



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Markus Mannismäki

MATERIAALIVIRRRAN OPTIMOINTI
AUTOMATISOIDUSSA
SYLINTERIKANSIKOKOONPANOSSA

Wärtsilä

Tekniikka
2023

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Markus Mannismäki
Opinnäytetyön nimi	Materiaalivirran optimointi automatisoidussa sylinterikansikokoonpanossa
Vuosi	2023
Kieli	suomi
Sivumäärä	44 + 2 liitettä
Ohjaajat	Sami Elomaa, Tuomas Viertamo

Tämä opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Wärtsilä Finland Oy:lle. Tarkoituksena oli selvittää Vaskiluodon uuden Sustainable Technology Hub -tehtaan automatisoidun sylinterikansikokoonpanon kehityskohteita tutkimalla materiaalivirtoja.

Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys muodostuu eri tuotantotyyppien läpikäynnistä, logistiikan perusteista, Lean-ajattelusta ja sen VSM-työkaluista. Työn soveltava empiirinen tutkimus toteutettiin triangulaationa, eli siinä käytettiin kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia menetelmiä. Kvantitatiivinen osuus toteutettiin luomalla VSM-kaaviot ja kellottamalla siihen tarvittavat vaiheajat. Kvalitatiivinen osuus toteutettiin haastatteleamalla tuotannon ja logistiikan työntekijöitä sekä toimihenkilöitä ja havainnoimalla tuotannon toimintaa. Kvantitatiivisten ja kvalitatiivisten menetelmien pohjalta luotiin kehityssuunnitelma ja koostettiin jatkokehitysideoiden listaus.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta uuden tehtaan modernien tuotantojärjestelmien toimivan. Kuitenkin, jotta tuotannon materiaalivirtaukset olisivat Leanin mukaiset, vaaditaan prosessien optimointia.

ABSTRACT

Author	Markus Mannismäki
Title	Material Flow Optimisation in Automated Cylinder Head Assembly Line
Year	2023
Language	Finnish
Pages	44 + 2 Appendices
Names of Supervisors	Sami Elomaa, Tuomas Viertamo

This thesis was created as an assignment for Wärtsilä Finland's new Sustainable Technology Hub-factory. The objective of the thesis was to develop the process of automated assembly of cylinder heads by studying and investigating the material flow.

The theoretical framework of the thesis is composed of studying different kind of production types, basics of logistics in industry, lean management philosophy and its Value Stream Mapping tools. The applied empirical study was implemented as a triangulation where both quantitative and qualitative methods were used. The quantitative parts were done by creating Value Stream Maps in which the production phases were timed. The qualitative parts were executed by interviewing blue- and white-collar workers in production and logistics. The production was also monitored and observed. The development plan and the list of further development proposals were generated by using both quantitative and qualitative methods.

Based on the study the new factory's modern production systems are functioning, but to get the production to flow lean, optimisation is necessary.

Keywords Material flows, optimisation, Lean manufacturing, and production systems

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
1.1	Yhtiö	9
1.1.1	Historia	10
1.1.2	Wärtsilä Marine.....	11
1.1.3	Wärtsilä Energy	11
1.2	Projektin tausta.....	12
1.3	Tarkoitus, tavoitteet ja rajaukset.....	13
2	AACH 2.0:N ESITTELY	14
2.1	Layout.....	14
2.2	Toiminta	15
2.3	Sylinterikanteen asennettavien komponenttien varastointi.....	16
2.4	Laitteiston ongelmat	17
3	TEORIAOSUUS.....	18
3.1	Tuotantotyypit	18
3.2	Logistiikka.....	20
3.3	LEAN	21
3.4	VSM.....	22
4	PROJEKTIN TUOTOKSET	25
4.1	VSM Current State	25
4.1.1	Yleistä prosessin kulusta	25
4.1.2	Symbolit	26
4.1.3	Kaavion parametrien selitys.....	27
4.2	VSM Future State	28
4.2.1	Yleistä prosessin kulusta	28
4.2.2	Symbolit ja kaavion parametrien selitys	29
4.2.3	Current State ja Future State erot	30

5	KEHITYSSUUNNITELMA	31
5.1	Hukan poistaminen VSM-kaavioiden perusteella.....	31
5.1.1	DCV-jäysteenpoiston poisjäänti	31
5.1.2	CH-Island prosessin optimointi	31
5.2	Tarkkojen hyllypaikkojen määritys	32
5.2.1	Koneistuttujen kansien varastointi	32
5.2.2	Kokoonpantujen kansien varastointi	32
5.2.3	Koneistettujen ja kokoonpantujen kansien varastointi Logistiikkakeskuksessa	33
5.3	AACH 2.0 -haasteiden optimointi	34
5.3.1	Komponenttien varastoinnin optimointi	34
5.4	Kansilavojen määrän pienennys	35
6	JATKOKEHITYSEHDOTUKSET	36
6.1	AACH 2.0:n optimointi käyttämään eurolavaa	36
6.2	Kartoitus AACH 2.0 -valmistettavista kansista.....	37
6.3	Uusi VSM-workshop.....	38
6.4	Logistiikan prosessien optimointi	38
7	YHTEENVETO	40
7.1	Taustatiedot	40
7.2	Tutkimuksen luotettavuus	40
7.3	Tutkimuksen hyödyt kohdeyritykselle ja tulosten arviointi	41
	LÄHTEET	42
	LIITTEET	44

LYHENTEET JA KÄSITTEET

W34 – Wärtsilän moottorimalli, jonka männänhalkaisija on 34 cm

DFC – Wärtsilän monipolttoainemoottorityyppi

LEAN – Johtamisfilosofia, jossa prosessi virtaviivaistetaan

VSM – Value Stream Mapping, arvovirtakaavio, jossa prosessin vaiheet kirjataan ylös

VSM Current State – Arvovirtakaavio nykytilanteesta

VSM Future State – Arvovirtakaavio tulevaisuuden tavoiteilasta

SAP – ERP, Tuotannonohjausjärjestelmä

STH – Sustainable Technology Hub, Vaskiluodon uusi tehdas

AACH 2.0 – Automated Assembly of Cylinder Heads, Automatisoitu kansikokoonpanolinja Wärtsilän STH:lla

Jäyste/purse – Lastuavassa työstössä metalliin syntyvä ei-toivottu materiaalimuodostelma

Hukka – Prosessin arvoa tuottamaton turha työ

CH Island – STH:n automatisoitu mittasolu sylinterikansille

Kansi – Sylinterikansi

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Sustainable Technology Hub /7/.....	12
Kuva 2. AACH 2.0 Solulayout.....	14
Kuva 3. Tehokkain tuotantotyyppi -vertailu /8/.....	19
Kuva 4. Arvovirtakaavioprosessi /9/.....	23
Kuva 5. Arvovirtakaavion symbolit.....	26
Kuva 6. Current State-kaavion parametrit.....	27
Kuva 7. Future State-kaavion parametrit.....	29

LIITELUETTELO

LIITE 1. W34 DFC VSM Current State

LIITE 2. W34 DFC VSM Future State

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö koostetaan toimeksiantona Wärtsilä Finland Oyj:lle. Työn tarkoituksena on optimoida W34 DFC -sylinterikansien materiaalivirtaa Lean-johtamisfilosofian mukaisesti. Työssä laaditaan arvovirtakaavio nykytilanteesta, josta käy ilmi prosessin työvaiheet, siirrot ja varastoinnit. Kaavion perusteella prosessin arvoa tuottamattomat vaiheet kartoitetaan ja selvitetään, olisiko prosessia mahdollista muokata tehokkaammaksi. Optimoidusta prosessista luodaan tulevaisuuden arvovirtakaavio ja sen pohjalta luodaan kehityssuunnitelma.

Opinnäytetyössä arvovirtakaavioiden ja kehityssuunnitelman lisäksi esitellään automatisoitu sylinterinkansikokoonpanolinjasto AACH 2.0 ja sen toiminta, sekä paneudutaan tuotannonohjaukseen, logistiikan teoriaan ja Lean-johtamisfilosofiaan. Tutkimukseen tarvittava tieto hankitaan seuraamalla sylinterikannen matkaa mittapisteeltä läpi eri työvaiheiden asiakkaalle pakatuksi valmiiksi tuotteeksi. Kannen vaiheita seurattaessa suoritetaan haastatteluja koneistuksen, logistiikan ja kokoonpanon työntekijöiden ja toimihenkilöiden kanssa.

Tarve opinnäytetyölle syntyi Wärtsilän suurinvestoinnista Vaasan Vaskiluotoon. Tehtaan ja prosessin uutuuden vuoksi AACH 2.0 -sylinterinkansikokoonpanolinjan materiaalivirta on tärkeää kartoittaa ja optimoida.

1.1 Yhtiö

Wärtsilä on kansainvälisillä markkinoilla toimiva innovatiivisia teknologia- ja elinkaariratkaisuja tuottava suuryhtiö, joka toimii merenkulku- ja energia-alalla. Yhtiö työllistää 17 500 henkilöä yli 240 toimipisteessä 79 eri maassa. Liikevaihto vuonna 2022 oli 5,8 miljardia euroa. Wärtsilä on listautunut Nasdaq Helsingissä.

/22/

1.1.1 Historia

Vuonna 1834 Karjalaan Wärtsilän kylään perustettiin saha. 1850-luvun puolivälissä Suomen senaatti kannusti yrittäjiä panostamaan metalliteollisuuteen ja Nils Ludvig Arppen toimesta saha muutettiin metallipajaksi. 1920-luvun puolivälissä Wärtsilä ajautui suuriin talousvaikeuksiin kysynnän romahdettua. Haastavina aikoina yhtiötä kehittämään valittiin Wilhelm Wahlforss, joka loi Wärtsilästä monialayrityksen. Tällöin yhtiön toiminta laajentui laivanrakennukseen yritysostojen kautta.

Sodan uhka Euroopassa kasvoi ja Wahlforssin johdolla ostettiin kotimaisia konepajoja. Kaupat olivat Wärtsilän menestyksen kannalta merkittäviä. Yhtiöstä tuli sodan jälkeen Suomen suurin teollisuusyritys sotakorvauksien maksusta aiheutuneen kysynnän kasvun vuoksi.

Wärtsilä kokoonpani tehtaillaan lisenssillä valmistettavia laivanmoottoreita, mutta käänne tapahtui vuonna 1959, kun lanseerattiin ensimmäinen Vaasassa suunniteltu moottori. 1970-luvulla Wärtsilä panosti merkittävästi dieselmoottoriteknologiaan ja Vaasan moottorilaboration tuotekehityksen tuloksena dieselmoottoreissa onnistuttiin käyttämään polttoaineena raskasta polttoöljyä.

Vuosituhaten taitteen aikoihin Wärtsilästä tuli maailman johtava merimoottorien valmistaja Sulzer-kauppojen myötä ja yhä enenevässä määrin ohjattiin kehitystä suuntaan, jossa pelkän moottorin sijaan valmistetaan laivoihin koko energiaketju. Parinsadan vuoden aikana yhtiö on kehittynyt pienestä sahasta markkinajohtajaksi, joka tarjoaa asiakkailleen edistyksellisiä ratkaisuja meri- ja energiateollisuudessa. /26/

1.1.2 Wärtsilä Marine

Wärtsilä Marine on maailman johtavia yrityksiä meriteollisuudessa. Yhtiö tarjoaa asiakkailleen laajan tuoteskaalan tehokkaita, luotettavia ja ekologisesti kestäviä ratkaisuja. /23/

Wärtsilällä on kokemusta tuhansista projekteista rahti-, kalastus- ja matkustaja-alusten parissa. Valtamerillä seilaavista laivoista kolmannes hyödyntää yhtiön teknologiaa. Ympäristötietoisuuden ja alati kasvavan kilpailun aikakautena asiakkaat luottavat Wärtsilän innovatiiviseen osaamiseen, jonka avulla meriteollisuudessa alkaa uusi tehokkuuden ja kestävyiden aikakausi. /25/

Yhtiön suosituimpia meriteollisuuden polttomoottoreita ovat monipolttoainemoottorit, joissa voi hyödyntää raskasta ja kevyttä polttoöljyä, biodieseliä sekä nesteytettyä maakaasua energianlähteinä. Voimanlähteet tarjoavat asiakkailleen joustavuutta, vaihdon eri polttoaineiden välillä tapahtuessa saumattomasti ilman tehokatkoksia. Dual fuel -mallistoon kuuluu Wärtsilä 20DF-, 25DF-, 31DF-, 34DF-, 46DF- ja 46TS-DF -moottorit ja niiden eri sylinterimäärien variaatiot. /24/

1.1.3 Wärtsilä Energy

Wärtsilä Energy tarjoaa asiakkailleen monipuolisia ratkaisuja energia-alalla. Yhtiöllä on laaja ymmärrys energian siirrosta ja erilaisista energiantuottosysteemeistä. Asiakkaalle tarjotaan joustavia ratkaisuja kohti fossiilivapaata energian tuotantoa. Tuotevalikoimaan kuuluu perinteiset moottorivoimalaitokset, energian talteenottojärjestelmät, hybridivoimalaitokset ja kyseisten kokonaisuuksien huoltotoimenpiteet. /21/

Wärtsilän moottorivoimalaitokset räätälöidään asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Voimalaitoksia saa yhden megawatin teholuokasta aina yli 500 megawatin voimalaitoksiin asti. Valttikorttina yhtiön tuotteissa on niiden tarjoama varmatoimisuus ja kustannustehokkuus, sekä joustavuus siirtyessä käyttämään

uusiutuvia energianlähteitä. Polttoaineina voidaan käyttää synteettistä metanolia, sekä maakaasun ja vedyn sekoitusta, jossa vedyn osuus on jopa 25%. Sataprosenttisen vedyn käytön eteen polttoaineena yhtiö tekee töitä. /1/

1.2 Projektin tausta

Wärtsilä on rakentanut Vaasan Vaskiluotoon uuden tutkimus-, tuotekehitys ja tuotantokeskuksen. Kuvassa 1. esiintyvä laitos on nimetty yhtiön tavoitteiden mukaisesti Sustainable Technology Hub:ksi ja on siirto kohti hiilivapaata merenkulku- ja energia-alaa. Tuotantolaitoksen kokonaisinvestointi on yli 200 miljoonaa euroa, josta 83 miljoonaa on ohjattu moderniin testaus- ja tuotantoteknologiaan. STH on edistysellinen tuotantolaitos, jossa robotiikka ja joustavat valmistusjärjestelmät ovat avainroolissa. /13/

Modernit tuotantojärjestelmät toimiessaan ovat tehokkaita, mutta tarvitsevat käyttöönotossa merkittäviä resursseja. STH on vielä osittain käyttöönottovaiheessa ja prosessit kaipaavat kehittämistä. AACH 2.0 -materiaalivirran optimointi on ajankohtainen ja merkityksellinen prosessi, koska kokoonpanolinjastossa tuotanto on alkanut ja volyyymi on suuri.



Kuva 1. Sustainable Technology Hub. /7/

1.3 Tarkoitus, tavoitteet ja rajaukset

Projektin tarkoituksena on seurata W34 DFC -sylinterikannen tuotantoa ja havaintojen pohjalta luoda prosessista arvovirtakaavio nykytilanteesta. Kaaviossa vertaillaan kansikokoonpanon arvoa tuottavien ja tuottamattomien vaiheiden suhdetta. Tuottavia vaiheita ovat ne vaiheet, joissa kannen rakennetta muokataan tai siihen lisätään komponentteja. Tuottamattomia vaiheita ovat varastoinnit, kuljetukset, mittaukset ja muut käsittelyt, eli vaiheet joihin kuluu rahaa tai aikaa, eivätkä ne lisää arvoa. /18/ Luotu kaavio tullaan läpikäymään osaston toimihenkilöiden kanssa tutkien, miten prosessia voitaisiin parantaa Lean-toimintamallin mukaisesti.

Läpikäynnin jälkeen prosessista luodaan tulevaisuuden arvovirtakaavio, jossa havaitut haasteet on optimoitu. Työssä seurataan myös muita prosessiin liittyviä epäkohtia ja niitä listataan ylös. Kyseisten havaintojen ja dokumenttien pohjalta luodaan prosessista kehityssuunnitelma.

Projekti on rajattu koskemaan ainoastaan W34 DFC -sylinterikantta, joka on massatuote tällä hetkellä tuotannossa. Kaavioissa ei tulla tutkimaan kannen koneistusprosessia, vaan seuranta alkaa mittausvaiheesta CH Islandilta. Työ tullaan rajaamaan koskemaan STH:n AACH 2.0 -linjaa. Työssä huomioidaan ainoastaan 34 DFC -kannet, jotka tulevat uudistuotantoon Vaskiluodossa. Prosessista syntyvän kehityssuunnitelman muutostoimenpiteitä ei suoriteta opinnäytetyön tiukkojen aikaraamien sisällä.

2 AACH 2.0:n ESITTELY

AACH 2.0 on Algot Oy:n valmistama puoliautomaattinen kokoonpanolinja sylinterikansille. Kuvassa 2. esiintyvällä laitteistolla voidaan tulevaisuudessa valmistaa useita eri Wärtsilän sylinterikansimalleja.

2.1 Layout

Layoutilla tarkoitetaan sitä, miten tuotantoon tarvittavat komponentit on järjestetty tuotantotilaan. Hyvä layout on työntekijälle turvallinen ja ergonominen ja se tukee tehokasta materiaalivirtaa. /19/



Kuva 2. AACH 2.0 -solulayout.

Luettelo soluista ja mitä niissä tehdään:

Solu 1: Oikealta puolelta syötetään koneistetut kannet sisään järjestelmään.

Solu 2: Solussa asennetaan kansiin lyöntitulpat automatisoidusti.

Solu 3: Kannen maalaussolu.

Solu 4: Koeponnistussolu. Testataan vesitilan ja startti- sekä öljykanavan tiiveys 31-sylinterinkansilla.

Solut 5 ja 6: Venttiilisolut. Kansiin asennetaan venttiilit robotisoidusti. Solussa poistetaan myös kanteen mahdollisesti jäänyt vesi kallistamalla koeponnistuksen jälkeen.

Solut 7, 8, 9, 10: Manuaalikokoonpanosolut. Soluissa tehdään kansille manuaalisesti tehtävät kokoonpanotoimenpiteet.

Solut 11 ja 12: Kansien koeponnistus.

2.2 Toiminta

Prosessi alkaa, kun kansilavat syötetään trukilla järjestelmään. Lavoille mahtuu kerrallaan kaksi koneistettua sylinterinkantta. Kannot järjestelmään noutaa Güdel-robotti, jolla tehdään linjaston jokainen solujen välinen siirto. Kantta nostettaessa järjestelmään konenäkö lukee UII-koodin ja varmistaa kansityypin sopivuuden projektille SAP-tietokannasta.

Varmistuksen jälkeen kansi syötetään lasermerkkauksoluun, jossa siihen merkataan projektikohtainen UII-koodi. Merkkauksen jälkeen robotti noutaa kannen pesusoluun, jossa se pestään automaattipesurissa ja samassa prosessissa kansi lämmitetään noin 75 celsiusasteen lämpötilaan.

Pesun jälkeen kansi siirretään manuaalikokoonpano 1 -soluun. Tässä kannesta imuroidaan ja puhalletaan pesun jälkeen siihen jäänyt vesi ja suoritetaan

visuaalinen tarkastelu. Lämmitettyyn kanteen asennetaan solussa pakastimessa -150 celsiusasteeseen jäädytetyt startti- ja keskiholkit, pako- ja imuseetit, kaasuputki, ohjurit ja iestapit.

Manuaalikokoonpanon jälkeen kansi siirtyy tulppasoluun, jossa asennetaan robotisoidusti lyöntitulpat. Tulppiin levitetään automaattisesti liima, jonka levitystä valvotaan konenäöllä. Tästä kansi siirretään robotisoituun venttiilinasennussoluun. Solussa on automaattisesti toimiva varastointijärjestelmä Kardex, josta robotti poimii asennuksessa tarvittavat osat. Kardexin komponenttien täyttö tapahtuu manuaalisesti.

Tämän vaiheen jälkeen kansi kulkee manuaali 3 -soluun. Vaiheessa asennetaan ruiskutuslaitteisto, startti-, polttoaine- ja pilottiputket, sekä IMES-anturi. Näiden asennusten jälkeen kansi siirtyy manuaali 4 -soluun. Siinä sylinterikannen ja komponenttien tiedot syötetään QDMS-järjestelmään. Tässä vaiheessa asennetaan iekset ja laakeripukit.

Viimeisen manuaaliasennusvaiheen jälkeen kansi siirtyy koeponnistukseen. Se suoritetaan automatisoidusti Adwatec-järjestelmällä x barin paineella. Ponnistuksen jälkeen robotti noutaa kannen ja vie sen venttiilisoluun kuivaukseen. Solussa kantta käännellään ja kannen tiivistepinta puhalletaan kuivaksi. Tämän jälkeen kansi siirretään ulos järjestelmästä. Tästä valmiit kannet ajetaan trukilla varastopaikalle AACH 2.0 -ympäristöön.

2.3 Sylinterikanteen asennettavien komponenttien varastointi

Kansiin asennettavista osista osa varastoidaan AACH 2.0:n läheisyydessä pientarvikelaatikoissa, joiden täydennys tapahtuu imuohjauksella kaksilaatikkojärjestelmän avulla; komponentteja kulutetaan yhdestä laatikosta ja tyhjä laatikko indikoi täydennystarpeesta. Komponenttitäydennyksistä vastaa yhtiön ulkopuoliset toimijat.

Osa kanteen asennettavista osista toimitetaan logistiikan toimesta tilauksien mukaisina keräyksinä. Niissä komponentteja tuodaan tarvepaikalle logistiikkakeskuksen varastosta oikea määrä.

Kansiin asennettavia tuotannon kannalta kriittisimpiä komponentteja on alettu varastoimaan kokoonpanolinjan läheisyydessä suuremmissa erissä. Tällä toimella pyritään varmistamaan, ettei tuotantoa katkaise osapuute. Joidenkin komponenttien puuttuminen saattaisi keskeyttää tuotannon ja seisauttaa kokoonpanolinjan.

2.4 Laitteiston ongelmat

Seurannan aikana AACH 2.0 -järjestelmässä esiintyi ongelmia. Seuranta edeltävällä viikolla laitteistolla oli ollut huoltoviikko, jossa sitä valmisteltiin 46-sylinterinkansien kokoonpanoa varten ja tämä seikka vaikutti negatiivisesti sen toimintaan.

Havaittuja ongelmia listattuna:

- Lyöntitulppien asennussolussa liimauksen konenäön kanssa haasteita: Robotti hylkäsi useita tulppia, kun liima ei levittänyt tasaisesti liiman kuivuttua.
- Kardex-varastojärjestelmän toiminnassa ongelmaa.
- Valmistuneet kannet ei kuittaudu pois järjestelmästä, jolloin laitteistonohjausjärjestelmä Edge kuormittuu ja kaatuu.
- Komponenttien keräyshaasteita.
- Solujen konenäköanturit pölyntyvät, jolloin ne pitää puhdistaa ennen kuin asennustoimenpiteet voivat jatkaa.

3 TEORIAOSUUS

Tässä luvussa perehdytään teoriaan, jonka tunteminen mahdollistaa prosessin optimoinnin paremmaksi. Käsiteltäviä aiheita ovat: Tuotanto ja tuotannonohjaus, logistiikka, sekä Lean ja sen VSM-työkalut.

3.1 Tuotantotyypit

Tuotanto käsitteenä tarkoittaa tuotteiden ja palveluiden luomista. Tuotannon kannattavuuden kannalta tarvitaan lista tuotannon tekijöitä. Näitä ovat kysyntä, raaka-aineet, työvoima, energia, pääoma sekä liikenneyhteydet ja toimiva infrastruktuuri. Ennen tuotannon aloittamista kyseisten tekijöiden saatavuus ja järjestäminen täytyy olla selvitettyinä. Näiden tekijöiden jälkeen pohditaan millainen tuotantoprosessi olisi järkevin.

Teollisen tuotannon perustyyppejä ovat:

- Projektituotanto
- Verstastuotanto
- Erätuotanto
- Kokoomalinja
- Vuotuotanto. /20/

Projektituotannossa valmistetaan yksittäisiä ja räätälöityjä tuotteita asiakkaalle. Esimerkkejä projektituotannosta ovat rakennusprojektit tai uuden tuotteen mainoskampanjat.

Verstastuotannossa tuotetaan pieniä tuotantoeriä, mutta tuotevariointi voi olla laajaa. Tuotantotapana siinä on paljon piirteitä traditionaalisesta työpajatuotannosta. Parturikampaamon ja autohuoltamon tarjoamat palvelut voidaan laskea tällaisiksi.

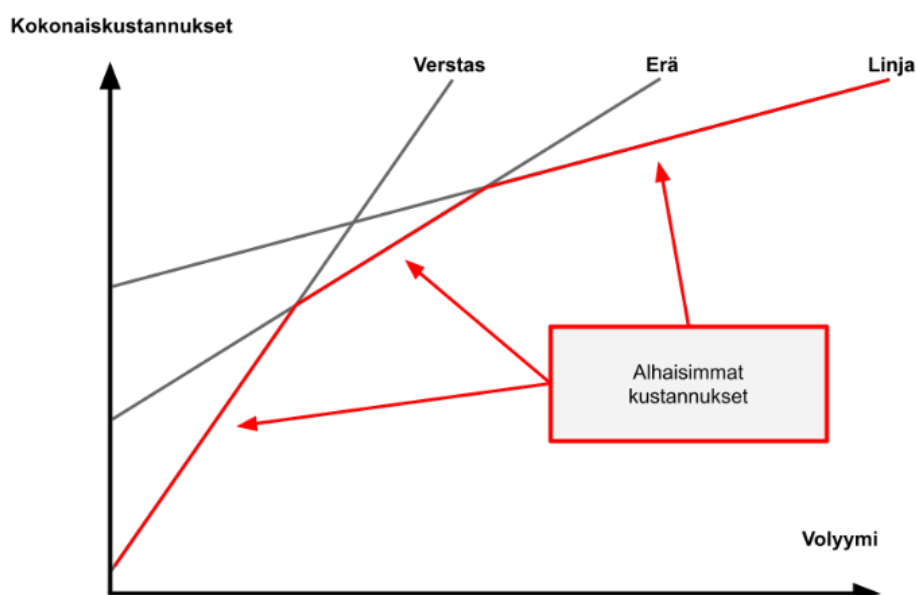
Erätuotannossa on paljon samoja piirteitä kuin verstastuotannossa, mutta tuotettavat erät ovat suurempia ja tuotteiden vaihtelu on vähäisempää.

Painoteollisuus on hyvä esimerkki erätuotannosta: Laitteisto säädetään ensin tietyn kirjan parametreille määrätyn erän ajaksi ja sen valmistuttua aloitetaan tuotanto toisilla asetuksilla.

Kokoomalinja on tuotantolinjasto, jossa valmistettava hyödyke liikkuu yleensä vaiheesta toiseen edellisen valmistuttua. Kyseistä tuotantotyyppiä hyödynnetään suuren volyymin tuotteissa, joiden valmistus vaatii vaiheittaista kokoonpanomenetelmää.

Vuotuotanto on suunniteltu automatisoiduksi tuotannoksi, jossa materiaalivirta on lähes keskeytymätön. Siinä valmistetaan maksimissaan kahta tuotetta mittavalla volyyymilla. Panimo- ja sellutuotanto ovat esimerkkejä tästä tuotantotyyppistä. /20/ Kuvassa 3. esitellään eri tuotantotyyppien kustannustehokkuutta suhteessa volyymiin.

Tehokkain tuotantotyyppi riippuu tuotantomäärästä (volyyymi)



Kuva 3. Tehokkain tuotantotyyppi -vertailu. /8/

Kustannuksiltaan tehokkain tuotantotyyppi voidaan selvittää vertaamalla tuotannon kokonaiskustannuksia suhteessa tuotantomääriin (volyymiin). Esim. verstaas on edullinen pienillä tuotantomäärillä, mutta kustannukset kasvavat nopeasti tuotantomäärän kasvaessa. Linja (kokoomalinja tai vuotuotanto) on liian kallis pienten määrien tuottamiseen, mutta hyvin suurilla määrillä se on edullisin tapa tuottaa. /20/

3.2 Logistiikka

Nykyinen käsite logistiikasta on muotoutunut identifioimaan materiaalien välittämiseen liittyviä hallintatehtäviä. Jotta kyseiset tehtävät saadaan toteutettua hyvin ja tehokkaasti, täytyy tuotannon prosessit ja niihin liittyvät materiaali- ja informaatiovirtojen kokonaisuudet hallita ja ymmärtää. /3/

Teollisen tuotannon toiminnan kannalta on olennaisen tärkeää, että logistiikka toimii oikea-aikaisesti ja täsmällisesti. Sen tärkeimmät tehtävät on toimittaa tuotannossa tarvittavat materiaalit tarvepaikalle, parantaa tavaravirran hallintaa ja huolehtia valmiiden tuotteiden varastoinnista sekä kuljetuksista seuraavaan vaiheeseen. Teollisuuden logistiikka voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri osaluokkaan: Tulologistiikkaan, tuotantolaitoksen sisäiseen logistiikkaan ja lähtölogistiikkaan. Kun nämä kolme tekijää on koordinoitu toimimaan synkronissa tuotannon suunnittelun ja ohjauksen kanssa, on tuotanto sujuvaa. /6/

Logistiikka voidaan jakaa perusajattelutapojen mukaan varasto- ja tilausohjattuun logistiikkaan. Varastointiohjatussa logistiikassa tuotteita varastoidaan, kun hyödykkeiden kysyntä on heikosti ennakoitavissa tai jossain tapauksissa puskuroimaan tarjonnan vaihteluita. Pääosin kyseistä menetelmää käytetään tuotteissa ja komponenteissa, jotka ovat tuotannon kannalta kriittisiä tai niiden menekki on ajoittain nopeaa temmoltaan. Parhaimmillaan menetelmä toimii taloudellisesti tehokkaasti, kun varastopuskuri tarjoaa toimintaan varmuutta ja liiallisia varmuusvarastoja ei esiinny. /4/

Tilausohjattua logistiikan menetelmää käytetään valmistettavien tuotteiden ollessa sellaisia, ettei niitä ole järkevää tai mahdollista valmistaa varastoon. Tilausohjauksessa tuotantoprosessi käynnistetään vasta, kun asiakas on varmistanut tilauksen. Taloudellisimmin menetelmä toimii, kun valmistetaan ei-standartoituja asiakkaalle räätälöityjä tuotteita. /5/

3.3 LEAN

Lean-paradigma juontaa juurensa toisen maailmansodan jälkeiseen Toyota Motor Companyn Insinöörin Taiichi Ohnon menetelmään parantaa tuotantoa. Tällöin yhtiöllä oli pääomapula ja täytyi keksiä menetelmiä, joissa vähäisillä resursseilla ja vanhalla kalustolla pystyttiin tekemään parempaa tulosta. /10/

Leanissa perusajatuksena on tunnistaa ja poistaa tuotantoprosessista kaikki turhat vaiheet, jotka eivät ole arvoa lisääviä. Lean-optimoinnissa luodaan tuotannon kulusta kaavio, jonka tarkoituksena on havainnollistaa tuotantoprosessia ja tuoda sen epäkohdat esille. Kartoituksen perusteella tuotannosta pyritään poistamaan hukka maksimoiden virtaus.

Toyotan mallissa hukkaa tunnetaan seitsemää eri tyyppiä:

- Kuljetukset : Tuotetta kuljettaessa on olemassa riski sen vaurioitumisesta, hukkumisesta tai toimituksen myöhästymisestä. Kuljetus ei myöskään ole arvoa lisäävää toimintaa.
- Varastoinnit : Sitovat pääomaa kiinni, eikä asiakas maksa tuotteen varastoinnista.
- Siirrot : Turha siirtely ei lisää arvoa.
- Odotus : Komponentit jotka odottavat tuotantoa eivät lisää prosessiin arvoa.
- Liiallinen laatu / turha työ : Yliladun tuottaminen ei lisää arvoa ja huonosti toimiva tuotantoprosessi tuottaa turhaa työtä.

- Ylituotanto : Liikatuotanto kysyntään nähden lisää varastoja ja ei lisää arvoa.
- Virheet : Työn tekeminen uudelleen virheiden vuoksi ei lisää arvoa. /2/

Lean-johtamisfilosofian kaksi kulmakiveä ovat JIT ja ihmisten kyvykkyyden arvostaminen. JIT:lla (Just in Time) tarkoitetaan sitä, että tuotannossa pitää olla oikea määrä oikeita osia oikeaan aikaan käytettävissä. Tällä menetelmällä mahdollistetaan mahdollisimman pienet varastot. Ihmisten kyvykkyyden arvostamisella tarkoitetaan sitä, että työntekijät näyttävät kykynsä aktiivisen osallistumisen kautta, ilmoittaen mahdollisista kehityskohteista tuotannon prosesseissa. /16/

3.4 VSM

Value Stream Mapping, eli arvovirtakuvaus on eräs Lean-työkaluista. Arvovirta on kuvaus yrityksen toiminnasta, jossa raaka-aineista tai komponenteista valmistetaan asiakkaalle valmis tuote. Prosessiin kuuluu vaiheita, jotka ovat arvoa tuottavia ja joiden avulla tuote saatetaan asiakkaan haluamaan muotoon. Jokaiseen tuotantoprosessiin kuuluu myös vaiheita, jotka eivät tuota arvoa. /17/

VSM-kartoituksessa hahmotellaan yhteen dokumenttiin prosessin vaiheet ja ajat, joiden avulla pyritään tunnistamaan lähtötaso. Tuotannon vaiheiden kuvaamisella pyritään tuomaan tietoon, mitä prosessissa todella tapahtuu, jolloin sen kehittäminen mahdollistuu. Prosessin kehittäminen vailla tämänhetkisen toiminnan kuvausta on hakuammuntaa.

Arvovirtakuvauksen luomisella pyritään tuomaan esiin prosessin virtauksen pullonkaulat. Niiden havaiseminen mahdollistaa toimintojen optimoinnin ja virtauksen kasvattamisen. Arvovirtakuvauksesta tulee selvittää tuotteen kokonaisläpimenoaika, joka pyritään saamaan mahdollisimman lyhyeksi poistamalla prosessista hukkaa. Tärkein seikka kehitystyötä tehdessä on

toimintojen tehostaminen ja vanhojen toimintamallien tutkiminen kriittisesti, antaen tilaa uusille ajatuksille.

Kun tuotannon nykytila on selvitetty ja ongelmakohtat tunnistettu, luodaan tulevaisuuden tavoitetilan kartoitus. Siinä hukkaa pienentämällä prosessi virtaviivaistetaan olemaan enemmän Leanin mukainen. /15/



Kuva 4. Arvovirtakaavioprosessi. /9/

Kuvan 4. VSM-prosessin ensimmäinen vaihe aloitetaan valmistelutyöllä, jossa määritetään projektitiimi sekä parametri, jota tullaan kartoittamaan. Toisessa vaiheessa luodaan arvovirtakaavio prosessin nykytilasta. Kolmannessa vaiheessa luodaan prosessista Lean-menetelmän mukainen tulevaisuuden arvovirtakaavio. Neljännessä vaiheessa luodaan kehityssuunnitelma, jonka avulla pyritään tulevaisuuden arvovirtakaavion mukaiseen tilaan. /12/

4 PROJEKTIN TUOTOKSET

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyöprosessin tuloksia. Niihin sisältyy VSM Current- ja Future State -kaaviot Wärtsilän W34 DFC -sylinterikannen materiaalivirrasta.

4.1 VSM Current State

Tässä kaaviossa on kuvattu tuotannon materiaalivirta nykytilassa.

4.1.1 Yleistä prosessin kulusta

Nykytilassa sylinterinkansi siirretään koneistuksen jälkeisen mittauksen jälkeen odottamaan pakkausta. Pakkauksen yhteydessä kannen lava vaihdetaan puulavaksi ja siihen merkataan materiaalinumero käsin. Pakattu kansi siirretään C2/C3-oven läheisyyteen odottamaan kuljetusta DCV:lle.

DCV:llä kannet kuljetetaan BV/01/2-ovelle ja siirretään lohkopesukoneen viereen varastoitavaksi. Tämän jälkeen kannet noudetaan jäystepisteelle ja suoritetaan jäysteenpoisto. Sen yhteydessä puulavat vaihdetaan muovilavoihin ja kannet kuljetetaan valmiiden hyllyyn varastoon. Tästä asennukseen valmiita kansiä siirretään STH:lle tarpeen mukaan. DCV-jäysteenpoistokuviossa menee keskimääräisesti noin viikko.

DCV-jäysteenpoiston jälkeen STH:lle kutsutaan jäysettyjä kansiä tarpeeseen. Keskimäärin kansiä varastoidaan AACH 2.0 -ympäristössä STH:lla noin viikon verran. Ennen kuin kannet voidaan syöttää AACH 2.0 täytyy suorittaa lavan vaihto. AACH 2.0 -asennusprosessissa läpimenoaika yhdelle W34 DFC -kannelle on nykyhetkenä x minuuttia. Kun kannen asennusprosessi on valmis syötetään järjestelmään eri lava, kuin millä se on syötetty sisään ja se kuljetetaan AACH 2.0 -ympäristöön varastoon ennen moottoriin asentamista. Tämä varastointivaihe on keskimäärin noin viikon mittainen.

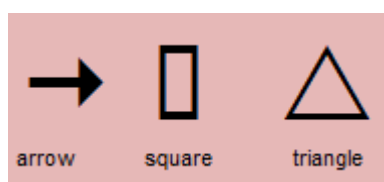
Nykyisessä prosessissa on lavanvaihtoja neljä ja suoritettavia pakkaustoimenpiteitä kaksi. Varastointiaika ja tuottamattomien työprosessien osuus nykytilassa on y minuuttia.

Sylinterikansien jäysteenpoisto on suoritettu DCV:lla, koska STH on ollut käyttöönottovaiheessa ja DCV:n kansikokoonpanossa oli aluksi suurempi volyyymi, kuin STH:lla. Uudesta tehtaasta puuttui myös jäysteenpoistopukki ja sen lisääminen tuotantotiloihin vaati suunnittelua ja paloturvallisuus selvityksiä.

4.1.2 Symbolit

Luodussa kaaviossa W34 DFC -kannen tuotantoprosessia kuvataan vaihe vaiheelta koneistuksen jälkeiseltä mittaukselta valmiiksi moottoriin asennettavaksi sylinterinkanneksi. Kaavion vaiheet on merkattu Excel-tiedostoon kronologisesti ja eri vaihetyypeille on omat symbolinsa kuvan 5. mukaisesti:

- Nuoli: Kuvataan prosessin manuaali- ja automaattisiirtoja
- Suorakulmio: Kuvataan prosessin tuottavia työvaiheita
- Kolmio: Kuvataan varastointeja sekä tuottamattomia työvaiheita.



Kuva 5. Arvovirtakaavion symbolit.

4.1.3 Kaavion parametrien selitys

14			C	square	→	square								
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23							U	Venttiilien asennus	Robottisiirto CH-M3	Manuaalikoko onpano CH-M3				
24			R											
25				R										
26	Koko prosessi	W34 DFC			R									
27	Jalostamaton min.					R								
28	Jalostava min.							R						
29	Lavan vaihto	3							R					
30										R				
31											R			
32	Läpimenoaika min. yht.											R		
33	Jalostava %						R							
34	Flow, metreinä	0	E											
35	Käsittelykertoja	31		E										
36	Autom.käsittelykertoja	18			E								1	1
37	Varastointeja	7				E								
38	Jalostavia työvaiheita	6						E					1	
39	Käsittelyjä yht.	49							N					

Kuva 6. Current State -kaavion parametrit.

Kuvan 6. kaaviossa riville 27 on kirjattu ylös prosessin vaiheiden jalostamattoman ajan kesto ja riville 28 on kirjattu prosessin jalostavan osuuden parametrit. Jalostamatonta osuutta prosessissa on yhteenlaskettuna x minuuttia ja jalostavaa x minuuttia. Kyseiset koko prosessin arvot on merkattu kaavioon kohtiin 27B ja 28B. Kokonaisläpimenoaika on x minuuttia ja jalostavan työn prosenttiosuus on x. Ne on kirjattu 32B- ja 33B-sarakkeisiin.

35-39 B -sarakkeisiin on merkattu automaatti- ja manuaalikäsittelyt sekä varastointien, jalostavien työvaiheiden ja käsittelyjen lukumäärät. Prosessissa on automaattikäsittelyjä 18 kpl, manuaalikäsittelyjä 32 kpl, varastointeja 7 kpl ja jalostavia työvaiheita 6 kpl.

Kaaviossa vaiheajat DCV-jäysteenpoistosta sekä varastoinneista ennen ja jälkeen AACH 2.0 kokoonpanoprosessien ovat arvioita, sillä kyseiset parametrit vaihtelevat merkittävästi. Arvio on tehty yhdessä Wärtsilän työntekijöiden ja toimihenkilöiden kanssa.

AACH 2.0 -kokoonpanoprosessien vaiheajat on robottisiirtoineen kelloitettu vaihe kerrallaan. Tällä menetelmällä saadaan hieman optimistinen kuva prosessin nopeudesta. Todellisuudessa yhden kannen vaiheaika on mitatessa pidempi, kun AACH 2.0 -toiminnassa oli häiriöitä. Mittaustapa on kuitenkin relevantti, sillä jokaisella kannella vaiheajat vaihtelevat solun tilan mukaan. Vaihtelua vaiheaikoihin tulee mahdollisista virhetiloista ja jos solun bufferipaikat tai jokin tietty vaihe on varattuna.

Nykyisessä prosessissa on vaiheita kaikkiaan 61 kpl, joista ensimmäiset 26 aiheutuvat kuljetuksista, pakkaamisista, lavanvaihdoista, rekan lastauksista ja puruista, jäysteenpoistosta ja varastoinneista kun koneistetut kannet viedään DCV:lle käsiteltäväksi. Järvikadun tehtaalle on Vaskiluodon STH:lta matkaa 4,2 kilometriä ja tämä matka ajetaan edestakaisin jäysteenpoiston suorittamisen vuoksi. Loput 35 vaihetta koostuu varastoinneista, pakkauksien purusta, AACH 2.0 -prosesseista ja kannen siirroista tehtaan sisällä.

4.2 VSM Future State

Tässä kaaviossa kuvataan tuotantoprosessin tavoitetila.

4.2.1 Yleistä prosessin kulusta

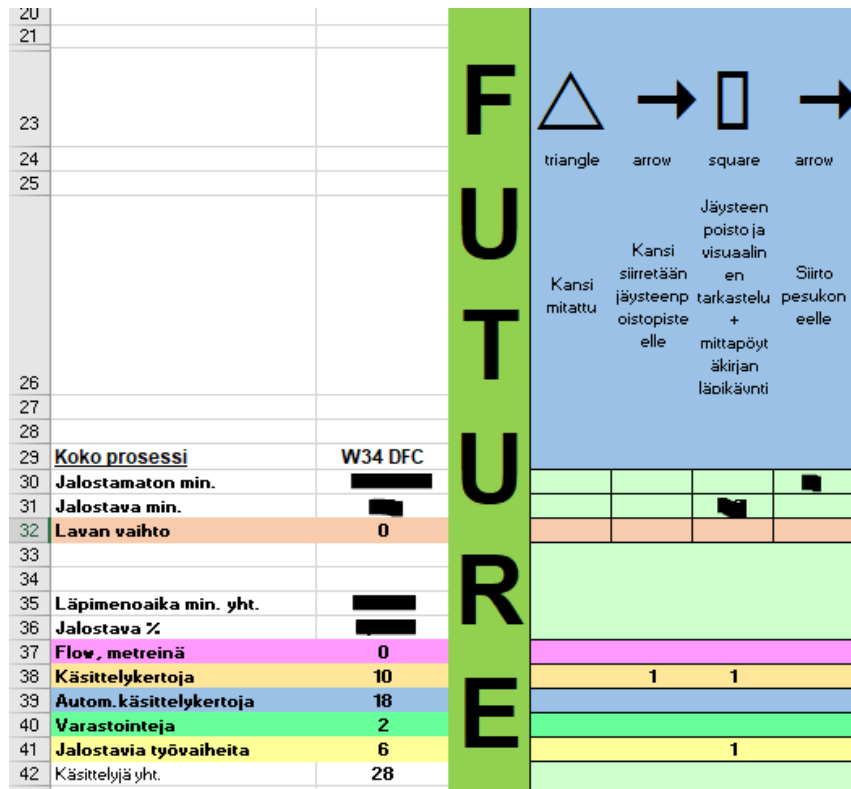
Future Staten kaaviossa prosessi alkaa koneistuksen jälkeiseltä mittapisteeltä CH-Islandilta. Mittauksen jälkeen kansi siirretään jäysteenpoistopukille, missä sylinterinkannesta poistetaan manuaalisesti automaattijäysteenpoiston jälkeen jäänyt purse. Työvaiheen yhteydessä kanteen merkataan materiaalinumero ja sen jälkeen se kuljetetaan varastoitavaksi AACH 2.0 -läheiseen hyllyyn, mihin

varastoidaan kokoonpanoon valmiit sylinterikannet. Keskimäärin kansia varastoidaan kyseisessä varastossa viikko.

Varastopaikalta kannet siirretään trukilla AACH 2.0 -sisäänsyöttöön ja kannen kokoonpanoprosessi alkaa. Kokoonpanolinjaston keskimääräinen läpimenoaika W34 DFC -sylinterinkannelle on x minuuttia. Tarkempi kuvaus AACH 2.0 -prosesseista löytyy kohdasta 2.2. Kun prosessi on valmis, nostetaan kannet ulossyöttölavoilla moottorinkokoonpanolinjan läheiseen varastoon. Keskimääräinen varastointiaika ennen kannen asennusta moottoriin on viikko.

4.2.2 Symbolit ja kaavion parametrien selitys

Kuvan 7. Future State -kaavion parametrit on kuvattu samoilla symboleilla kuin Current State -kaaviossa: Nuoli kuvaa siirtoja ja kuljetuksia, kolmio kuvaa varastointeja ja tuottamattomia työvaiheita ja suorakulmio kuvaa tuottavia työvaiheita.



Kuva 7. Future State -kaavion parametrit.

Kaaviossa riville 30 on kirjattu ylös prosessin vaiheiden jalostamattoman työn kesto ja riville 31 on kirjattu prosessin jalostavan osuuden parametrit. Jalostamatonta osuutta prosessissa on yhteensä x minuuttia ja jalostavaa x minuuttia. Kyseiset arvot on merkattu kaavioon kohtiin 30B ja 31B. Kokonaisläpimenoaika on x minuuttia ja jalostavan työn prosenttiosuus on x. Ne on kirjattu 35B ja 36B sarakkeisiin.

38-42 B sarakkeisiin on merkattu automaatti- ja manuaalikäsittelyt sekä varastointien, jalostavien työvaiheiden ja käsittelyjen lukumäärät. Prosessissa on automaattikäsittelyjä 18 kpl, manuaalikäsittelyjä 12 kpl, varastointeja 3 kpl ja jalostavia työvaiheita 6 kpl.

4.2.3 Current State ja Future State erot

Prosessi on huomattavasti jouhevampi, kun jäysteenpoisto suoritetaan STH:lla DCV:n sijaan. Vaiheita jää pois 27 kappaletta ja kokonaisläpimenoaika pienenee x minuutista x minuuttiin, joka tarkoittaa 33 prosentin vähennystä. Näin ollen jalostavan työn prosenttiosuus nousee x prosentista x prosenttiin. Suurin muutos prosessin kevenemisessä tapahtuu manuaalikäsittelyiden ja varastointien vähenemisessä, kun vanhassa toimintatavassa käsittelyjä on 31 ja uudessa 12. Varastointien lukumäärä vähenee myös merkittävästi seitsemästä kolmeen.

5 KEHITYSSUUNNITELMA

Kehityssuunnitelmassa esitellään ehdotukset ja toimenpiteet, joiden avulla on mahdollista päästä Current Statesta Future Stateen mukaiseen tilaan.

5.1 Hukan poistaminen VSM-kaavioiden perusteella

5.1.1 DCV-jäysteenpoiston poisjäänti

W34 DFC -sylinterikannen materiaalivirtaa seuratessa prosessista löytyi optimoitavaa. Suurin yksittäinen prosessia parantava hukan poistaminen on DCV-jäysteenpoiston pois jääminen. Toimenpiteet STH-jäysteenpoiston toteutumiseksi on jo käynnistetty ja toiminta uudella mallilla alkaa jo opinnäytetyöprosessin aikana.

5.1.2 CH-Island prosessin optimointi

CH Island -mittasolun toiminnasta havaittiin ylimääräinen pesuprosessi osana STH:n kansikoneistusta. Kansi pestään CH Island -solussa kaksi kertaa: Ennen mittausta ja jäysteenpoiston jälkeen. Current State:ssa DCV:llä kansi on vain puhallettu puhtaaksi paineilmalla jäysteenpoiston jälkeen. Haastattelujen perusteella vanhemmassa prosessissa ei todettu suurempia laatuongelmia liittyen koneistettujen kansien puhtauteen.

Sylinterikannen siirtyessä AACH 2.0- soluun kansi pestään pesukoneella 15 minuutin ohjelmalla ja sen jälkeisessä CH-M1 manuaalikokoonpanovaiheessa se imuroidaan ja puhalletaan puhtaaksi, sekä suoritetaan visuaalinen tarkistus kannen puhtauden varmistamiseksi. Kyseiset toimenpiteet riittävät takaamaan jäystettyjen kansien riittävän puhtauden.

Future State -kaaviossa tehdään ehdotus, jossa ylimääräinen pesuprosessi poistetaan ohjelmasta muuttamalla CH Islandin MMS-reittiä. Pesun kesto siirtoinen lisää prosessiaikaa noin 20 minuutilla. Ylimääräisen pesun suorittaminen

prosessissa on ylilaadun tuottamista, joka on yksi seitsemästä päänhukkatyypistä Leanissa. Prosessin muokkauksen toteutus jää Wärtsilän harkittavaksi.

5.2 Tarkkojen hyllypaikkojen määrittäminen

Nykytilassa STH:lla koneistetuille kansille ja AACH 2.0 -valmistuneille kansille ei ole määritetty tarkkaa hyllypaikkaa, vaan ne varastoidaan sylinterikansikokoonpanon ja koneistuksen läheisyydessä. Kyseinen ympäristö on ruuhkautunut tehtaassa logistiikan haasteiden ja suuren tuotantovolyymin vuoksi.

Määrätyt hyllypaikat selkeyttäisivät materiaalivirtaa ja komponenttien hukkuminen olisi epätodennäköisempää. Varastopaikat tuotannon läheisyydessä olisivat hyvin läpinäkyviä ja saldoja olisi helppo tarkkailla myös fyysisesti. Toimenpiteet ehkäisisivät leanin odottelu-hukkatyyppiä. Tarkkaan määritettyjen hyllypaikkojen avaaminen jää Wärtsilän harkittavaksi.

5.2.1 Koneistettujen kansien varastointi

CH Islandilta valmistuville sylinterikansille tulisi määrittää varastopaikka AACH 2.0 CH-M1 -aseman viereen. Siinä on varastointikapasiteettia noin 200 kannelle W34 DFC -mallia referenssinä käyttäen, jotka odottavat sylinterikansikokoonpanon jatkojalostusta. Sijainti on hyvä, sillä CH Island -ulosyöttö ja AACH 2.0 -sisäänsyöttö ovat lähellä.

Kyseisessä lokaatiossa on hyllyt jo rakennettuna, joten toimenpiteiksi riittäisi linjaus sen käytöstä ainoastaan CH Islandista valmistuneiden koneistettujen kansien varastointiin ja SAP:ssa uuden tuotannonsisäisen varastopaikan avaus.

5.2.2 Kokoonpantujen kansien varastointi

AACH 2.0 -valmistuvat kannet tulisi varastoida Adwatec-koeponnistusjärjestelmän läheisyydessä. Sijainti on hyvä, sillä AACH 2.0 ulosyöttö ja moottorikokoonpanolinjat ovat lähellä. Paikkoja linjakokoonpanoon meneville uudistuotantokansille olisi W34-mallia referenssinä käyttäen 80 kpl.

Lokaatiossa ei ole valmiita hyllyjä rakennettuna. Varastopaikkaa perustettaessa tulee huomioida palokuormamääräykset sekä hyllypaikkojen ja AACH 2.0:n väliin tulee jäädä huoltokäytävä. Varastopaikka vaatii myös oman tuotannonsisäisen SAP-varastopaikan avaamisen.

5.2.3 Koneistettujen ja kokoonpantujen kansien varastointi

Logistiikkakeskuksessa

Jäyteenpoistosta ja kokoonpanosta valmistuneita sylinterikansia olisi mahdollista varastoida myös logistiikkakeskuksessa, mutta pitkät siirrot eivät ole Leanin mukaisia. Kansien sisään- ja ulossyötössä keskuksen järjestelmään kestäisi myös oma aikansa ja täten syntyisi turhaa työtä ja odottelua.

Jos kaikki koneistetut kannet, jotka valmistuvat CH Islandilta ja linjakokoonpanoon menevät kootut kannet, jotka ovat valmistuneet AACH 2.0 varastoitaisiin Logistiikkakeskuksessa syntyisi suuri määrä turhia siirtoja.

Esimerkiksi, 20-sylinteriseen moottoriin tarvittavat CH Islandilta valmistuneet kannet kuljetetaan logistiikkakeskukseen kymmenellä lavalla, eli trukilla ajetaan pitkät siirtymät kymmenen kertaa edestakaisin, jotta kannet saadaan varastoon. Kun AACH 2.0:lla on kapasiteettia kokoonpanna kannet, kutsutaan ne logistiikkakeskuksesta linjaston ympäristöön ja trukilla ajetaan taas kymmenen siirtymää edestakaisin.

Kun kokoonpanoprosessi AACH 2.0 on valmis, kuljetetaan kannet logistiikkakeskukseen varastoon kymmenellä edestakaisella siirrolla. Kun linjakokoonpanoon tulee tarve kyseisille kansille, trukilla ajetaan kymmenen siirtymää edestakaisin, että kannet saadaan tarvepaikalle.

Yhteensä ylimääräisiä pitkiä siirtoja CH Island mittapisteeltä valmiiksi moottoriin asennettavaksi kanneksi moottorilinjakokoonpanoon tulee 20-sylinterisellä W34 DFC -moottorilla 80 kpl, kun eri vaiheissa olevia kansia siirretään tuotannon ja logistiikkakeskuksen välillä. Yhden siirron kestoksi tuotannon ja

logistiikkakeskuksen välillä kelloitettiin kolme minuuttia, joten 20-sylinterisen moottorin kansien jalostusprosessin vaihe-aika kasvaisi vähintään 240 minuutilla.

5.3 AACH 2.0 -haasteiden optimointi

5.3.1 Komponenttien varastoinnin optimointi

W34 DFC -sylinderikannta referenssinä käyttäen, kanteen asennettavia erilaisia komponentteja on yhteensä 61 kappaletta. Näistä 36 eri artikkelia tulee keräyksinä ja loput varastoidaan AACH 2.0 yhteydessä pientarvikkeissa kaksilaatikkojärjestelmin.

Tuotannon virtauksen parantamiseksi suurin osa keräyksistä olisi hyvä muuttaa toimimaan imuohjauksella siten, että komponentteja tuotaisiin tuotannon tiloihin täysillä laivoilla ja niiden täydennyksestä vastaisi AGV. (Automatisoitu trukki) Järjestelmä olisi hyvä luoda toimimaan pientarvikekaksilaatikkojärjestelmän tavoin. Anturin havaitessa lavan olevan tyhjä, SAP:iin välittyisi tieto tästä ja AGV automaattisesti täydentäisi komponenttivajauksen. Tärkeää olisi myös se, että jokaisella komponentilla olisi omat määrätyt paikkansa, jolloin työntekijät tietäisivät aina mistä etsiä.

Täysien laivojen etuna on se, että komponentit on pakattu niihin huolellisesti, kun kerättyinä ne saattavat vioittua helpommin kuljetuksessa logistiikkakeskuksesta tuotantoon. Täysien laivojen käyttö myös vähentää turhia siirtoja, kun keräyksissä laivojen käyttö ei ole yleensä kovin hyvin optimoitua; komponentit tuodaan tuotantoon useilla laivoilla logistiikkakeskuksesta, yhden täyteen lastatun lavan sijasta.

Tällä hetkellä osa komponenteista on toimitettu AACH 2.0 -ympäristöön täysillä laivoilla. Työntekijöitä ja toimihenkilöitä haastatellessa kokeilu on toiminut hyvin.

5.4 Kansilavojen määrän pienennys

Nykytilassa sylinterikansituotannossa käytetään useaa erilaista lavaa eri kansityypeille. Jos toimintaa jatketaan nykymalliin, joudutaan uusia lavatyyppejä kehittämään, kun valmistettavien kansityyppien määrä kasvaa. Pahimmassa tapauksessa jokaisella eri kansimallilla on omat ulos- ja sisäänsyöttölavat, jolloin erilaisia lavatyyppejä olisi x-määrä.

Erikoislavan hinta on keskimäärin noin x luokkaa, joten lavoihin sidottava pääoma olisi merkittävä. Suuri lavamäärä söisi tuotannon tiloista paljon kortilla olevaa varastotilaa, kun kaikki lavat ei ole tuotannon käytössä yhtä aikaa. Erikoislavan käytöstä seuraa myös ylimääräisiä työvaiheita lavanvaihtojen puitteissa.

Ongelmaa voidaan lähteä ratkaisemaan suunnittelemalla paremmin optimoituja lavoja, joita voitaisiin käyttää eri kansityypeillä. Suunnittelu pitäisi aloittaa selvittämällä eri kansityyppien yhteisiä piirteitä. Niiden perusteella tulisi selvittää, onko mahdollista kehittää yleismallista kansilavatyyppejä sisään- ja ulossyöttöön. Mitä vähemmän erilaisia lavatyyppejä on käytössä, sitä parempi virtaus tuotannossa on ja prosessi on enemmän Leanin mukainen.

6 JATKOKEHITYSEHDOTUKSET

Tässä luvussa esitellään projektin aikana heränneet jatkokehitysehdotukset.

6.1 AACH 2.0:n optimointi käyttämään eurolavaa

Nykyisessä AACH 2.0 -prosessissa käytetään kansien sisään ja ulossyöttöön tarkoin toleranssein valmistettuja muovisia eurolavoja, joissa on ohjaavat lisäosat lavaosan päällä. Erikoislavat on prosessissa käytössä, koska puisten eurolavojen korkeus saattaa vaihdella jopa senttimetrin verran ja niissä saattaa esiintyä myös kiertoa. Tämä seikka aiheuttaa paikoitusongelman järjestelmässä, kun sen konenäkö ei havainnoi korkeuden vaihteluita. Erikoislavoissa on ohjaavat lisäosat, sillä järjestelmän konenäkö kuvaa vain pientä alaa sylinterikannesta ja säätää tarttujaa xy- suunnassa hieman. Ohjaavilla lisäosilla haetaan prosessin paikoitukseen toimintavarmuutta.

Monien erilaisten erikoislavojen käyttö ei ole kuitenkaan Leanin mukaista. Lavat vievät vähäistä varastointikapasiteettia tuotannon tiloista ja niiden hankintahinta on vähintään kymmenkertainen verrattuna normaaliin eurolavaan. Erikoislavojen käyttö luo myös ylimääräisiä työvaiheita, kun esimerkiksi alihankinnan koneistetut kannet kuljetetaan tehtaaseen eurolavoilla. Erikoislavoilla kansien varastointikaan ei ole ongelmallista, sillä kalliita lavoja ei ole optimaalista käyttää siihen tarkoitukseen ja jos niitä käytetään vain AACH 2.0 ja CH Islandissa, niin prosessiin tulee monia ylimääräisiä lavanvaihtoja eurolava-varastoinnin puitteissa.

AACH 2.0 olisi hyvä optimoida käyttämään puista eurolavaa. Ratkaisu ei ole toteutukseltaan helppo, mutta moderneilla komponenteilla mahdollinen. Ensimmäinen ehdotus ongelman ratkaisuun olisi Gudel-robotin tarttujan uudelleensuunnittelu. Konstruktio tulisi suunnitella joustamaan korkeussuunnassa muutaman sentin siten, että tarttuja ajaa kansilavaa päin kevyesti ja varmistaa täten ettei kansi pääse putoamaan mahdollisten puisten eurolavojen korkeuden vaihteluiden vuoksi. Sovelluksessa tulisi päivittää myös

konenäön anturit laajemmalle kuvausalueelle niin, että xy-suuntainen paikoitus onnistuisi tarkasti.

Toinen mahdollinen ratkaisu olisi järjestelmän päivittäminen mittaamaan korkeudenvaihteluita laserantureilla ja konenäön päivittäminen kuvaamaan laajempaa aluetta xy-paikoituksen mahdollistamiseksi. Korkeuden mittaamisen lisääminen monimutkaistaisi koodia, joten ohjelmointiasiantuntijoiden työpanosta tarvittaisiin.

Kolmas mahdollinen ratkaisu olisi konenäköjärjestelmän laajamittaisempi päivittäminen kuvaamaan kaikkia kolmea dimensiota. Tarkka 3d-konenäkö mahdollistaisi tarpeeksi tarkan paikotuksen, jolloin epätarkempaa eurolavaa olisi mahdollista käyttää järjestelmässä.

Wärtsilän linjauksen mukaan nykyiset muoviset erikoislavat tulee päivittää metallisiin palokuorman keventämiseksi, sillä tehtaan hyllypaikkoja ei ole varustettu automaattisilla sammutusprinklereilla. Vertaillen puisen ja muovisen eurolavan lämpöarvoja, muovisen arvo on lähes puolet suurempi: Muovi 20–40 MJ/kg, puu 13–14 MJ/kg. /14/ Puista eurolavaa käytettäessä palokuorma olisi pienempi kuin muovisella ja kyseinen lava on huomattavasti kustannustehokkaampi kuin metallinen.

AACH 2.0 -järjestelmän optimointi käyttämään puista eurolavaa ei ole ongelmaton ratkaisu ja sen käyttöönotto vaatisi laajaa tutkimustyötä prosessin toimintavarmuuden takaamiseksi. Uudistus tekisi tuotantovaiheen enemmän Leanin mukaiseksi, kun turhia työvaiheita jäisi pois. Prosessin muutos toisi laajoja kustannussäästöjä lavanvaihtojen vähentyessä ja kun pääomaa ei tarvitsisi sitoa kalliisiin erikoislavoihin. Muutostöiden toteuttaminen jää Wärtsilän harkittavaksi.

6.2 Kartoitus AACH 2.0 -valmistettavista kansista

Tämän hetken suunnitelmissa AACH 2.0 -kokoonpanolinjalla on tarkoitus valmistaa useaa eri sylinterinkansimallia ja näiden erilaisia variaatiota. AACH 2.0

on tuotantotyyppinä kokoomalinja, jolla tulisi valmistaa vain suuren volyymin tuotteita.

Prosessista tulisi laatia selvitys, mitä kansimalleja on taloudellisesti järkevää valmistaa linjastolla ja mihin malleihin olisi järkevä harkita toista tuotantotyyppiä.

6.3 Uusi VSM-workshop

Kun AACH 2.0 -tuotanto saadaan toimimaan varmemmin ja päästään pois käyttöönottovaiheesta, tulisi tuotantotiimin järjestää uusi VSM-työpaja. Prosessiin tulisi valita tiimi Wärtsilän asentajista ja toimihenkilöistä. Joukkoon tulisi valita henkilöitä, joilla on pitkäaikainen kokemus tuotannosta ja myös uusia työntekijöitä, joilla voi olla uusia näkökulmia ongelmanratkaisuun. Ennen projektin aloittamista tulisi tiimin jokaiselle jäsenelle selventää Leanin peruseräperiaatteet ja arvovirtakaavioiden toiminta.

Kokonaisprosessi tulisi kellottaa ja kartoittaa tarkemmin, sillä osa opinnäytetyöhön koostetuista VSM-kaavioiden vaiheajoista on arvioita. Tarkemmin kellotetuista vaiheajoista tulisi todenmukaisempi kuva kokonaisprosessista, jolloin ongelmakohdat saataisiin selville ja optimointi Leanin mukaiseksi mahdollistuisi.

6.4 Logistiikan prosessien optimointi

Uuden tehtaan logistiikan prosesseissa on haasteita uusien järjestelmien käyttöönoton myötä. Näihin haasteisiin paneutuminen olisi laajuudeltaan oman opinnäytetyön veroinen. Tässä työssä käsitellään vain AACH 2.0 -materiaalivirtaan eniten vaikuttavia seikkoja.

Logistiikkakeskuksen sisässä haasteita on esiintynyt tavaran vastaanotossa. Sisäänottovolyymi keskuksen on ollut merkittävän suuri DCV-varastosiirron ja Triesten W46-materiaalivirran vuoksi. Keskukselta komponenttien lähetyksessä tuotantoon on ollut haasteita myös. Lavojen käyttö ei ole ollut parhaalla tapaa

optimoitua, kun yhdellä lavalla on kerrallaan saattanut olla vain yksi pieni komponentti.

Logistisia haasteita on aiheuttanut myös kansitilausten nykyinen muodostumistapa Teamcenterin kautta. Esimerkiksi, yhteen projektiin menevälle kansitilaukselle muodostuu kaksi erillistä tilausta, kun moottorin ensimmäisessä kannessa on muutama eriävä komponentti, kuin projektin muissa kansissa. Tämä aiheuttaa sen, että komponentit toimitetaan tuplamäärällä lavoja tarvepaikalle. Tämä työllistää turhaan logistiikkaa, täyttää välibufferia logistiikkakeskuksessa ja ruuhkauttaa tuotantotiloja.

Näiden haasteiden ratkaiseminen olisi oleellista koko tehtaan toiminnan kannalta. Haasteisiin voitaisiin pureutua Leanin menetelmin luomalla lähtötilanteestä arvovirtakaavio, jolloin koko prosessi selkeytyisi ja ongelmakohtat ja niiden juurisyyt selviäisi. Vaihetta seuraisi tavoitetilan ja kehityssuunnitelman luonti.

7 YHTEENVETO

7.1 Taustatiedot

Opinnäytetyössä perehdyttiin Wärtsilän W34 DFC -sylinterikannen tuotantoprosessiin. Seuranta aloitettiin koneistuksen jälkeiseltä mittapisteeltä käyden läpi pesu- ja kokoonpanoprosessit aina pääkokoonpanoon valmiiksi tuotteeksi asti. Tutkimuksen kvantitatiivinen osuus toteutettiin luomalla prosessista nykyhetken VSM-kaavio kellottaen prosessin vaihe- ja varastointiajat. Tuotannon nykyhetken kartoituksen jälkeen luotiin tulevaisuuden tavoitetilan VSM-kaavio prosessi optimoiden. Luotujen kaavioiden perusteella koostettiin laskelmat, kuinka paljon tuotanto virtaviivaistui.

Tutkimuksen kvalitatiivinen osuus toteutettiin haastattelemalla Wärtsilän ja sidosryhmien työntekijöitä ja toimihenkilöitä, sekä havainnoimalla tuotantoa ja sen materiaalivirtaa. Soveltavassa empiirisessä tutkimuksessa kvantitatiivista ja kvalitatiivista osuutta hyödynnettiin kehityssuunnitelman luontiin. Tämän lisäksi koostettiin jatkokehitysideoiden listaus, jossa pohdittiin suurempien linjausten toteuttamista pidemmällä aikavälillä.

7.2 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa sen kvantitatiivista- ja kvalitatiivista osuutta on syytä tarkastella erikseen. Kvantitatiivisen tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa käytetään reliabiliteetti-käsitettä, jolla pohditaan tutkimusmenetelmän ja mittareiden kompetenssia antaa korrekkeja vastauksia. Kvantitatiivisia menetelmiä tarkastellessa korrekkit vastaukset ovat pysyviä, eli mittaus toistettaessa antaa saman tuloksen. Tutkimuksen reliabiliteettia voidaan parantaa huolellisella suunnittelulla, jossa virhelähteet pyritään eliminoimaan mahdollisimman laajalti. /11/

Tutkimuksen suorittamiseen käytettyä kvantitatiivista menetelmää voidaan pitää pääosin varsin luotettavana ja pysyvänä. Epätarkkuutta prosessin määrälliseen

tutkimukseen toi se, että osa kelloitetuista ajoista oli arvioita vallitsevien olosuhteiden vuoksi. Arviot on tehty kuitenkin mahdollisimman tarkasti konsultoiden yhtiön toimihenkilöitä ja työntekijöitä.

Kvalitatiivisten menetelmien luotettavuutta arvioitaessa huomio kohdistuu tutkimusmateriaalin kokoamiseen, sen analysointiin ja tutkielman raportointiin. /11/ "Laadullisen tutkimuksen luotettavuuden kriteerejä ovat totuusarvo, sovellettavuus, pysyvyys ja neutraalisuus."/11/ Kvalitatiivisten menetelmien luotettavuus liittyy tutkimusmateriaalin koostamiseen. Luotettava materiaali on kerätty sieltä, missä tapahtumat ilmenee. Laadullisten menetelmien raportoinnissa tulisi kirjata tarkasti esitetyt kysymykset ja teemat ylös. Haastatteluja tehdessä tulee myös arvioida vastauksien luotettavuutta ja vastauksiin vaikuttaneita seikkoja. /11/

Tutkimusta koostettaessa kvalitatiivisten menetelmien luotettavuus on tyydyttävällä tasolla, kun haastattelut on toteutettu pääosin tuotantoympäristössä ja henkilöiden kanssa, jotka ovat päivittäin tekemisissä tutkittavien ilmiöiden kanssa. Haastattelujen kautta saatua informatiota on myös arvioitu aktiivisesti objektiivisuuden varmistamiseksi. Kvalitatiivisten menetelmien raportointiin ja haastattelujen suunnitteluun olisi tullut kiinnittää enemmän huomiota.

7.3 Tutkimuksen hyödyt kohdeyritykselle ja tulosten arviointi

Tutkimuksen laatimisesta oli kohdeyritykselle konkreettista hyötyä, kun sylinterikansituotannon prosesseista ja vaiheajoista tehtiin selvitys. Sen perusteella prosessista löytyi kehitettävää ja konkreettisia ideoita tehtiin haasteiden ratkaisuun. Tutkimuksen kehityskohteiden täytäntöönpanoa jatketaan opinnäytetyöprosessin päätyttyä.

LÄHTEET

/1/ Engine power plants. Wärtsilän verkkosivut. Viitattu 6.2.2023.
<https://www.wartsila.com/energy/solutions/engine-power-plants>

/2/ Engwall, M., Jerbrant, A., Karlson, B., Storm, P. & Stefansson, I. 2020. Modern industrial management. 151. Second edition. Lund. Studentlitteratur AB.

/3/ Karrus, K. 2001. Logistiikka. 13. uud.p. Helsinki. WSOY.

/4/ Karrus, K. 2001. Logistiikka. 34–35. uud.p. Helsinki. WSOY.

/5/ Karrus, K. 2001. Logistiikka. 53–55. uud.p. Helsinki. WSOY.

/6/ Karrus, K. 2001. Logistiikka. 72–73. uud.p. Helsinki. WSOY.

/7/ Kuva 1. Sustainable Technology Hub. Viitattu 28.3.2023.
<https://www.wartsila.com/media/news/01-06-2022-wartsila-opens-world-leading-sustainable-technology-hub-to-accelerate-marine-and-energy-decarbonisation-3112015>

/8/ Kuva 3. Tehokkain tuotantotyyppi -vertailu. Viitattu 28.3.2023.
<https://www.logistiikanmaailma.fi/aineistot/logistiikka-lukiolaisille/tuotannossa-tarvitaan-logistiikka/>

/9/ Kuva 4. Arvovirtakaavioprosessi. Viitattu 28.3.2023.
https://www.researchgate.net/figure/Value-stream-mapping-process_fig1_3523592

/10/ Leanin historiaa. Six Sigma verkkosivut. Viitattu 20.2.2023
<https://sixsigma.fi/leanin-historia/>

/11/ LibGuides. Diakin verkkosivut. Osallistavan ja tutkivan kehittämisen opas 2.0. Viitattu 17.4.2023. <https://libguides.diak.fi/c.php?g=670543&p=4760642>

/12/ Locher, D. 2008. Value stream mapping for lean development: A how-to guide for streamlining time to market. 2. Boca Raton: CRC Press.

/13/ Mikä on Sustainable Technology Hub? Wärtsilän verkkosivut. Viitattu 10.2.2023. <https://www.sustainabletechnologyhub.com/fi/sth/>

/14/ Polttokelpoisten muovien tunnistaminen. Viitattu 7.4.2023.
[https://peda.net/pielavesi/perusopetus/pyp69l/oppiaineet2/kemia/muovit/mp/mp:file/download/0132967829ab9170d2a96d406677e54d188990ef/pdftko_412385c_Muovin_poltto_ohje%20\(6\).pdf](https://peda.net/pielavesi/perusopetus/pyp69l/oppiaineet2/kemia/muovit/mp/mp:file/download/0132967829ab9170d2a96d406677e54d188990ef/pdftko_412385c_Muovin_poltto_ohje%20(6).pdf)

/15/ Quality Knowhow Karjalaisen verkkosivut. VSM (Value Stream Mapping – Arvovirtakuvaus). Viitattu 10.4.2023. <https://gkk.fi/vsm-arvovirtakuvaus/>

/16/ SixSigma-verkkosivut. Mitä on Lean?. Viitattu 17.4.2023. <https://sixsigma.fi/lean/>

/17/ Tapping, D., Luyster, T. & Shuker, T. 2002. Value stream management: Eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements. 27. New York. Productivity.

/18/ Tapping, D., Luyster, T. & Shuker, T. 2002. Value stream management: Eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements. 41. New York. Productivity.

/19/. Tuotannon layout. Logistiikan maailman verkkosivut. Viitattu 21.2.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/>

/20/ Tuotannossa tarvitaan logistiikkaa. Logistiikan maailman verkkosivut. Viitattu 13.3.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/aineistot/logistiikkaa-lukiolaisille/tuotannossa-tarvitaan-logistiikkaa/>

/21/ Wärtsilä energy solutions. Wärtsilän verkkosivut. Viitattu 6.2.2023. <https://www.wartsila.com/energy/solutions>

/22/ Wärtsilä lyhyesti. Wärtsilän verkkosivut. Viitattu 2.2.2023. <https://www.wartsila.com/fi/media-fi/liiketoiminnat-lyhyesti>

/23/ Wärtsilä Marine verkkosivut. Viitattu 8.4.2023. <https://www.wartsila.com/marine>

/24/ Wärtsilä Marine verkkosivut, moottorit ja generaattorisetit. Viitattu 8.4.2023. <https://www.wartsila.com/marine/products/engines-and-generating-sets/dual-fuel-engines>

/25/ Wärtsilä Marine verkkosivut, yhtiön tuotteet. Viitattu 8.4.2023. <https://www.wartsila.com/marine/products>

/26/ Wärtsilän historia-video. Wärtsilän verkkosivut. Viitattu 2.2.2023. <https://www.wartsila.com/fi/wartsila/historia>

LIITTEET

W34 DFC VSM Current State Map

W34 DFC VSM Future State Map