.2013

Leivo, Jaakko. Tuotantoinisinööri, Technip Offshore Finland Oy. Pori
Haastattelut 27.5.2013 ja 2.7.2013

Lindroos Marko, Jaospäällikkö, Technip Offshore Finland Oy. Pori
Haastattelut 30.4.2013 ja 24.5.2013

Luhtanen, Jouko. Tuotannonsuunnittelija, Technip Offshore Finland Oy. Pori
Haastattelu 30.5.2013 ja 11.6.2013

Keskimäki, Kristiina. Nestix vastaava, Technip Offshore Finland Oy. Pori
Haastattelu 3.6.2013 ja 4.6.2013

Myllys, Juha. Varastonhoitaja varasto, Technip Offshore Finland Oy. Pori
Haastattelut 25.4.2013 ja 23.5.2013

Opas, Veikko. Jaospäällikkö, Technip Offshore Finland Oy. Pori
Haastattelut 12.3.2013, 21.3.2013, 18.5.2013 ja 30.5.2013

Repolahhti, Matti. Vanhempi projekti-insinööri, Technip Offshore Finland Oy. Pori
Haastattelu 23.4.2013

Vainionpää, Niko. Ostaja, Technip Offshore Finland Oy. Pori
Haastattelu 11.7.2013

Unkuri, Timo. Tietohallintopäällikkö, Technip Offshore Finland Oy. Pori
Haastattelu 11.6.2013

LIITE 1

Haastattelukysymykset:

Turhan työn ja materiaalihukan aiheuttajat:

1. Mitkä asiat ostollanne mielestäsi aiheuttaa turhaa työtä materiaalinhallintaan liittyen?
2. Mitkä asiat ostollanne mielestäsi aiheuttaa materiaalihukkaa materiaalinhallintaan liittyen?
3. Mitkä asiat mielestäsi aiheuttaa muissa toiminnoissa turhaa työtä materiaalinhallintaan liittyen?
4. Mitkä asiat mielestäsi aiheuttaa muissa toiminnoissa materiaalihukkaa materiaalinhallintaan liittyen?
5. Mitä ongelmia näet yrityksen tietojärjestelmissä materiaalinhallintaan liittyen?

Turhan työn ja materiaalihukan aiheuttajat:

1. Miten osatollanne voisi mielestäsi vähentää turhaa työtä materiaalinhallintaan liittyen?
2. Miten osatollanne voisi mielestäsi vähentää materiaalihukkaa materiaalinhallintaan liittyen?
3. Miten muissa toiminnoissa voisi mielestäsi vähentää turhaa työtä materiaalinhallintaan liittyen?
4. Miten muissa toiminnoissa voisi mielestäsi vähentää materiaalihukkaa materiaalinhallintaan liittyen?

LIITE 2

ONGELMAT	Materiaalinhallinnan ongelmat ja niitä korjaavat toimenpiteet																		
	KORJAAVAT TOIMENPITEET																		
	Toimittajien/ali-hankkijoiden parempi valinta	Pitkät toimittaja-/alihankkijasuh-teet	Alihankkijoiden koulutus	Henkilöstön koulutus	Toimintatapojen muuttaminen paremmaksi	Materiaalin tilaaminen määrämittäisena	Materiaalin valmistaminen kerralla osiksi	Materiaalin ja tuotannon imuohjaus JIT	Vanhojen projektien teräsmateriaalin poistaminen/myymien varastosta	Teräsvarastoon katto	Puolivalmistaiden ulkovalmistuksen lopettaminen	Materiaalista vastaavan henkilön palkkaaminen	Materiaalin seurantajärjestelmän käyttöönotto (RFID/GPS)	Polttokoneiden uusinta	Hold-tilan lisääminen valmistettaville osille	Nestauksen sijainti tuonnonsuunnittelun jälkeen	Tietorjestelmien puutteiden korjaus tai järjestelmien uusinta	Alihankkija rajapinnan luonti Nestixiin	Laadun parantaminen
Toimitettujen huono/puutteelliset dokumentit	X	X																	
Toimitettujen huono/laatuinen teräsmateriaali	X	X																	
Hidas materiaalisertifikaattien toimitus	X	X																	
Hidas materiaalisertifikaattien hyväksyntä																			
Hidas materiaalin tuotus TOR:lle				X	X							X							
Materiaali hukassa, kun ei tiedetä onko saapunut TOR:lle												X							
Materiaali hukassa, kun ei tiedetä onko saapunut TOR:lle vai onko vielä matkalla toimittajalta												X							
Alihankkijoiden tekemätönmat ja viiveet tulleet pötkön kautta	X	X	X		X													X	
Alihankkijoiden tekemätön matkailu varastosta	X	X	X		X														
Puolivalmistaiden hylätty			X					X			X								
Liian suuri materiaalin määrä varastossa	X	X				X	X	X	X										
Vara materiaalin määrä varastossa	X	X				X	X	X	X										
Projektien ylijäämä materiaali varastossa						X	X	X	X										
Suuri jäätösosien määrä	X	X	X			X	X	X	X										
Jäätösosien materiaalin kulkeutuminen tuotannon ja varaston välillä						X	X												
Teräsprofiilien jäätösosien materiaalin huono hallinta				X	X	X	X	X	X										
Teräsprofiilien käytön puutteellinen optimointi				X	X	X	X	X	X										
Tehtävän jäätösosien käyttö uusien osien valmistuksessa		X	X	X	X	X	X	X	X										
Huonolaatuinen suunnittelumateriaali			X	X	X														X
Polttokoneen omhousuudesta johtuva materiaalihukka						X	X	X	X										
Liikaa varastoitavien teräselevien tuostuminen						X	X	X	X										
Liittimet teräsvarastossa			X	X				X	X										
Liikaa varastoitavien puolivalmistaiden katoaminen								X	X										
Suunnitelmanmuutoksista johtuva materiaalihukka ja turha työ								X	X										
Virheellisten/välitien osien valmistuksesta johtuva materiaalihukka ja turha työ			X	X															
Tuotannon- ja toimintamateriaalin puutteellisen käytön			X	X	X														
Ylimääräisten Excel-kirjanpidon ajuttaminen erillisillä tiedojarjestelmien puutteista johtuva työ			X	X	X												X	X	