



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ilkka Kohtamäki

W32E–MOOTTORIN KÄYNNISTYSIL-
MAMODUULIN TUOTANNOLLISTA-
MINEN

Tekniikka ja liikenne
2012

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Ilkka Kohtamäki
Opinnäytetyön nimi	W32E–moottorin käynnistysilmamoduulin tuotannollistaminen
Vuosi	2012
Kieli	suomi
Sivumäärä	49 + 3 liitettä
Ohjaaja	Reijo Mäkelä

Tämä opinnäytetyö on tehty Wärtsilä Oyj Abp Vaasan toimitusyksikön moduulikokoonpanoon. Opinnäytetyön aiheena oli uuden W32E–moottorityypin käynnistysilmamoduulin tuotannollistaminen. Tavoitteena oli selvittää ja varmistaa tuotannon edellytykset sekä sujuvuus valmistusajankohdan alkuun mennessä.

Opinnäytetyö aloitettiin tutustumalla käynnistysilmamoduulin kokoonpanon työvaiheisiin sekä kokoonpanopisteeseen. Alkuelvityksen aikana tutustuttiin myös kirjallisuuteen tuotannosta, toiminnanohjausjärjestelmistä ja Lean – toimintamallista. Aiheeseen liittyvää tietoa kerättiin myös Wärtsilän omista tietokannoista sekä yrityksen henkilöstöltä. Tuotannon sujuvuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat materiaalivirrat, työkalut ja tuotannonohjausjärjestelmä. Myös seuraavan vaiheen, eli tässä tapauksessa asiakkaan mielipiteet ja vaatimukset tuli ottaa huomioon. Päättöksiä pyrittiin tekemään Lean – ajattelutavan mukaisesti.

Opinnäytetyön tulokset saadaan vasta myöhemmin syksyllä, kunnes E–moottoreiden menekki on korkeampi. Tämän hetkisinä tuloksina voidaan kuitenkin pitää aikaansaatuja edellytyksiä käynnistysilmamoduulin kokoonpanoon. Lisäksi määriteltiin opinnäytetyön jälkeiset jatkotoimenpiteet.

ABSTRACT

Author	Ilkka Kohtamäki
Title	The Industrialization of Starting Air Module in the W32E Motor
Year	2012
Language	Finnish
Pages	49 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Reijo Mäkelä

This thesis was made for the module assembly in Wärtsilä Oyj Abp, Delivery Centre Vaasa. The objective of this thesis was the industrialization of starting air module for new engine type W32E. The aim was to determine and ensure production conditions and smoothness by the start of manufacturing.

The thesis began by getting to know the assembly working stages and assembly station. After the initial survey, literature on production, enterprise resource planning systems and Lean – operating model were studied. Related information was also collected from Wärtsilä's own database as well as from the company staff. Factors to the smooth flow of production are material flows, tools and production management system. Also the next phase, in this case, the client's opinions and demands had to be taken into account. The purpose was to make decisions in accordance with Lean thinking.

The results will not be obtained until later in the autumn, until E-motor volume is higher. However, as current results can be considered in the achieved prerequisites for the assembly of starting air module assembly. In addition, the follow up actions of the thesis were defined.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	YRITYS.....	9
	2.1 Wärtsilä.....	9
	2.1.1 Ship Power	10
	2.1.2 Power Plants.....	10
	2.1.3 Services	11
	2.2 Wärtsilä Vaasassa	11
	2.2.1 Wärtsilän historia Vaasassa.....	11
	2.2.2 Wärtsilän toiminnot Vaasassa	11
	2.2.3 Moduulikokoonpano	12
3	TUOTANTO	13
	3.1 Tuotannon tavoitteet	13
	3.2 Suunnittelu	14
	3.3 Läpäisy aika	16
	3.4 Varastot	17
4	ERP – ENTERPRISE RESOURCE PLANNING.....	20
	4.1 Yleistä	20
	4.2 Kehitys	20
	4.3 Internet-pohjainen ERP.....	21
	4.4 Käyttöönotto	22
	4.4.1 Kriittiset strategiset tekijät	22
	4.4.2 Kriittiset taktiset tekijät	23
	4.5 Edut.....	23
	4.6 Yleiset ongelmat	24
	4.7 SAP–yritys ja toiminnanohjausjärjestelmä	24
5	LEAN–TOIMINTAMALLI.....	26
	5.1 Toiminta.....	26
	5.2 Jatkuva parantaminen.....	26
	5.3 Wärtsilän jatkuva parantaminen	27

	5
5.4 Kahdeksan tuhlausmuotoa	28
5.5 Laadunvarmistus	29
5.6 Wärtsilä Lean	30
5.7 5S-työkalu	30
6 KÄYNNISTYSILMAJÄRJESTELMÄ	34
6.1 Yleistä	34
6.2 Käynnistysilmamoduulin kokoonpano	35
7 TUOTANNOLLISTAMINEN	37
7.1 Alkutilanne.....	37
7.2 Tutustuminen	38
7.3 Osien selvitys	38
7.4 Materiaalisetti	40
7.5 Kokoonpanon rakenne	40
7.6 Työkalut	43
7.7 Työkalutilaus.....	44
8 JATKOTOIMET JA YHTEENVETO	45
8.1 Jatkotoimet.....	45
8.2 Tulokset.....	46
8.3 Arviointia	47
LÄHTEET	49
LIITTEET	

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1.	Liiketoiminnan jakautuminen toimialoittain	s. 9
Kuva 2.	Henkilöstön jakaantuminen liiketoiminnoittain	s. 10
Kuva 3.	Kehitysehdotustoiminnan kasvu	s. 28
Kuva 4.	5S – infotaulu	s. 32
Kuva 5.	5S – tulostaulu	s. 33
Kuva 6.	Wärtsilän W32V–dieselmoottori	s. 34
Kuva 7.	Rivimoottorin käynnistysilmamoduulin kokoonpanopiirustus moottorilohkon päällä	s. 35
Kuva 8.	V–moottorin käynnistysilmamoduulin kokoonpanopiirustus	s. 36
Kuva 9.	Kehys ja startti kiinnitettyinä nykyiseen kuljetusjigiin	s. 37
Kuva 10.	Rivimoottorin kehys	s. 41
Kuva 11.	Aluslevy moottorilohkon päällä	s. 42

LIITELUETTELO

LIITE 1. Kehyksen nostolaitteen piirustushahmotelma

LIITE 2. Kokoonpanojigin työkalutilauslomake

LIITE 3. Kuljetusjigin työkalutilauslomake

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Oyj Abp Vaasan toimitusyksikön moduulikokoonpanoon. Työn aiheena oli uuden W32E–dieselmoottorin käynnistysilmamoduulin tuotannollistaminen. Tätä moottoria kutsutaan myös nimellä merimoottori. Työ on ajankohtainen, sillä ensimmäisen uuden moottorityypin valmistus ja toimitus aloitetaan keväällä 2012. Viikolla 21 aloitettava Gitte Henning – projektiin kuuluu 1 kappale Wärtsilän 9L32E–moottoria.

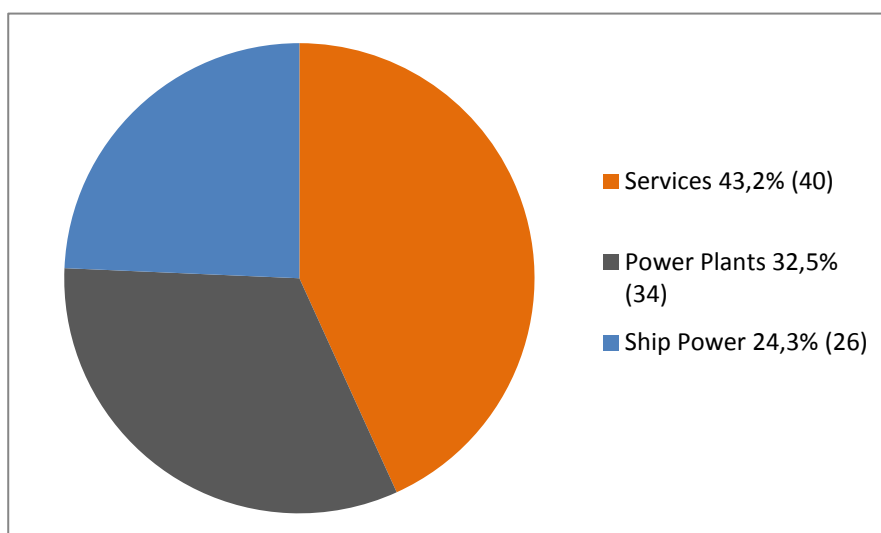
Tuotannollistamisella tarkoitetaan tuotannon edellytysten varmistamista kokoonpanopisteellä. Kokoonpanon sujuvuus ja oikea-aikaisuus on tärkeää moottorin loppukokoonpanoa ajatellen. Toimiva materiaalivirta, logistiikka sekä kasaus-/kuljetusalustojen eli jigien ja nostolaitteiden toimivuus ovat avainasemassa. Moduulikokoonpanossa kootaan tällä hetkellä muiden moottorityyppien vastaavia käynnistysilmamoduuleita. Myös uuden tyypin käynnistysilmamoduuli tullaan kokoamaan moduulikokoonpanon työpisteessä. Työpisteen layout ja sen muutokset eivät kuulu opinnäytetyön alueeseen.

Työ sisältää käytettävien osien määrittystä ja niiden logistiikkaa sekä tuotannon suunnittelua. Kokoonpanon rakenne määräytyy linjakokoonpanon ja pilotin tarpeiden mukaan, sillä ne ovat asiakkaan asemassa. Työssä määritellään myös jigien ja nostorautojen toimintaan vaikuttavia tekijöitä. Työkalusuunnittelutarpeiden määrittysten jälkeen tehdään työkalutilaus. Opinnäytetyössä määritellään työnjälkeiset jatkotoimenpiteet.

2 YRITYS

2.1 Wärtsilä

Wärtsilä Oyj Abp on merenkulun ja energiamarkkinoiden johtava, koko tuotteiden elinkaaren kattavien voimaratkaisujen toimittaja. Wärtsilä maksimoi alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuuden ja taloudellisuuden keskittymällä teknologisiin innovaatioihin ja kokonaisyötysuhteeseen. Vuonna 2011 Wärtsilän liikevaihto oli 4,2 miljardia euroa kun vuonna 2010 se oli 4,6 miljardia. Henkilöstömäärä kasvoi edellisvuodesta noin 500 henkilöllä 18 000 henkilöön. Yrityksellä on lähes 170 toimipistettä lähes 70 maassa. Wärtsilän osakkeet on listattu NASDAQ QMX Helsingissä. Kuvassa 1 esitetään liikevaihdon jakaantuminen liiketoiminnoittain. /8/.

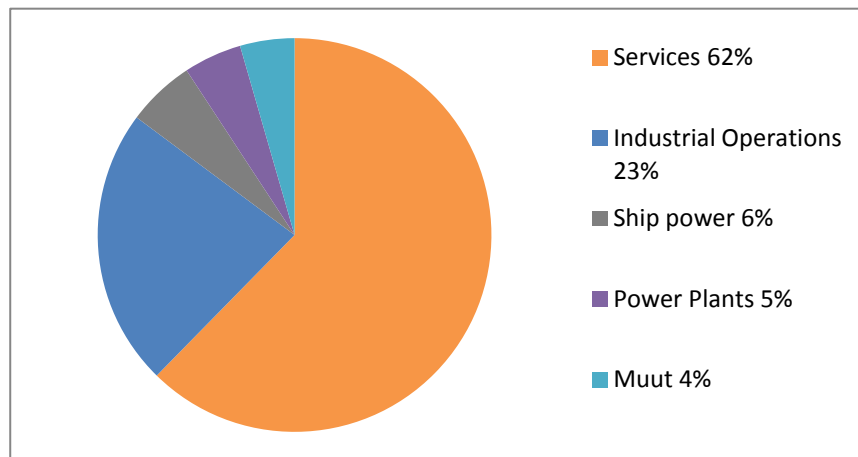


Kuva 1. Liiketoiminnan jakautuminen toimialoittain (suluissa edellisen vuoden määrä). /8/.

Wärtsilän henkilöstöstä 20 % oli Suomessa, 8 % Italiassa, 6 % Alankomaissa ja 21 % muualla Euroopassa. Aasian henkilöstömäärä oli 33 %, joista 7 % sekä Kiinassa että Intiassa. Amerikassa työskentelee 9 % ja Afrikassa 3 %. /8/.

Wärtsilän henkilöstömäärä oli vuoden 2011 lopussa 17 913. Suurin toimiala henkilöstömäärässä mitaten oli Services 11 168 työntekijällä. Ship Powerilla työskenteli 999 henkilöä ja Power Plantsilla 855. Tuotannon ja tuotekehityksen (Wärtsilä

Industrial Operations) henkilömäärä oli 4 091. Lisäksi muissa tehtävissä työskenteli 800 henkilöä. Kuvassa 2 on esitetty henkilöstön jakautuminen liiketoiminnoittain. /8/.



Kuva 2. Henkilöstön jakaantuminen liiketoiminnoittain vuonna 2011. /8/.

2.1.1 Ship Power

Ship Power tarjoaa asiakkailleen merenkulkualalla ympäristöä säästäviä, tehokkaita, joustavia ja taloudellisia ratkaisuja. Ratkaisut pohjautuvat asiakkaiden tarpeisiin ja sisältävät tuotteet, järjestelmät ja palvelut. Kokemuksen, tiedon ja omistautuneen henkilöstön avulla Wärtsilä on alan teknologiajohtaja. Ratkaisuja optimoidaan kunkin asiakkaan tarpeiden mukaan. /6/.

2.1.2 Power Plants

Wärtsilä on johtava modernien, tehokkaiden ja dynaamisten voimalaitosten toimittaja. Asiakkaille tarjotaan monipolttoaineratkaisuja perusvoimatuotantoon, kuormitushuippujen tasaamiseen sekä sähköverkon vakaaseen toimintaan. Voimalaitoskokonaisuuksien nopea toimitus sekä pitkäaikaiset toiminta- ja huoltosopimukset varmistavat, että asiakkailta on käytettävissään joustavaa kapasiteettia sekä kaupunkialueilla että vaativimmilla syrjäseuduilla. /6/.

2.1.3 Services

Wärtsilä tukee asiakkaitaan palvelemalla heitä koko tuotteiden ja järjestelmien elinkaaren ajan. Sekä voimala- että merenkulkumarkkinoilla toimiville asiakkaille tarjotaan toimialan kattavin palveluvalikoima ja laajin palveluverkosto. Wärtsilä on sitoutunut tarjoamaan korkeaa laatua, asiantuntevaa tukea ja varmistamaan palveluiden saatavuus asiakkaiden toiminta-alueille ympäristöä huomioiden. /6/.

2.2 Wärtsilä Vaasassa

2.2.1 Wärtsilän historia Vaasassa

Wärtsilä osti Onkilahden konepajan vuonna 1936. Dieselmootoreiden valmistus alkoi Vaasassa 1954 ja ne valmistettiin Nohabin ja Sulzerin lisenssillä Wärtsilän telakoille. Ensimmäinen Wärtsilän suunnittelema 4-tahtinen moottori, tyyppi 14, syntyi vuonna 1960 tutkimus- ja kehitystoiminnan tuloksena. Vuonna 1988 otettiin käyttöön uudenaikainen moottorilaboratorio. Uusi kokoonpanohalli, koestustilat ja logistiikkakeskus valmistui vuonna 2007. /5/.

2.2.2 Wärtsilän toiminnot Vaasassa

Wärtsilä työllistää yhteensä Suomessa noin 3 500 työntekijää. Toiminnot on sijoitettu Vaasan, Turun, Helsingin ja Espoon kaupunkeihin. Vaasan yksiköissä työskentelee 2 900 henkilöä neljässä eri toimipisteessä. /6/.

Keskustassa sijaitsee tuotantoyksikkö DCV (The Delivery Center Vaasa). DCV vastaa Ship Power ja Power Plants – yksiköiden myymistä nelitahtimoottoreiden kokoonpanosta ja toimituksesta. Tuotannossa myös koneistetaan avainkomponentteja sekä valmistetaan osakokoonpanoja. Ship Power, Power Plants ja Services sijaitsevat Runsorissa. Nämä yksiköt vastaavat projekteista, myynnistä sekä niiden tukitoiminnoista. Vaasan 2 muuta toimipistettä ovat Vaskiluodossa ja Suvilahdessa. Vaasassa sijaitsee myös nelitahtimoottoreiden tutkimus- ja kehityskeskus sekä henkilöstöosasto. /5/.

2.2.3 Moduulikokoonpano

Uusi moduulikokoonpano otettiin käyttöön Vaasassa vuoden 2011 keväällä. Uudistuneissa tiloissa on automatisoitu sylinterikansien kokoonpano, suurten turbojen kokoonpanolinja sekä useita pienempien moduulien työpisteitä. Työpisteillä työskentelee noin 50 henkilöä. Moduuleita valmistetaan 32- ja 34 – tyypin moottoreille. /5/.

Yksi pienempien moduulien kokoonpanopisteistä on Multi Module. Tässä työpisteessä tapahtuu opinnäytetyön aiheena olevan käynnistysilmamoduulin kokoonpano. Moduuli koostuu käynnistysilmajärjestelmästä, pysäytysmekanismista sekä hammaspyörän suojan jalustasta. Jalustasta käytetään myös nimitystä kehys.

3 TUOTANTO

3.1 Tuotannon tavoitteet

Yritys valitsee strategiaa määrittäessä kilpailutekijät. Näiden yhdistelmät määrittelevät tuotannon ja tuotannon johtamiselle tavoitteet. Yleisimmät tuotannon kilpailulähtöiset tavoitteet ovat kustannustehokkuus, laatu, aika ja joustavuus. /2, 357/.

Tuotannolla on myös muita, yhteiskunnallisia tavoitteita. Toiminnan kannalta tärkeitä tekijöitä ovat työ- ja tuoteturvallisuus sekä työympäristö. Tavoitteiksi voidaan määrittää myös ympäristön suojelun sekä sosiaalisen vastuun. Yhteiskunnalliset vaatimukset määritetään usein lakien ja asetusten myötä. Näillä tavoitteilla voidaan myös kohentaa tuotteen tai yrityksen imagoa asiakkaiden silmissä. /2, 357–358/.

Kustannustehokkuutta saavutetaan minimoimalla tuotannon kokonaiskustannuksia. Tämä vaatii resurssien tehokasta käyttöä. Myös toimintaan sitoutuneen pääoman määrä pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. Materiaalikustannukset ovat usein työ- ja pääomakustannuksia suuremmat, joten materiaalihankintojen edullisuus on suuri tekijä kustannustehokkuudessa. Kustannustehokkuudella päästään pienentyneisiin yksikkökustannuksiin. Tällöin yritys on kannattavampi ja sillä on positiivinen vaikutus hintakilpailukykyyn markkinoilla. Laadukkaat tuotteet vastaavat tuotteiden määritelmiä ja asiakkaiden asettamia vaatimuksia. Tuotannon näkökulmasta laadulla tarkoitetaan sekä tuotteen että sen valmistusprosessien laatua. Prosesseista pyritään poistamaan virhelähteet, sillä virheet lisäävät kustannuksia ja voivat myös aiheuttaa ongelmia toimitusvarmuuteen. /2, 357/.

Asiakasohjautuvassa tuotannossa tuote valmistetaan asiakkaan tilauksen perusteella. Tällöin toimitusnopeus on tärkeä asiakaspalvelu- ja kilpailuvaltti. Yritykset pyrkivät lyhentämään läpäisyajoja prosessien tehostamiseksi, toiminnan laadun parantamiseksi sekä kustannusten pienentämiseksi. Toimintojen nopeus vaikuttaa myös joustavuuteen. Joustavuutta vaaditaan tuotekehityksen nopeudessa, uusien teknologioiden käyttöönotossa ja volyyminvaihtelutilanteissa. Volyyminjoustavuutta tarvitaan erityisesti tilanteissa, joissa tuotteiden menekki vaihtelee suuresti

ajankohdasta riippuen. Myös tuotetyyppien erisuuruinen menekki ja siihen valmistautuminen ovat osa tuotannon joustavuutta. Uusien toimintamallien ja teknologioiden nopea käyttöönotto tehostaa yrityksen kilpailukykyä. Kilpailuetua saavutetaan muun muassa saattamalla markkinoille uutta teknologiaa sisältäviä tuotteita ennen kilpailijoita. /2, 357–358/.

Erilaisten tavoitteiden yhtäaikainen toteuttaminen saattaa vaikeutua niiden ristiriitaisuuden vuoksi. Kustannuksien pienentäminen saattaa näkyä tuotannon laadussa ja joustavuuden lisääminen kohonneissa kustannuksissa. Tuotannon kehityksessä pyritään optimoimaan toimintamalleja, jotka tukevat parhaiten tavoitteiden toteutumista. /2, 358/.

3.2 Suunnittelu

Toiminnanohjauksen ja tuotannon suunnittelutehtävät jakautuvat organisaation eri tasoille. Ylimmällä tasolla keskitytään kokonaissuunnitteluun, millä pyritään varmistamaan resurssien riittäminen ja toimintojen koordinointi. Kokonaissuunnittelu tehdään usein vuotuisesti ja sitä voidaan tarvittaessa tarkentaa esimerkiksi budjetitkausittain. Tämän tason päätökset koskevat pääosin tuotantomääriä ja talousasioita. Ohjaus ja suunnitelmat tarkentuvat lähestyttäessä valmistuksesta vastaavaa tasoa. Kokonaissuunnittelu tehdään ennustuksiin ja tilauksiin pohjautuen. Tämän pohjalta voidaan suunnitella tuote- ja materiaalivarastojen tasot, tehdä kausisopimuksia toimittajien kanssa sekä tarvittaessa palkata lisää työvoimaa. Hierarkian seuraavat vaiheet ovat karkeasuunnittelu, hienosuunnittelu ja valmistuksen ohjaus. Viimeisenä ketjussa tapahtuu itse valmistus. /2, 409–412/.

Tulevaisuuden ennustaminen on globalisoituneessa markkinatilanteessa hankalaa. Kysyntä ja markkinatilanne voivat vaihdella nopeasti, jolloin yritykseltä vaaditaan tuotannon joustavuutta ja nopeaa reagointia. Mahdolliset ennustevirheet synnyttävät ongelmia yrityksille. Kysynnän laskiessa ylimitoitettut kapasiteetit tai varastot lisäävät kustannuksia. Ennusteiden tarkkuutta voidaan kehittää jakamalla ne pienempiin osiin. Tuotteiden menekiarvioita voidaan tehdä esimerkiksi myyntialueisiin, tuote- tai asiakastyhmiin jaettuna, jolloin nämä yhdistämällä saadaan kokonaisennuste. /2, 413/.

Menekinvaihteluita pystytään hallitsemaan varastoinnilla, kapasiteetin joustokäytöllä tai toimitusaikoja muuntamalla. Hiljaisina aikoina voidaan varastoida tuotteita, mikä tosin suurentaa varastojen kustannuksia ja niihin sitoutunutta pääomaa. Ylitöillä, vuorojen kasvattamisella tai vuokratyövoimalla pystytään hetkellisesti nostamaan kapasiteettia vastaamaan tarvetta. Menekin laskiessa työntekijöitä saatetaan vähentää tai lomauttaa. Monissa yrityksissä, kuten Wärtsilälläkin on käytössä joustava työaika. Tämä sallii työntekijöitä tekemään tunteja sisään kiireellisimpinä aikoina sekä käyttämään pankissa olevia tunteja työmäärän laskiessa. Yrityksen kapasiteetin ollessa täynnä, saatetaan joutua siirtämään toimitusaikoja myöhemmäksi. Pitkälle siirtyvät toimitusajat voivat johtaa tilausten menetyksiin, jolloin asiakkaat tilaavat tuotteensa kilpailijoilta. Huonontunut toimitusvarmuus ja – nopeus vaikuttavat negatiivisesti yrityksen imagoon. /2, 414/.

Karkeasuunnittelua tehdään normaalisti muutaman viikon aikaväleillä, joten se on kokonaissuunnittelua tarkempaa. Lähtökohtana pidetään yrityksen tilauskanta, varastotilannetta ja valmistusbudjettia, jolloin ennusteiden rooli on merkittävästi pienempi. Karkeasuunnittelun tehtäviä ovat resurssien käytön yleissuunnittelu ja toimituskyvyn määrittely. Tulevien viikkojen tilauskanta ja tuotteiden menakit ovat melko hyvin tiedossa, jolloin resurssit pyritään suhteuttamaan niitä vastaaville tasoille. Toimituskyvyn määrittely antaa tärkeää tietoa myynnistä vastaavalle osastolle. Tämän tiedon perusteella myynti pystyy tarjoamaan asiakkaille realistisia toimitusaikoja. /2, 415–416/.

Hienosuunnittelussa keskitytään valmistuksen yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Suunnittelun tuloksena syntyy tarkka tuotantosuunnitelma, minkä perusteella tuotteet valmistetaan. Suunnitelmassa päätetään työvaiheiden tarkat aloituskohdat sekä resurssien käyttö. Työvaiheiden aloitus riippuu paljon siihen vievästä ajasta, jolloin on tärkeää tuntea työvaiheisiin kuluva aika. Wärtsilässä moottorit kootaan loppukokoonpanossa. Esimerkiksi osakokoonpanojen aloitusajankohta riippuu niihin menevästä ajasta sekä siitä, missä loppukokoonpanon vaiheessa niitä tarvitaan. Kun osia valmistetaan vain välittömään tarpeeseen, puhutaan imuohjauksesta. Tarveimpulssit etenevät valmistusketjussa lopusta alkuun päin. Imuohjauksen ongelmat ovat siinä, että ongelmien sattuessa koko tuotantoprosessi saattaa seisah-

tua. Toiminnanohjausjärjestelmän määrittelemää aloituskohtaa voidaan käyttää lähtökohtana tarkemman ajankohdan suunnittelussa. /2, 417–423/.

Nykyaikana yritykset pyrkivät erikoistumaan osaamisalueisiinsa. Aikaisemmin valmistettavat tuotteet saattoivat olla täysin erilaisia ominaisuuksiltaan ja toimintatarkoituksiltaan. Tuottavuutta ja tehokkuutta pyritään parantamaan keskittymällä siihen, mitä osataan tehdä parhaiten. Yrityksillä on tavallisesti monia alihankkijoita, toimittajia ja yhteistyökumppaneita. Yrityksen on päätettävä mitä se tekee itse ja mitä toimintoja annetaan yhteistyökumppaneiden hoidettaviksi. Ratkaisut näiden väleillä ovat yleensä taloudellisia. Ratkaisua tehdessä lasketaan, onko kannattavampaa tehdä itse vai ulkoistaa. Lisäksi päätökselle voi olla strategisia syitä. Yritysten kannattaa keskittyä toiminnan kannalta tärkeisiin tehtäviin ja tarvittaessa siirtää vähemmän tärkeitä toimintoja alihankkijoille sekä toimittajille. Wärtsilän Vaasan tuotetehdas keskittyy pääosin moottorien kokoonpanoon, joskin muutamia avainkomponenttejäkin valmistetaan ja kootaan samalla tehdasalueella. Alihankkijoina toimii esimerkiksi muutamia lähiseudun yrityksiä. /2, 365/.

3.3 Lämpäisy aika

Lämpäisyajalla tarkoitetaan toimintaketjun kokonaisaikaa. Tavallisesti lämpäisy aika ilmoitetaan joko kokonaislämpäisy aikana tai valmistuksen lämpäisy aikana. Kokonaislämpäisy aika lasketaan tilauksen vastaanottamisesta toimitushetkeen. Valmistuksen lämpäisy aika määrittyy valmistuksen aloitusajankohdasta tuotteen valmistumiseen. Lämpäisyajat ilmaistaan ”kalenteriaikoina” eikä siitä käy ilmi, mitä tuotteelle tai tilaukselle sinä aikana tapahtuu. Yleisesti valtaosa lämpäisy ajasta muodostuu odotuksista ja kuljetuksista. /2, 401/.

Yritykset pyrkivät mahdollisuuksien mukaan pienentämään lämpäisy aikoja. Lyhyet lämpäisy ajat vähentävät varastoihin ja keskeneräiseen tuotantoon sitoutunutta pääomaa sekä edesauttavat toimitusvarmuutta. Lyhyet lämpäisy ajat tuottavat positiivisia vaikutuksia yrityksen kilpailukykyyn markkinoilla. Lämpäisy aikojen lyhentämiseen voidaan vaikuttaa esimerkiksi vaiheiden välisten kuljetusetäisyyksien pienentämisellä ja selkeyttämällä materiaali virtoja. Asetusaikojen, kuten työkaluvaihtojen lyhentäminen vaikuttaa suoraan lämpäisy aikoihin. /2, 402–407/.

3.4 Varastot

Varastoja käytetään materiaalien ja keskeneräisen tuotannon säilytykseen. Varastoja ei tarvittaisi, mikäli materiaalien toimitus pystyttäisiin toteuttamaan juuri silloin kun niitä tarvitaan. Yrityksen hyvän tilaus- ja toimitusketjun hallinnan avulla onnistutaan pienentämään varastojen kokoa. /4, 342/.

Yksi varastointimuodoista on määritellä varmuusvarasto. Varmuusvarastoja pidetään tietty määrä materiaaleja mahdollisten poikkeustilanteiden varalta. Tällaisia poikkeustilanteita voivat olla esimerkiksi toimittajien ja alihankkijoiden toimitusviivästykset. Varmuusvarastoilla varaudutaan myös nopeisiin ja yllättäviin menekin kasvuihin. /4, 343/.

Varastojen pidossa on myös monia haittavaikutuksia, vaikka ne ovat tärkeitä rooleja toimintojen sujuvuuden kannalta. Varastot sitovat yrityksen pääomaa, mitä voitaisiin käyttää muun muassa investointeihin. Myös varastojen ylläpidosta syntyy kustannuksia. Varastot tarvitsevat tilaa, jota voisi käyttää myös tuottaviin toimintoihin. Materiaalit voivat hukkaa muun varaston sekaan, jolloin etsimiseen on käytettävä turhaa aikaa. Materiaalit ja tuotteet kehittyvät jatkuvasti. Vaihtoehtoisten materiaalien ja osien saatavuus saattaa vanhentaa varastot, jolloin ne voivat olla käyttökelvottomia. Vaarallisten, kuten tulenarkojen tai myrkyllisten materiaalien varastointi vaatii erityisiä varastointitratkaisuja sekä järjestelmää turvalliselle käsittelylle. Varastot vaativat myös hallinnollisia ja vakuutuskustannuksia. /4, 345/.

Varastojen sijoitus on toimintojen kannalta tärkeää. Yksinkertaisimmassa mallissa pidetään vain yhtä keskusvarastoa, mistä tarpeen mukaan haetaan tavaraa oikeille paikoille. Varastojen jakaminen ja sijoittaminen työpisteiden läheisyyteen nopeuttaa läpäisyäikää. Wärtsilän moduulikokoonpanopisteessä varastointi on tehty Lean-periaatteen mukaisesti. Käytetyimmät ja kooltaan pienimmät osat on sijoitettu työpisteiden välittömään läheisyyteen. Logistiikka hoitaa suurempien ja harvemmin tarvittavien osien tuonnin kokoonpanopisteille silloin kun niitä tarvitaan. /4, 345/.

Koko tilaus- ja toimitusketjussa varastoja on muuallakin kuin vain osia valmistavassa yrityksessä. Alihankkijat ja toimittajat varastoivat materiaaleja ja komponentteja hyvän toimituskyvyn ylläpitämiseksi. Materiaalien ketju lähtee raaka-ainetoimittajilta. Ketjun aikana materiaaleja jalostetaan kohti lopputuotetta monissa prosesseissa eri yrityksissä tai osastoilla. Valmis tuote voi vielä kulkeutua jakeluyritysten tai jälleenmyyjien kautta viimein loppuasiakkaalle. /4, 345/.

Varastojen hallinnoiminen vaatii päivittäistä työtä. Sisäisen tai ulkoisen asiakkaan tilaukset kuluttavat varastoja, jolloin tarvitaan niitä koskevia päätöksiä. Materiaalien ja komponenttien tilaamisessa täytyy miettiä, paljonko ja milloin niitä tilataan sekä miten tilausjärjestelmää kontrolloidaan. Tilausmäärään ja ajoitukseen vaikuttaa yrityksen haluamat varastotasot ja kustannukset. Tilausten asettamisesta syntyy paljon kustannuksia, jotka vaihtelevat tilauksen suuruuden mukaan. Esimerkiksi suurista tilauksista on yleistä saada paljousalennuksia. Tällöin myös vaara varastojen ehtymiseksi menekin noustessa pienenee. Tämä kuitenkin sitoo yritykseltä enemmän pääomaa ja varastointi-/hallinnointikustannukset nousevat.

Tilauksien tekeminen vaatii myös monia toimintoja, eli mitä harvemmin tilauksia tehdään, sitä vähemmän siihen kuluu kustannuksia. Optimaalisen eräkoon laskemiseksi voidaan käyttää EOQ (The economic order quantity) -kaavaa, mikä helpottaa päätöksentekoa. Laskelmissa otetaan huomioon yhden materiaaliyksikön varastointikustannukset ja tilauksen tekemisestä tulevat kustannukset. Varastointikustannukset sisältävät varaston ylläpitokustannukset, pääoman sitoutumisen ja vanhentumisriskin kustannukset. Tilausprosessissa tulevat kustannukset sisältävät myös kuljetuskustannukset ja paljousalennukset. Eräkoon kautta pystytään laskemaan myös tilausväli jakamalla kertatilauksen koko vuoden tarpeella. /4, 345–352/.

Tilauhetken päätökset voidaan toteuttaa eri menetelmin. Tilauspistemenetelmässä tilaus lähtee silloin, kun varastotaso saavuttaa määritetyn pisteen. Varmuusvarastoilla varmistetaan osien riittävyys mahdollisten toimitusviivästysten varalta. Toiminnanohjausjärjestelmien avulla pystytään helppoon ja reaaliaikaiseen varastotilanteiden tarkasteluun. Tämä vaatii kuitenkin käyttäjiltä tarkkuutta, ettei varastotilanteissa ole poikkeamia todellisten ja järjestelmän ilmoittamien määrien väli-

lä. Tilaushetkimenettelyssä tilaus tehdään aina samoin väliajoin eräkokojen muuttuessa. Tilausmäärä perustuu tällöin kattamaan tarpeet aina seuraavan erän saapumiseen saakka. /4, 357–361/.

4 ERP – ENTERPRISE RESOURCE PLANNING

4.1 Yleistä

Enterprise resource planning (ERP) tarkoittaa yrityksen resurssien ohjausta ja suunnittelua. Yleisesti näitä ohjelmistoja nimitetään toiminnanohjausjärjestelmiksi. Yritysten toiminnoista syntyy suuri määrä informaatiota ja sen käsitteleminen on yksi tärkeimmistä asioista toimintojen tarkkailussa ja suunnittelussa. Tietoa tarvitaan usein eri puolilla organisaatiota. Tällöin on tärkeää, että relevantti tieto saadaan koottua yhteen järjestelmään. /4, 408/.

ERP on koko organisaation keskeinen tietojärjestelmä. Se sisältää tietoa yrityksen eri osioiden tilanteesta. Järjestelmän tiedot päivittyvät reaaliaikaisesti käyttäjien tehtyä muutoksia. Samalla tiedot ovat jatkuvasti näkyvillä kaikille, jotka ovat kirjautuneet ERP-järjestelmään ja heille on määritelty oikeudet päästä näihin tietoihin. /4, 408/.

Toiminnanohjausjärjestelmistä saadaan tärkeää tietoa, jonka pohjalta pystytään tekemään eri toimintoja koskevia päätöksiä. Näitä päätöksiä ovat muun muassa, milloin toiminto tulee aloittaa, missä se tehdään ja paljonko siihen tarvitaan kapasiteettia. Järjestelmän toiminta perustuu laskelmiin, jotka ovat peruja Material Requirements Planning (MRP) – filosofiasta. ERP auttaa yrityksiä tulevaisuuden suunnittelussa sekä ymmärtämään mitä seuraamuksia suunnitelmien muutoksilla on muihin asioihin. /4, 408–409/.

4.2 Kehitys

ERP on nykyaikaisin ja merkittävin kehitys MRP -filosofiasta. Suurimpia toiminnanohjausjärjestelmien toimittajia ovat SAP ja Oracle. Näiden yritysten kasvu perustuu lähes kokonaan ERP – järjestelmien toimittamiseen. /4, 408/.

Alkuperäinen MRP tuli suosituksi 1970-luvulla. Siihen perustuva suunnittelun ja seurannan logiikka oli ollut tiedossa jo aikaisemmin, mutta teknologia ei ollut vielä tarpeeksi kehittynyttä. Tietokoneiden yleistyminen antoi resursseja ajaa perussuunnittelun ja seurannan laskelmia. /4, 408/.

1980-luvulla MRP käsite laajeni ja uutta, kehittynyttä filosofiaa alettiin kutsua nimellä Manufacturing Resource Planning (MRP II). Kehityksen takana oli tehokkaammat ja monipuolisemmat tietokoneet sekä lähiverkko. Näiden avulla pystyttiin paljon tehokkaampiin toimintoihin. Kommunikointi yritysten eri osastojen välillä nopeutui ja tehostui. Uusi menetelmä antoi puitteet simuloida mahdollisia päätöksiä seurauksia. /4, 409/.

MRP -järjestelmien vahvuus oli, että niillä pystyttiin laskemaan ja tarkastelemaan muutosten vaikutuksia etukäteen. Tällöin pystyttiin ohjeistamaan työntekijöitä ja osastoja jo muutoksen suunnitteluvaiheessa. ERP toimii samalla periaatteella, mutta paljon laajemmalla skaalalla. Seuraava luonnollinen kehitysaste ERP:lle on nettipohjainen kommunikointi. Tästä käytetään nimitystä Internet-pohjainen ERP. Monet yrityksen yhteistyötahot, kuten toimittajat ja asiakkaat, käyttävät myös ERP järjestelmiä. Näiden järjestelmien keskenään kommunikointi on mahdollista, mutta se tuo mukanaan pelon strategisten, teknisten ja organisaation seurauksista. /4, 409/.

4.3 Internet-pohjainen ERP

ERP-järjestelmissä on potentiaalia yhdistää organisaatiota ulkomaailmaan. Tarkoituksena on helpottaa netin välityksellä käytävää liiketoimintaa kun järjestelmä on sisällytetty yrityksen ulkoiseen Internet-systeemiin. Järjestelmien toimittajia on kritisoitu siitä, että he eivät ole ottaneet tarpeeksi huomioon verkkokaupan vaatimia ominaisuuksia. Järjestelmät on suunniteltu osaavien työyhteisöjen käyttöön. Kuitenkin Internetin ansiosta asiakkaat ja toimittajat vaativat myös pääsyä tietokantoihin. He vaativat omalta kannaltaan tärkeiden tietojen, kuten tilausten tilanteen ja laskujen etenemisen, saatavuutta yrityksen nettisivuilla ERP – järjestelmän kautta. /4, 409/.

Yksi ongelmista on, että eri tahot tarvitsevat erilaista tietoa. Asiakkaat haluavat reaaliaikaista informaatiota tilausten etenemisestä kun taas toimittajat tarvitsevat toimintojen suunnittelua ja seuranta koskevaa dataa. Järjestelmät ovat monimutkaisia ja vaativat ajoittaista huoltoa sekä päivitystä. Tällöin ERP -järjestelmän päivitys saattaa kaataa samalla yrityksen nettisivut. Ennen Internet-pohjaisen ERP

– järjestelmien käyttöönottoa yritysten tulee olla varma, että sen nettinäkyvyys pysyy huoltokatkosten aikana. /4, 414/.

4.4 Käyttöönotto

Toiminnanohjausjärjestelmiin on tarkoituksena kerätä koko organisaation eri puolille hajautunut tieto. Käyttöönotossa joudutaan ylittämään organisaation rajoja sekä integroida sisäisiä prosesseja kattamaan lähes koko yrityksen toiminnot. Näin laajan järjestelmän rakentaminen ei ole helppoa. Eri yksiköillä voi olla täysin omanlaiset prosessit ja toimintatavat, jotka on suunniteltu juuri sitä varten. Totuttujen tapojen ja järjestelmien muuttaminen yhdeksi, koko yrityksen kattavaksi, voi olla erittäin epäsuosittua henkilöstön keskuudessa. /4, 415/.

Avaintekijä onnistuneeseen toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönottoon on kriittisten menestystekijöiden hahmottaminen ja niiden toteuttaminen. Kriittiset tekijät ovat sellaisia, jotka yrityksen on saatava kuntoon toiminnanohjausjärjestelmän tehokkaaseen toimintaan. /4, 415–416/.

4.4.1 Kriittiset strategiset tekijät

Perinpohjainen suunnittelu on kaiken alku. Muutoksille tulee tarkentaa selkeät tavoitteet sekä tuottaa selkeä yhteys liiketoiminnan tavoitteiden ja strategian välille. Korkeimman johdon sitoutuneisuus ja tuki toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotossa on välttämätöntä. Uuden järjestelmän käyttöönotto on projektiluonteinen. Projektien hallinta on oltava osaavissa käsissä ja projektijohtajalta vaaditaan vahvaa johtamistaitoa sekä liiketoiminnan ja teknisen puolen pätevyyttä. /4, 416/.

Muutosjohtamisen merkitys on suuri jo ennen projektin aloitusta. Käyttöönotosta vastaava ryhmä muodostaa muutoksenhallintaohjelman. Yksi tärkeimmistä tehtävistä on edistää käyttäjien hyväksyntää projektia kohtaan ja levittää positiivista mielialaa työntekijöille. Tätä voidaan saavuttaa kouluttamalla ja informoimalla henkilöstöä toiminnanohjausjärjestelmän hyödyistä ja tarpeesta. /4, 416/.

4.4.2 Kriittiset taktiset tekijät

Käyttöönnotosta vastaavan tiimin tulee olla tasapainoisesti koottu. Henkilöiden tulisi edustaa laajasti organisaatiota. Hyvän suunnitelman ja lopputuloksen varmistamiseksi ryhmän jäsenien on hallittava tasapaino liiketoiminnan ja tietotekniikan välillä. Monet myös suosittelevat yhdeksi ryhmän jäseneksi ulkopuolista konsulttia, esimerkiksi järjestelmätoimittajan puolelta. Projektiryhmän tulee olla vakaa ja koostua organisaation parhaista yksilöistä. Näillä henkilöillä tulisi olla kokemusta ja näyttöjä osaamisesta vastaavantilanteista. Vaativaan projektiin tarvitaan henkilöitä, jotka voivat sitoutua siihen kokopäiväisesti. /4, 416/.

Toiminnanohjausjärjestelmän valinnassa tulee valita kokonaisuus, joka sopii parhaiten yrityksen prosesseihin. Näin laaja muutos johtaa monien tahojen työtapojen muuttumiseen. Koulutus uusista työtavoista ja toiminnanohjausjärjestelmästä tulee olla kattava. Uusien menetelmien opettaminen täytyy aloittaa hyvissä ajoin, jolloin henkilöstöllä on aikaa oppia ja sisäistää tulevat asiat. Käyttöönnoton kustannukset tulee olla tarkasti etukäteen tiedossa. Tällöin budjettiin pystytään merkitsemään vaaditut kustannukset. Kommunikointia varten tarvitaan myös suunnitelma. Keskustelu eri toimintojen ja organisaatiotasojen välillä on tärkeää. Näin varmistetaan sujuva kommunikointi koko toimitusketjun välillä. /4, 416/.

4.5 Edut

Järjestelmä kommunikoi jatkuvasti kaikkien yrityksen toimintojen kanssa. Tällöin informaatio on reaaliaikaista ja sen avulla nähdään, mitä missäkin organisaation osassa tapahtuu. Toimintojen siirtyminen yhden järjestelmän alle helpottaa seuranta ja luo vakaan pohjan jatkuvalla parantamiselle. Järjestelmään pystytään sisällyttämään laaja toimitusketju. Toimitusketjuun voidaan liittää myös alihankkijoiden toimittajat sekä asiakkaiden asiakkaat. Asiakaspalvelu parantuu tarkemman ja reaaliaikaisemman tiedon avulla. Toimitusketjun välillä kehittynyt kommunikointi mahdollistaa tarkemman ja reaaliaikaisen tietojen antamisen asiakkaille, toimittajille sekä yrityksen sisäisille prosesseille. /4, 411/.

Toiminnanohjausjärjestelmä antaa hyvät puitteet tehokkaalle toimintojen suunnittelulle ja seurannalle. Järjestelmään pystytään liittämään päätöksentekoa tukevia toimintoja sekä usein johtajien käytössä olevia apuohjelmia. Tällöin päätöksien teosta vastaavilla henkilöillä on aina käytettävissään viimeisin tieto yrityksen sisältä. Toiminnanohjausjärjestelmän toimivat yleisimmillä yritysmaailmassa olevilla käyttöjärjestelmillä, kuten Windows, UNIX tai Linux. /4, 411/.

4.6 Yleiset ongelmat

Laajassa toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotossa on monia huomioon otettavia tekijöitä. Yleisimmin ongelmat johtuvat siitä, että projektin laajuus ja vaativuus ovat epäselvät. Myös kustannukset ja ajanvienti arvioidaan usein alakanttiin.

Suurin yksittäinen syy toiminnanohjausjärjestelmien käyttöönotossa on muutoksen laajuuden ymmärtäminen. Onnistumisen takaamiseksi muutoksia tarvitaan niin toimintoihin kuin koko yrityksen kulttuuriin. Muutosjohtajuuden tarvetta ei huomioida tarpeeksi ennen kuin on myöhäistä. Henkilöstön koulutus tulee aloittaa hyvissä ajoin ja sitä ei ole koskaan liikaa. /4, 417/.

4.7 SAP-yritys ja toiminnanohjausjärjestelmä

SAP on Euroopan suurin ohjelmistoyhtiö ja sen kasvu perustuu toiminnanohjausjärjestelmän suosioon. Yhtiö pitää päämajaa Saksan Walldorffissa. SAP -lyhenne muodostuu englanninkielensanoista Systems, Applications, and Products in Data Processing eli se sisältää tiedon käsittelemiseen tarvittavat järjestelmät, ohjelmat ja tuotteet. SAP on perustettu vuonna 1972 viiden entisen IBM-insinöörin toimesta. Nykyään yrityksellä on asiakkaita yli 120 maassa. Myös yrityksen lippulaivasta, toiminnanohjausjärjestelmästä, käytetään nimeä SAP. Ohjelmistojen ohessa yritys tarjoaa koulutusta. /4, 410; 5/.

SAP otettiin Suomen Wärtsilässä käyttöön vuoden 2004 helmikuussa. SAP oli paras vaihtoehto, sillä se oli jo käytössä Hollannin, Italian ja Ranskan yksiköissä. Lisäksi ”OurSAP” – sovellusta käytettiin Tanskassa, Hollannissa, Indonesiassa ja Pohjois-Amerikassa. Käyttöönotto oli suuren luokan muutosprosessi. /1/.

Kriittisimmät pisteet käyttöönoton toteutumiseen olivat järjestelmän toimivuus, kantatiedon laatu sekä organisaation tietotaito. Järjestelmän alle liitettiin useita toimintoja ja niiden välinen kommunikoinnin toimivuus piti varmistaa. Olemassa olevat laajat kantatiedot täytyi siirtää ja muuttaa uuteen järjestelmään sopiviksi. Järjestelmän käyttö vaatii paljon tietotaitoa. Ennen virallista käyttöönottoa työntekijöiden koulutus oli tärkeää. Aluksi käyttäjien koulutuksiin oli nimetty erillinen koulutusryhmä, mutta nykyään koulutus tapahtuu lähinnä työryhmien sisällä. Kokeneet työntekijät opettavat uusille niitä asioita joita juuri he työssään tarvitsevat. Täysin uusista työtavoista ja ominaisuuksista järjestetään osastoittain koulutusta. /1/.

SAPin hyväksi puoliksi nähdään pieni kapasiteetin tarve ja vakaa toimivuus prosessien ollessa tarpeeksi selviä. Järjestelmään integroidut toiminnot helpottavat valvontaa ja rahaliikenteen seurantaa. Huono puoli on systeemin vaikea käytettävyys, mitä on pyritty helpottamaan järjestelmällisellä henkilöstön koulutuksella. Noin 50 prosentilla Wärtsilän henkilöstöstä on tunnukset järjestelmään. Tämän lisäksi myös muutamat toimittajat näkevät heille tärkeitä tietoja helpottaakseen toimituksien aikataulusuunnitteluita. /1/.

5 LEAN–TOIMINTAMALLI

5.1 Toiminta

Lean-toimintamallin pohja ja perimmäiset ajatukset ovat peräisin Japanista. Toyotan tehtaiden tuotantoperiaatteet levisivät ensimmäisenä autoteollisuuteen. Nykyään Lean on johtava tuotantoperiaate lähes jokaisella toimialoilla ja tavallisesti sitä noudattavat yritykset ovat kannattavimpia sekä nopeimmin kasvavia. Keskeisin ajatus on asiakaslähtöisyys, jolloin tuotteisiin pyritään lisäämään ja säilyttämään arvoa. Samalla pyritään vähentämään kaikkea sitä toimintaa, mikä ei tuota lisäarvoa asiakkaan näkökulmasta. Tuhlauksien pienentyessä yrityksen tuottavuus ja tehokkuus paranee, mikä taas vaikuttaa positiivisesti kilpailukykyyn markkinoilla. Toimintamalli vaikuttaa tuotannon organisointiin ja vaatii jatkuvaa parantamista. /3, 316/.

Ylimmän johdon täytyy olla Lean – filosofian takana ja tehdä siitä osa koko organisaation kulttuuria ja oppimista. Onnistuminen ja toimivuus vaativat koko henkilöstön sitoutumisen. Työntekijät ovat vahvasti mukana jatkuvassa parantamisessa. Myös toimintaan keskeisesti liittyvä laatuajattelu on jokaisen vastuulla. Laadunvarmistuksella pyritään takaamaan luvattu laatu sekä asiakkaiden tyytyväisyys. /3, 316/.

5.2 Jatkuva parantaminen

Vastuu toimintojen ja tuotteiden laadusta sekä kehityksestä on kaikilla organisaation työntekijöillä. Kehitysideoiden ei tarvitse olla pelkästään suuria innovaatioita, vaan pienetkin parannukset vievät toimintaa eteenpäin. Varastotasojen pienentyminen tuo esiin paljon sellaisia ongelmia, jotka olivat aikaisemmin piilossa. Nämä ongelmat tulee nähdä mahdollisuuksina kehittää laatua, työskentelytehokkuutta ja työturvallisuutta. Tavoitteena on kehittää ja hioa toimintoja sekä tehtäviä kohti täydellisyyttä. Kehityskohteet voivat olla sisäisiä prosesseja tai koko toimitusketjun kattavia. /2, 380–381/.

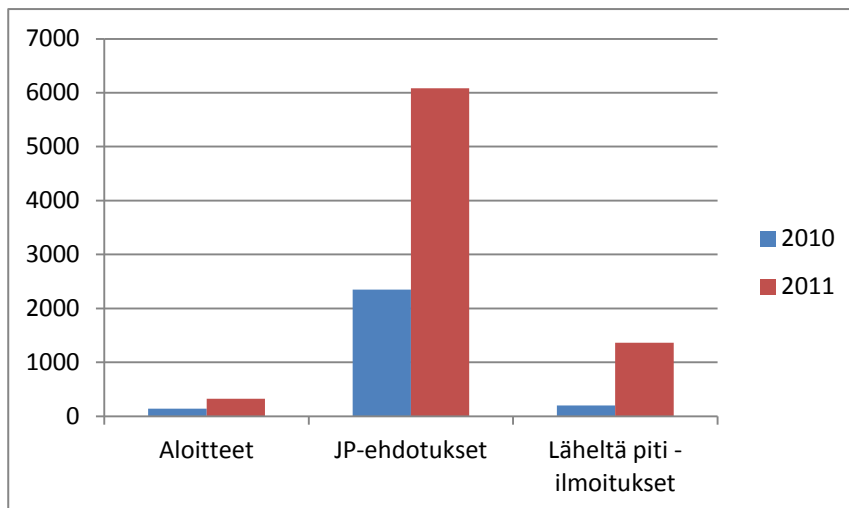
Jatkuvaa parantamista voidaan toteuttaa käytännössä PDCA-syklin mukaisesti. Syklin lyhenteet tulevat englanninkielisistä sanoista Plan, Do, Check ja Act. En-

simmäisessä eli suunnitteluvaiheessa tutkitaan nykyistä toimintatapaa ja siinä olevia ongelmia. Kartoituksen jälkeen pohditaan eri vaihtoehtoja ja määritetään vaiheet parannuksille. Suunnittelun jälkeen parannusidea toteutetaan esimerkiksi pilottihankkeena. Pilottihankkeen sisällä voidaan käyttää uudestaan pienimuotoista PDCA-sykliä pieniin parannuksiin. Riittävän ajanjakson jälkeen arvioidaan toteutettu parannus. Verrataan hyviä puolia huonoihin ja tehdään tarvittaessa korjaavia toimenpiteitä. Lopuksi parannus toteutetaan kohdealueille. Toimivat ja hyväksi havaitut ratkaisut tulee vakiinnuttaa käyttöön kaikkialla. /2, 381–382/.

5.3 Wärtsilän jatkuva parantaminen

Wärtsilässä jatkuvaa parantamista hoidetaan kehitysehdotustoiminnalla. Järjestelmän nimi on Focus ja jokainen työntekijä pystyy sen kautta vaikuttamaan jatkuvaan parantamiseen. Toiminnan avulla kerätään ja hyödynnetään työntekijöiden luovuutta, asiantuntemusta ja osaamista. Focus on jaettu 3 osaan. Aloite – osioon raportoidaan henkilökohtaiset kehitysehdotukset, minkä sisältämästä ratkaisusta pystytään laskemaan taloudellinen hyöty yritykselle. Jatkuva parantaminen (JP) – ehdotukset ovat paikallista toiminnan kehittämistä ryhmässä. Kehittämisen kohteita ovat muun muassa työympäristön siisteys, työtavat, viihtyvyys ja työturvallisuus. Myös läheltä piti – tilanteet tulee raportoida omaan osioonsa. Tilanteissa eri tekijät ovat aiheuttaneet vaaran, mutta henkilövahingoilta on välttytty. Näiden raporttien pohjalta voidaan kehittää työympäristöä turvallisemmaksi. /5/.

Wärtsilä tukee työntekijöiden omatoimisuutta ja innovaatiota palkitsemisjärjestelmällä. Palkkion suuruus määritellään ensisijaisesti aloitteen tuottaman nettohyödyn mukaan, mutta myös tunnustuspalkkio on mahdollinen. Vuonna 2011 aloitteita tehtiin 326 kappaletta, JP-ehdotuksia 6083 ja läheltä piti – ilmoituksia 1361. Kuvassa 3 nähdään kehitysehdotustoiminnan kasvu vuosien 2010 ja 2011 välillä. /5/.



Kuva 3. Kehitysehdotustoiminnan kasvu. /5/.

5.4 Kahdeksan tuhlausmuotoa

Lean toiminnan tarkoituksena on lisätä tuottavuutta poistamalla erilaisia hukkia. Hukat eli tuhlausmuodot ovat turhaa ja arvoa lisäämätöntä työtä. Näillä toimenpiteillä pyritään asiakasarvoa lisäävän työn maksimointiin. Kahdeksan selvitettyä hukkaa ovat ylituotanto, odottelu ja viivästyksset, tarpeeton kuljettaminen, laatuvirheet, tarpeettomat varastot, ylikäsittely sekä käyttämättä jätetty työntekijän luovuus. /3, 317/.

Ylituotanto johtaa muiden hukkien syntymiseen. Tällöin valmistetaan välittömään tarpeeseen nähden enemmän tuotteita. Ylituotannosta seuraa keskeneräisen tuotannon varaston suurentuminen. Suuret ja tarpeettomat varastot aiheuttavat varastointikustannuksia. Keskeneräiset varastot sitouttavat myös yrityksen pääomaa. Isot varastotasot lieventävät ongelmien vaikutusta, jolloin ongelmakohtia on vaikeampi huomata. Näitä näkymättömissä olevia ongelmia ovat muun muassa kapasiteetin epätasapaino, epäluotettavat toimittajat ja virheelliset materiaalit. /3, 317/.

Odottelu ja viivästely tuotannossa heikentää tehokkuutta. Odottelua tapahtuu, kun tuotetta ei prosessoida tai liikuteta. Syitä odotteluun ovat pitkät läpimenoajat, huonot materiaalivirrat ja layout, laite- ja konehäiriöt sekä materiaalipuutteet. Materiaalien ja tuotteiden turha liikuttelu tuotantovaiheiden välillä on turhaa, sillä ylimääräinen liikuttelu ei lisää asiakasarvoa. Turhasta kuljetuksesta voi myös syn-

tyä vahinkoja ja laatuvirheitä tuotteisiin. Myös työntekijöiden tarpeeton liike tulee minimoida, sillä sekään ei tuo itse tuotteelle lisäarvoa. /3, 317/.

Ylikäsittelyssä tuotteelle tehdään asiakkaiden näkökulmasta merkityksettömiä vaihteita. Esimerkiksi käytetään kalliita ja isoja laitteita, kun pienemmät ajaisivat saman asian paljon halvemmalla. Laatuvirheet johtavat asiakastyytymättömyyteen. Myös materiaaleja ja kapasiteettia menee hukkaan. Laatuvirheiden takia laaduntarkistusta pitää tehostaa, jolloin tämä syö lisää kustannuksia. Viimeinen eli kahdeksas uhka on olla käyttämättä työntekijöiden luovuutta ja tietoa. Työntekijöillä on lähintä ja parasta tietoa työvaiheiden sekä prosessien toimivuudesta. Myös kehittämiseen saadaan usein hyviä ja toimivia ideoita itse työn tekijöiltä. /3, 317/.

5.5 Laadunvarmistus

Laatuajattelun lähtökohtana on asiakaslähtöisyys. Asiakkaat voivat olla sisäisiä tai ulkoisia. Sisäinen asiakas on esimerkiksi tuotannon seuraava vaihe. Tällöin toimittajana on edeltävä vaihe, mikä toimittaa vaaditut materiaalit tai komponentit määritellyn tarpeen perusteella.

Laadun tarkastusta ja varmistusta ei tehdä pelkästään laatuosastolla, vaan ongelmia pyritään poistamaan toiminnoista niiden tullessa esiin.

Organisaatioissa vastuu laadusta on osa kaikkien työntekijöiden työnkuvaa. Työntekijöiden on toimittava annettujen ohjeiden mukaisesti ja ilmoitettava mahdollisista poikkeamista, häiriöistä tai turvallisuuspuutteista. Nopea reagointi ilmoitukseen ja ongelmien ratkaisu parantaa yrityksen toimintaa. Kun virheiden taustasyitä korjataan ja poistetaan, tuotannon laatu kehittyy vähitellen. Henkilöstön kehittäminen on tärkeä asia yleisen laadun parantamisessa. Opetettavien tietojen ja taitojen lisäksi myös motivaatio ja asennekasvatus ovat osa työntekijöiden kehitystä. Uudistustilanteissa syntyy usein muutosvastarintaa. Tätä pystytään kuitenkin vähentämään tietämyksen lisäämisellä sekä antamalla henkilöstölle mahdollisuus olla osallisena kehitysprosesseissa. /2, 377–380/.

5.6 Wärtsilä Lean

Wärtsilä Lean on globaali ohjelma, jolla pyritään lisäämään johdonmukaisesti arvoa asiakkaille Lean – periaatteiden mukaan. Ohjelma aloitettiin tuotannon toimitissa vuoden 2009 lopussa. Tätä ajattelutapaa käytetään parantamaan globaalin, muuttuvan liiketoiminnan prosesseja. Tällä toiminnalla pyritään vastaamaan asiakkaiden vaatimukseen sekä samalla vähentämään käytettyjä resursseja, kuten pääomaa, varastoja ja aikaa kaikista liiketoiminnan näkökulmista. Menetelmän avulla pyritään hukkien tunnistamiseen ja eliminoimiseen. Tällöin jäljelle jäävät ne toiminnot, jotka lisäävät arvoa asiakkaille. /5/.

Wärtsilä Lean – runko auttaa yritystä hahmottamaan keinoja strategisten tavoitteiden saavuttamisessa. Tätä menetelmää pidetään yhteisenä ja systemaattisena keinona toimintojen kehittämisessä, tarkkailussa ja yrityksen kasvun parantamisessa. Toimintaa on testattu tuotannossa, josta se on levinnyt Wärtsilän muihin divisiooniin. Ohjelman toimivuuden takaamiseksi työntekijöille on järjestetty koulutusta ja painotettu tiedonsiirron merkitystä. /5/.

Wärtsilä on jakanut ohjelman 5:een eri osioon. Nämä osiot ovat ihmiset, strategian käyttö, työmenetelmät, ulkoneva yritys sekä työkalut ja tekniikat. Vastuunjaon pitäisi olla hyvin tiedossa työntekijöiden keskuudessa. Työnjohtajien tulee osata motivoida ja kehittää alaisiaan mahdollisuuksien mukaan. Strategia, visio ja tavoitteet keskustellaan tarkasti organisaatioiden johtohenkilöiden välillä. Työmenetelmien parantamisella tuotetaan lisäarvoa tuotteille vähäisellä tuhlauksella. Parannukset eivät koske pelkästään yrityksen sisäisiä prosesseja vaan niitä pyritään levittämään koko tilaus- ja toimitusketjun piiriin. Työkalujen ja – tekniikoiden parantamiseen käytetään jatkuvaa parantamista, mikä pitäisi olla organisaatiossa päivittäinen tapa. Työpisteissä pyritään parantamaan työn tehokkuutta ja henkilöstön turvallisuutta. /5/.

5.7 5S–työkalu

5S on Japanista lähtöisin oleva laadunhallinnan työkalu. Sen avulla kehitetään ja ylläpidetään siisteyttä ja järjestystä. Lean-toiminnassa nähdään, että tuottavaa ja

laadukasta työtä pystytään tekemään ainoastaan siistissä ja järjestelmällisessä ympäristössä. Työkalun avulla pyritään parantamaan työturvallisuutta, laatua ja tuotavuutta työpisteillä. /4, 446/

Viisi s-kirjainta tulee japaninkielisistä sanoista ja tarkoittavat suomeksi lajittele, järjestä, puhdista, vakiinnuta ja ylläpidä. Lajittelulla määritetään tärkeät työkalut, materiaalit ja tavarat. Työpisteistä poistetaan kaikki tarpeeton. Jäljelle jääville työvälineille sekä materiaaleille järjestetään ja merkitään säilytyspaikat, mistä ne ovat tarvittaessa helposti otettavissa. Puhdistusvaiheella tarkoitetaan yleistä siisteysttä työpisteillä. Työpisteet pidetään jatkuvasti puhtaina ja koneet sekä laitteet huolletaan asianmukaisesti. Ensimmäiset 3 vaihetta vakiinnutetaan ja sisällytetään osaksi päivittäistä työntekoa. Lopuksi vakiintuneita menetelmiä ylläpidetään ja valvotaan. Valvonta voidaan suorittaa esimerkiksi viikoittaisena tarkastuksena. /4, 446/.

5S on näkyvästi käytössä Wärtsilän Vaasan keskustan toimitiloissa. Sitä käytetään yhtenä jatkuvaan parantamiseen tähtäävänä työkaluna. Periaatteita noudatetaan niin toimistoissa kuin tuotannon työpisteilläkin. Näkyvyys on toteutettu ripustamalla useisiin paikkoihin tietopaketteja. Nämä informaatiotaulut ovat pääasiassa työpisteiden läheisyydessä ja niistä löytyy yleiset ohjeet toiminnalle ja mittaamiselle. Myös edellisen tarkastusjakson tulokset ovat nähtävissä. Kuvassa 4 on eräälle työpisteelle sijoitettu infotaulu 5S – menetelmästä.



Kuva 4. 5S – infotaulu

Mittaamisessa ja raportoinnissa käytetään standardoitua auditointimetodia, joka on suunnattu erityisesti tuotantotiloihin ja toimistoihin. Tarkastusalueet ja –kriteerit on jaettu ja määritelty selkeästi. Tarkastuksen suorittaa osaston työntekijä. Yritys on asettanut mittareiden perusteella tavoitearvot. Tarkastuksista saatuja raportteja ja tuloksia verrataan tavoitteisiin. Tuloksista pystytään päättämään ongelma-kohtia, joihin pyritään puuttumaan jatkuvalla parantamisella. Kuvassa 5 on toimiston seinälle sijoitettu 5S – tulostaulu. Taulusta selviää tarkastuksen ohjeet ja tulokset, tarkastusalue sekä mitattavat asiat. /5/.



Kuva 5. 5S – tulostaulu.

Ennen työkalun käyttöönottoa Wärtsilässä määritettiin tavoitteet ja suunnitelmat sekä nimettiin vastuussa oleva organisaatio. Henkilöstöä alettiin kouluttaa hyvissä ajoin ja koulutuksen ohella päätettiin aluejaot sekä vastuunmäärittelyt. Käyttöönoton jälkeen on tehty tasaisin väliajoin mittauksia ja tarkastuksia, standardisoitu hyväksi nähtyjä käytäntöjä sekä jatkettu jatkuvaa parantamista. /5/.

6 KÄYNNISTYSILMAJÄRJESTELMÄ

6.1 Yleistä

W32E-moottori on nelitahtinen dieselmoottori. Moottori on varustettu turbolla ja toimii suoraruiskutusperiaatteella. Rivimoottoreita tehdään 6, 8 ja 9 sylinterisinä ja v-moottoreita 12 ja 16 sylinterisinä. Moottoreiden kierrosnopeus on 720–750 kierrosta minuutissa ulostulotehon tällöin ollessa 550–580 kW (kilowattia) per sylinteri. Kuvassa 6 on eräs W32-tuoteperheen V-moottori. /5/.



Kuva 6. Wärtsilän W32V-dieselmoottori. /5/.

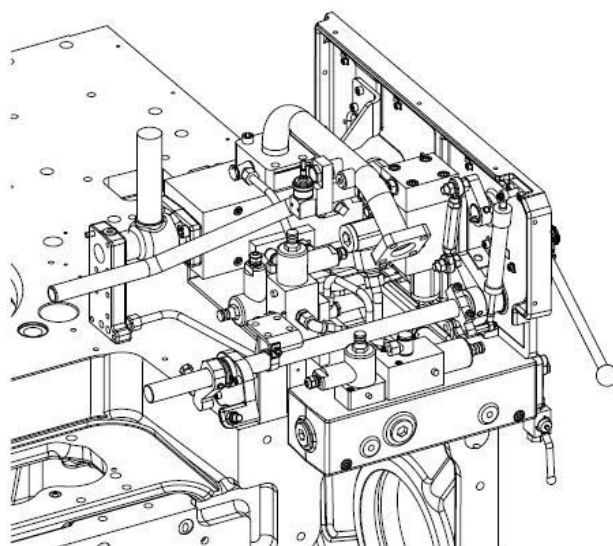
Kaikki Wärtsilän dieselmoottorit, sylinterimäärästä riippumatta, käynnistetään paineilman avulla. Ilman nimellinen maksimipaine on 3 MPa (megapascalina). Käynnistys suoritetaan ilman suoraruiskutuksella sylinterikansien käynnistysilmaventtiilien läpi sylintereille. V-moottoreissa käynnistysilmaventtiilit on sijoitettu ainoastaan A-puolen sylinterikansiin. Poikkeuksena 12 sylinterisessä mallissa käynnistysilmaventtiilit on molemmilla puolilla moottoria. Moottorin päälle sijoitettua pääkäynnistysventtiilin solenoidiventtiiliä voidaan operoida sekä manuaalisesti että elektronisesti. Solenoidiventtiilillä ohjataan ilman kulkua käynnistysventtiilille. /5/.

Kaikkiin moottoreihin on sisällytetty takaiskuventtiilit ja liekinsammuttimet. Liekinpidätin toimii paloturvallitteena ilman tuloaukoille. Käynnistysilmamoduulissa sijaitsevan pääkäynnistysventtiilin auetessa, käynnistysilma kulkee sylinterikanisiin liekinpidättimien läpi. Varotoimena moottoria ei pystytä käynnistämään kun pyörityslaite on kytketty. /5/.

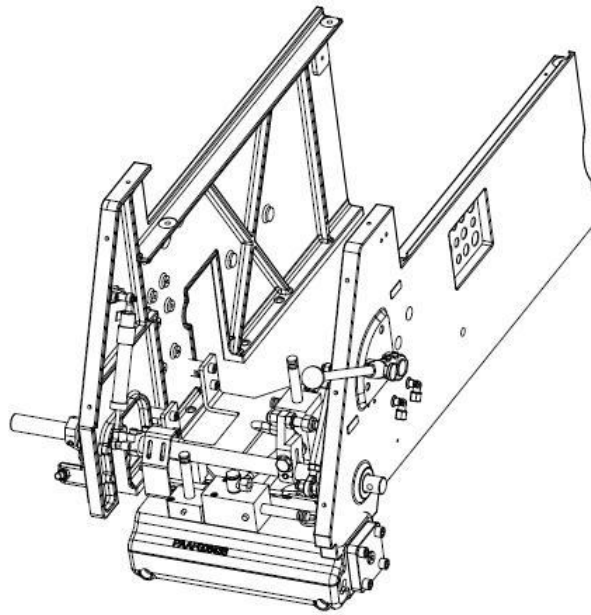
6.2 Käynnistysilmamoduulin kokoonpano

Käynnistysilmajärjestelmän oleellinen osa on käynnistysilmamoduuli, minkä kokoonpano tapahtuu moduulitehtaan Multi Module – kokoonpanopisteessä. Moduuli koostuu kolmesta osakokonaisuudesta eli jaoksesta. Nämä jaokset ovat käynnistysilmajärjestelmä, pysäytysmekanismi sekä kehys, joka toimii jalustana hammaspyörän suojalle.

E-moottorin käynnistysilmamoduuli tullaan kokoamaan suoraan kokoonpanojiin. Vain kehysten kokoonpano on erillinen. Yhtenäinen kokoonpano helpottaa seuraavan, eli moottorikokoonpanovaiheen työtä. Kuvissa 7 ja 8 on piirustuskuvat rivimoottorin ja V-moottorin käynnistysilmamoduulien kokoonpanoista.



Kuva 7. Rivimoottorin käynnistysilmamoduulin kokoonpanopiirustus moottorilohkon päällä. /7/.



Kuva 8. V-moottorin käynnistysilmamoduulin kokoonpanopiirustus. /7/.

7 TUOTANNOLLISTAMINEN

7.1 Alkutilanne

Wärtsilä aloittaa tuottamaan ja toimittamaan uutta W32E – merimoottoria. Ensimmäisen moottorin kokoonpano aloitetaan kevään 2012 viikolla 21. Gitte Henning – nimeä kantava projekti sisältää yhden, 9 sylinterisen 32E–moottorin. Tämän moottorin lisäksi on suunniteltu 14 E–moottorin kokoonpanoaikataulu lähitulevaisuudessa. Näistä moottoreista 13 kappaletta on rivimoottoreita ja 1 12–venttiilinen v–moottori. Moottoreiden kokoonpanojen aloitukset sijoittuvat vuoden 2012, viikosta 34 seuraavan vuoden toiseen viikkoon. Moduulikokoonpanossa tehdään tällä hetkellä erilaisia moduuleita eri moottorityypeille. E–moottorin käynnistysilmamoduulin rakenne ja kokoonpano eroaa hieman muista tyypeistä. Kuvassa 9 on kehys ja startti kiinnitettyinä nykyiseen kuljetusjigiin.



Kuva 9. Kehys ja startti kiinnitettyinä nykyiseen kuljetusjigiin.

Tuotannollistamisella tarkoitetaan tuotannon edellytysten varmistamista. Tuotannon sujuvuuden ja toimivuuden kannalta tärkeät asiat tulee olla kunnossa, kun moottorin kokoonpano aloitetaan. E–moottorin käynnistysilmamoduuli on tarkoitus koota lähes yhtenä pakettina. Pysäytysmekanismi ja käynnistysilmajärjestelmä liitetään toisiinsa käynnistysilmajärjestelmän pohja-/aluslevyn avulla. Ainoastaan kehys kootaan erikseen.

7.2 Tutustuminen

Tammikuun alussa pidettiin aloituspalaveri, johon osallistui toimeksiantajan edustaja sekä opinnäytetyön ohjaajat koululta ja yritykseltä. Palaverissa hyväksyttiin opinnäytetyön aihe koulun ohjaajalta. Aihe rajattiin ja sovittiin aikataulun pääpiirteisistä deadlineista sekä seuraavasta välipalaverista.

Opinnäytetyö aloitettiin tutustumisjaksolla. Aluksi tutustuttiin moduulikokoonpanoon ja työntekijöihin. Koska 32E-moottoria ja sen osakokoonpanoja tullaan tekemään vasta myöhemmin keväällä, tutustuttiin muiden moottorityyppien käynnistysilmamoduuleihin. Työntekijöiden avustuksella saatiin hyvä kuva käytettävistä työkaluista, osista sekä työmenetelmistä. Samalla saatiin käsitystä työkorttien käytöstä sekä toiminnanohjausjärjestelmän toiminnasta kyseisellä työpisteellä.

Työpisteeseen tutustumisen jälkeen kerättiin aineistoa ja tutustuttiin tarkemmin opinnäytetyön aiheeseen. Ensin selvitettiin E-moottorin käynnistysilmamoduuliin kuuluvien jaoksien piirustukset. Wärtsilän moottorirekisteristä saatiin selville moottorityyppikohtaiset jaosten piirustusnumerot. Rekisterin kautta pystytään myös avaamaan piirustukset tarkempaa tarkastelua varten. Piirustuksista selvitetiin niihin kuuluvat osat sekä pystyttiin vertailemaan eroavaisuuksia ja muutoksia moottorityyppien välillä. Moottorin sylinterimäärästä riippumatta, käynnistysilmamoduuleita on 2. Toinen moduuli on rivimoottorille ja toinen v-moottorille. Molemmat moduulit koostuvat 3 jaoksesta.

7.3 Osien selvitys

Piirustusten osaluettelot sisältävät osaan kuuluvien materiaalien nimet, numerot ja tarvittavat kappalemäärät. Jaosten materiaalinumeroiden avulla osaluettelot löytyivät myös SAP – toiminnanohjausjärjestelmästä. Piirustuksista saatiin myös tarkempaa kuvaa valmiin moduulin ulkonäöstä ja osien asennuspaikoista. Jokaiselle jaoksen materiaalille saatiin myös tarvittaessa omat piirustukset.

Uuden työn aloituksessa logistiikka tulostaa keräyslistan. Keräyslistan hyllypaikkojen perusteella kerätään ja toimitetaan osia kokoonpanopisteelle. Osa materiaaleista löytyy kokoonpanopisteen välittömästä läheisyydestä, joten logistiikka toi-

mittaa ainoastaan muissa varastopaikoissa olevat osat. Osien jako hyllypaikkoihin on tehty Lean-periaatteen mukaisesti. Kokoonpanopisteen läheisyydessä olevat osat ovat pieniä ja useammin käytettyjä. Näitä ovat muun muassa ruuvit ja mutterit.

Hyllytetyt osat on merkitty selkeästi. Merkinnästä selviää materiaalinumero, nimike ja esimerkiksi ruuvien tapauksessa tarkennus koosta. Merkitätarrojen värit kertovat mahdolliset hyllypalvelutoimittajat. Valkoinen tarra on Wurthin tunnus ja keltainen Hartmanin. Wurthin ja Hartmanin kanssa on hyllypalvelusopimukset. Näiden toimittajien edustajat tuovat osia suoraan hyllyihin. Vihreillä tarroilla merkitään saldotavara. Kanbanosia ei ole saldoissa ja ne on merkitty punaisella tarralla. Täyttö tapahtuu pääpiirteittäin samalla tavalla kuin hyllypalvelussa, mutta osat tilataan itse. Näiden osien määrien tarkkailu on silmäluonteista ja logistiikka hoitaa tarvittaessa tilaukset. Logistiikan keräämiä osia ovat esimerkiksi kehys ja pysäytysmekanismin päätyluukut.

Kaikkia osia ei laiteta kiinni moduulikokoonpanossa. Nämä osat asennetaan moottorin kokoonpanovaiheessa ja ne on sen vuoksi sijoitettu niiden läheisyyteen. Jaoksien materiaalit on koodattu kokoonpanopaikan mukaisesti, jolloin logistiikan keräyslistaan tulostuu automaattisesti asennuspistekohtaiset osat. Moduulin mukana meneviä osia pyritään karsimaan mahdollisimman paljon ylimääräisen etsiskelyn tai kuljetuksissa sattuvien vaurioiden takia.

E-moottorin käynnistysilmamoduuli sisältää osia, joita ei muihin moduuleihin tarvita. Jaoksien osalistojen perusteella tarkastettiin osat, joita ei asennuspisteen hyllyistä löydy. Nämä osat jaettiin hyllytettäviin ja kerättäviin.

Hyllytettäviksi osiksi lajiteltiin pienimmät osat, kuten ruuvit. Logistiikka perustaa näille osille hyllypaikat asennuspisteen läheisyyteen. Kerättäviksi osiksi määriteltiin isommat materiaalit sekä putkiosat, sillä volyymi on alhainen. Uusia hyllypaikkoja voidaan perustaa tulevaisuudessa volyymien mahdollisen kasvun tai muun tarpeen perusteella.

7.4 Materiaalisetti

Jokaiselle moduulille ja jaokselle on olemassa materiaalisetti WDMS-järjestelmässä. Materiaalisetti sisältää jaokseen tulevat osat ja kappalemäärät. Nämä tiedot tulevat jaoksen tuoterakenteesta (BOM, Bill Of Material). Jokainen materiaalirivi koodataan kirjain-numero – yhdistelmällä, mitkä tarkoittavat asennuspaikkoja. Samassa jaoksessa saattaa olla osia, jotka asennetaan eri asennuspisteissä. Esimerkiksi käynnistysilmamoduulin kehyksen kiinnitys moottorilohkoon tapahtuu ruuveilla, mitkä on koodattu asennettavan moottorikokoonpanossa linjal-la tai pilotissa.

Käynnistysilmajärjestelmälle mietittiin aluksi vaihtoehtoja setin perustamiseen. E-moottorin moduulin ero muiden tyyppien vastaaviin on sen jaokset yhdistävä kokoonpano. Yksi vaihtoehto oli luoda 2 eri settiä, jolloin toiseen olisi kuulunut logistiikan keräämät osat ja toiseen hyllymateriaalit.

Osassa moduuliasennuspisteistä on jo käytössä yhden setin periaate. Tällöin kaikki materiaalit ovat samassa settilistassa ja logistiikka näkee kerättävät osat hyllypaikkojen perusteella. Yhden setin periaate on toiminut näissä tapauksissa hyvin, joten saman periaatteen käyttöä päätettiin käyttää myös E:n käynnistysilmamoduuliin. Yhden settilistan avulla vähennetään turhaa työtä paperin ja kuittausten määrän vähentyessä. Käynnistysilmamoduulille oli valmiiksi WDMS-järjestelmässä setti, minkä alle pystyttiin lisäämään E-moottoreihin kuuluvat jaokset. Näin säästyttiin uuden setin perustamiselta hyödyntäen olemassa olevaa.

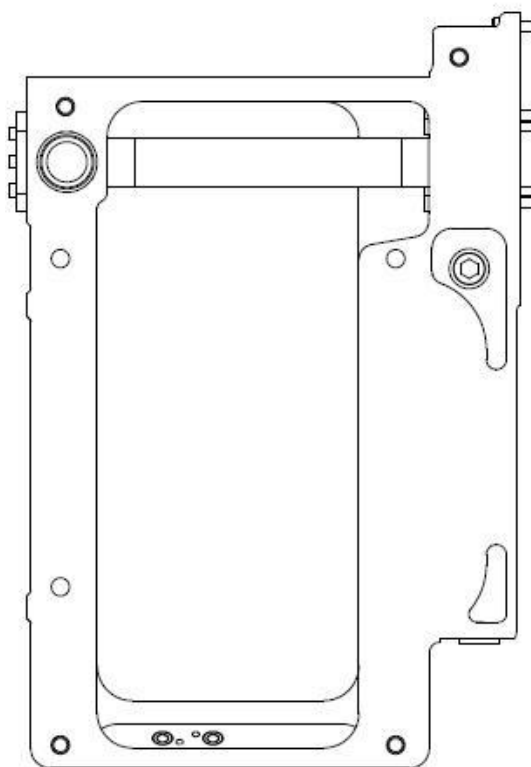
Materiaalit tulostuvat keräyslistoihin moottoreiden BOM-rakenteesta. Yksi lopuvaiheista oli tarkistaa tuoterakenteen yhtäläisyys jaoksien materiaalilistan kanssa. Materiaalit ja niiden lukumäärät täsmäsivät BOMin ja jaoksien välillä. Tällä pyrittiin minimoimaan mahdolliset materiaalipuutteet kokoonpanon aloitusvaiheessa.

7.5 Kokoonpanon rakenne

Alkuperäisen suunnitelman mukaan käynnistysilmamoduuli kootaan yhtenä kokonaisuutena. Käynnistysilmajärjestelmän pohjalevyyn kiinnitetään järjestelmän

lisäksi pysäytysmekanismi. Kuten kuvista 5 ja 6 nähdään, rivimoottorin käynnistysilmajärjestelmään kiinnitetään vain 1 päätyluukku. Toisen puolen päätyluukku on sijoitettu eri jaokseen yhdessä käynnistysilmamoduulin päälle tulevan kotelon kanssa. Tämä jaos asennetaan suoraan moottorilohkon päälle.

Ainoastaan ryntösuojansäiliö eli kehys kootaan ja toimitetaan erillisenä. Kehys ei ole kytköksissä muuhun moduuliin, vaan se kiinnitetään yksittäin suoraan moottorilohkoon. Rivi- ja v-moottorin kehykset ovat lähes samanlaiset. Kehys kasataan ja toimitetaan samaan tapaan vanhassa jigissä, kuten muissakin moottorityypeissä. Moottorin pääkokoanpanossa kehystä tarvitaan alhaalla, kun taas muu moduuli nostetaan ylös moottorilohkon päälle. Kuvassa 10 on rivimoottorin kehyksen piirustuskuva.



Kuva 10. Rivimoottorin kehys. /7/

Yhtenäinen kokoonpano helpottaa linjan työtä ja näin vaikuttaa myös läpimenoaikaan. Nostolaitteen avulla moduuli voidaan nostaa kokonaisena suoraan paikalleen. Muissa moottorityypeissä kokoonpano tapahtuu jaoksittain. Valmiit jaokset

nostetaan ja kiinnitetään erillisinä kuljetusjigiin. Projektin valmistuessa logistiikka toimittaa täytetyn kuljetusjigin linjan oikeaan vaiheeseen tai vaihtoehtoisesti pilot-tikokoonpanoon.

Käynnistysilmamoduulin kokoonpanon rakenteesta keskusteltiin linjan ja pilotin prosessikehittäjien kanssa. Keskustelun avulla pyrittiin saamaan asiakkaan näkökulmaa, millaisena kokonaisuutena moduuli halutaan. Edellisenä syksynä suoritettiin 32E-moottorin testikokoonpano pilotissa. Testissä käytettiin rivimoottoria. Käynnistysilmamoduuli toimitettiin lavan päällä siten, että pysäytysmekanismi (päätyluukut) ei ollut kiinni käynnistysilmajärjestelmässä. Testikokoonpanossa huomautetut ongelmat käynnistysilmamoduulin osalta keskittyivät käynnistysilmajärjestelmän aluslevyyn.

Aluslevy ja sen päälle kasattu käynnistysilmajärjestelmä kiinnitetään moottorilohkon päälle. Kiinnitystä varten levyssä on reikiä samoissa kohdissa kuin moottorilohkossa. Kuitenkin testivaiheessa huomattiin levyn ja moottorilohkon reikien olevan hieman eri kohdissa. Aluslevyn ollessa epätarkka, se vaikuttaa myös useiden liitäntöjen toimivuuteen. Putkien joustavuus antaa anteeksi pieniä epätarkkuuksia, mutta sen varaan ei tule laskea. Kuva 11 on testimoottorin kokoonpanovaiheesta. Kuvasta nähdään miten aluslevyn ja moottorilohkon reiät eivät ole samoilla kohdilla.



Kuva 11. Aluslevy moottorilohkon päällä.

7.6 Työkalut

E-moottorin käynnistysilmamoduulia varten tullaan tarvitsemaan uusia työkaluja. Tarvittavia työkaluja ovat nostoraudat sekä kasausjigi ja kuljetuslava. Muiden moottorityyppien käynnistysilmamoduulin jaokset kootaan niin sanotusti vapaasti, pöytien päällä tai kiinnitettynä ruuvipenkkiin. Uuden moduulin kokoonpanon ta-
pahtuessa yhtenäisesti tarvitaan kasausjigi helpottamaan työntekoa. Jigien koko-
naismäärää ja variaatioita pyritään rajoittamaan Lean – ja 5S – periaatteiden mu-
kaisesti. Tästä syystä kasausjigi tullaan suunnittelemaan siten, että molempien
moottorityyppien käynnistysilmamoduulit voidaan koota samassa jigissä.

Rivimoottorin moduuli, ilman kehystä, painaa lähes 103 kg ja v-moottorin vas-
taava 146 kg. Ihminen ei tällaisia painoja saa nostaa, joten näiden nostamiseen
tarvitaan nostorauta. Asennuspisteellä on säätimellä ohjattavia nostureita, joihin
nostoraudat kiinnitetään. Myös kehyksen siirtely tullaan tekemään omanlaisellaan
nostoraudalla. Linjalla ja pilotissa pystytään nostoraudan avulla nostamaan kehys
suoraan oikealle paikalle moottorilohkossa, jolloin se on helppo kiinnittää ruuveil-
la moottorin runkoon.

Työkalujen suunnittelusta vastaa suunnitteluosasto. Työtaakka siellä on tällä het-
kellä niin suuri, että jigijä tai moduulin nostorautaa ei saada viikolla 21 käynnis-
tyvään kokoonpanoon mennessä. Ainoastaan kehyksen nostoraudan suunnittelu
on valmiina ja pilotin kehityksestä vastaavat henkilöt ovat tehneet siitä työkaluti-
lauksen. Kehyksen nostoraudan suunnittelukuva on liitteessä 1.

Jigien suunnittelussa tulee ottaa huomioon asioita, jotka vaikuttavat loppuko-
koonpanoon. Käynnistysilmamoduulille on tarkka asennuspaikka moottorilohkos-
sa. Moduulien paikoituspisteet jigisiin ovat tärkeitä toiminnan kannalta. Kun jigien
paikoituspisteet ovat yhteneväisiä moottorilohkon pisteisiin verrattuna, nähdään
mahdolliset epäsoveltuvuudet jo moduuliasennuksessa. Tällöin korjaavia toimen-
piteitä voidaan tehdä jo moduulikokoonpanossa. Virheellisten moduulien päästes-
sä moottorin loppukokoonpanoon, syntyy turhia viivästyksiä ja odottelua.

7.7 Työkalutilaus

Kun kokoonpano-osastoilla huomataan tarvetta uusille työkaluille, tehdään työkalutilaus. Uusi työkalu voi olla välttämätön työntekoon tai helpottaa sitä merkittävästi. Työkalutilaus tehdään Excel – tyyppiseen ruudukkoon ja lähetetään sähköpostitse työkalu – ja laitesuunnitteluosastolle. Työkalutilauksen ruudukkoon täytetään valmisteen nimi, moottorin tyyppi ja piirustusnumero sekä tilaajan ja osaston tiedot. Tilauksesta käy ilmi myös haluttu kappalemäärä, valmiin työkalun toimitusosoite sekä tilauksen tekopäivämäärä. Työkalusuunnittelun esimiehet priorisoivat ja järjestävät tulleet työkalutilaukset jonoon.

E-moottorin kohdalla, käynnistysilmamoduulin kokoonpanon tarpeisiin tehtiin työkalutilauksia nostamista ja jigeistä. Kokoonpanojigin työkalutilaus on tehty vuoden 2011 lokakuulla. Tämän työkalutilaus on liitteessä 2. Nostolaitteita tarvitaan kehykselle sekä molemmille käynnistysilmajärjestelmille. Nostolaitteista on myös työkalutilaukset tehty ja kehyksen nostolaitteen suunnittelu on jo valmis.

Rivimoottorin käynnistysilmajärjestelmän jaoksessa on vain toinen päätyluukku. Vastakkainen luukku on sijoitettu eri jaokseen, sillä se ei ole millään tavalla kiinni järjestelmässä. Tästä syystä nostaminen samanlaisella työkalulla on mahdotonta. Työkalusuunnittelun mukaan hankalinta on nimenomaan rivimoottorin käynnistysilmamoduulin nostokalun suunnittelu. Koska moduuli ei ole symmetrinen toisen päätyluukun puuttuessa, täytyy nostokohdat mieltä tarkkaan.

Moduulien siirtämiseen moduulikokoonpanosta linjalle tai pilottiin tarvitaan kuljetusalusta. Kuljetusalusta voi olla hyvin yksinkertainen, kuten levy, johon moduulit kiinnitetään samaan tapaan kuin moottorilohkoon. Alustassa voi olla myös vaihtoehtoisesti upotetut kolot moduulin muotojen mukaan. Kuljetusalustan työkalutilaus on liitteessä 3.

8 JATKOTOIMET JA YHTEENVETO

8.1 Jatkotoimet

Eri asioiden toimivuus tulee parhaiten esille vasta kun kokoonpanot aloitetaan käytännössä. Ennen moduulin kokoonpanon aloitusta logistiikka perustaa hyllypaikat asennuspisteen hyllyihin, toimitetun materiaalilistan perusteella. Uudet materiaalit on jaettu karkeasti koon ja tarpeen perusteella hyllytettäviin ja kerättäviin osiin. Tällä toiminnolla varmistetaan oikeiden materiaalien saatavuus oikealla hetkellä. Mikäli linjalla tai pilottikokoonpanossa huomataan, että osia joudutaan irrottamaan ja asentamaan uudestaan jonkin työvaiheen suorittamiseksi, tulee muokata materiaalisettiä. Turhien työvaiheiden poistamiseksi koodataan mahdolliset hankalat osat asennettavaksi vasta moottorin pääkokoonpanovaiheessa.

Hyllytettävien materiaalien jakoa voidaan tarvittaessa muuttaa myöhemmin. Asentajilta saadaan keskeistä tietoa asennuksen sujuvuudesta ja toimivuudesta. Muutaman moottorin jälkeen on hyvä pitää esimerkiksi palaveria asentajien kanssa ja selvittää mahdollisia ongelmakohtia ja parannusehdotuksia. Näitä ehdotuksia voi tulla tietysti myös JP–ehdotusten muodossa yrityksen järjestelmän kautta. Parannusehdotuksien teko jatkuvan kehityksen kannalta on suotavaa ja tärkeää.

Uudet työkalut nostoihin, asennuksiin sekä kuljetuksiin eivät ehdi ensimmäisen moduulin kokoonpanon aloitukseen työkalusuunnittelun kiireiden vuoksi. Tämän vuoksi ensimmäinen projekti joudutaan kokoamaan vapaasti. Tämä suoritetaan esimerkiksi samalla tavalla kuin muiden moottorityyppien käynnistysilmamoduulit. Työkalusuunnittelun mukaan työkalut pyritään saamaan valmiiksi ennen seuraavien moottorikokoonpanojen aloitusta. Lähiaikoina E–moottoreista selkeästi suurin osa tulee olemaan rivimoottoreita. Etenkin rivimoottorille tarkoitettut työkalut on tärkeää saada käyttöön suuremman volyymin vuoksi.

Testimoottorin kokoonpanossa vaikeuksia aiheutti käynnistysilmajärjestelmän aluslevy. Piirustusten mukaan aluslevyn reiät osuvat hyvin kohdilleen moottorilohkon reikien kanssa.

Ennen ensimmäisen käynnistysilmamoduulin kokoonpanon aloitusta aluslevy täytty viedä mittaukseen. Mittauksella varmistetaan, että levy on oikeanlainen ja toleranssit ovat kohdallaan. Kun kokoonpanojigi saadaan käyttöön, aluslevyn oikeanlaisuus nähdään kun se kiinnitetään työn aluksi jigiin. Jigin suunnittelussa aluslevyn paikoituspaikat katsotaan moottorilohkon perusteella. Mikäli aluslevyssä on jatkuvasti epätarkkuuksia, tulee tarkastella lähemmin siihen johtavia syitä. Syyt voivat johtua esimerkiksi valmistusmenetelmistä.

Rivimoottorin käynnistysilmamoduuli poikkeaa V-moottorin vastaavasta. Toinen päätyluokku ei ole kiinni käynnistysilmajärjestelmässä, ja siitä syystä se on sijoitettu toiseen jaokseen. Moduulin suunnittelusta vastaava osasto voi miettiä mahdollisuutta kiinnittää toinenkin päätyluokku moduuliin. Tällöin moduulit olisivat samantapaiset ja myös rivimoottorin käynnistysilmamoduulin nostaminen raudalla olisi helpompaa symmetrisestä kappaleesta johtuen.

8.2 Tulokset

Työn tuloksia on hyvin vaikea arvioida tässä vaiheessa. Toimintojen sujuvuudesta ja mahdollisista ongelmakohtista saadaan tietoa vasta kun ensimmäiset moottorit ovat kokoonpanovaiheessa. Ensimmäisten E-moottoreiden kohdalla tuloksien arviointi on myös sen vuoksi hankalaa, että työkaluja ei saada siihen mennessä käyttöön.

Jaoksien hyllytettävät materiaalit saatiin määritettyä järkevin perustein. Hyllyjaolla pyrittiin optimoimaan hyllytilan käyttö tarpeeseen ja volyyymiin nähden. Lista näistä materiaaleista annettiin hyllytavaroista vastaaville logistiikan työntekijöille. Listanmukaisille tavaroille perustetaan hyllypaikat ennen ensimmäisen E-moottorin kokoonpanon aloitusta.

Jaoksien koodauksissa oli valmiiksi toimiva jako materiaalien asennuspisteille. Muutamia osia asennetaan linjalla tai pilotissa, mutta pääosassa osat kiinnitetään moduulikokoonpanossa. Uutta materiaalisettiä ei tarvinnut perustaa E-moottorin käynnistysilmajärjestelmälle, vaan uudet jaokset koodattiin vanhan setin alaisuuteen. Uuden työn aloitushetkessä tulostetaan jaoksittain materiaalilista. Listan

mukaan logistiikka toimittaa asennuspisteelle ne osat, joiden hyllypaikat on sijoitettu kauemmaksi asennuspisteeltä. Yhden listan toiminta on muutamassa muussa moduuliasennuspisteessä toiminut hyvin, joten samaa periaatetta päätettiin käyttää myös käynnistysilmamoduulin kohdalla.

Kokoonpanon toimitettavasta rakenteesta päästiin hyvin yhteisymmärrykseen asiakkaiden, eli linjan ja pilotin kanssa. Moduuli toimitetaan kokonaisuena, lukuun ottamatta kehystä. Kehys kulkeutuu moottorin pääkokoonpanopaikalle vanhaan malliin. Kokoonpanoon tarvittavia työkaluja ei saada valmiiksi ensimmäisen moottorin aloitushetkeen. Tämä johtuu erityisesti suunnitteluosaston työjonosta. Työkalusuunnittelussa oli hyvin samankaltaiset mielipiteet jigien ja nostolaitteiden tulevasta rakenteesta kuin linjan ja pilotin edustajilla.

Työkalutilauksia tehtiin eri aikoihin. Kokoonpanojigistä ja nostolaitteista oli työkalutilaukset tehty jo vuoden 2011 puolella. Kuljetusalustan työkalutilaus tehtiin huhtikuun 2012 puolen välin tienoilla. Työkalutilausten ajankohta ei vaikuttanut työkalujen valmistumisaikatauluun. Työkalusuunnittelu piirtää joka tapauksessa tätä projektia varten tulevat työkalut peräkkäin ja aloitushetki riippuu priorisoidusta työjonosta.

Jatkotoimissa määriteltiin ne asiat, joita tullaan tekemään tämän opinnäytetyön valmistumisen jälkeen. Yksi tärkeimmistä tehtävistä on luoda hyllypaikat materiaaleille ennen ensimmäisen E-moottorin kokoonpanoa. Jatkotoimissa määriteltiin käynnistysilmajärjestelmän pohjalevyn mittojen tarkistus ennen kokoonpanon aloitusta. Tällä varmistetaan levyn sopivuus moottorilohkoon, sillä kokoonpanojigin puuttuessa sitä ei muutoin voida varmistaa. Ideoita jatkuvaan toimintojen parantamiseen saadaan esimerkiksi JP-toiminnasta.

8.3 Arviointia

Työ aloitettiin vuoden 2012 alkupuolella. Noin kuukauden välein pidetyt välilavellit auttoivat hyvin pysymään aikataulussa ja estivät mahdolliset sivu-urille ajautumiset. Palavereihin osallistuivat koulun puolesta opinnäytetyön ohjaaja sekä yrityksestä ohjaaja ja työpajan johtaja. Tuki on ollut läpi työn erinomaista kaikilta

työhön osallistuneilta tahoilta. Työn aihe oli mielenkiintoinen, käytännönläheinen ja se oli yritykselle ajankohtainen.

Työn tuloksia on hankala arvioida vielä tässä vaiheessa. Työssä päätettyjen asioiden toimivuus nähdään kokonaan vasta silloin, kun kaikki E-moottorin käynnistysilmamoduulia varten suunnitellut työkalut ovat käytössä ja muutama moottorin on valmistettu. Opinnäytetyöhön sisällytetyt asiat saatiin kuitenkin hyvin tehtyä aikataulun mukaisesti.

Opinnäytetyön tekeminen on oppimisprosessi, jossa pyritään hyödyntämään jo muissa opinnoissa kertynyttä tietotaitoa. Monista jo suoritetuista opintomääristä oli paljon hyötyä, mutta toisaalta monta vaihetta olisi varmasti pystynyt tekemään tehokkaammin ja nopeammin. Tämä oppimisprosessi auttaa varmasti selviytymään tulevaisuuden tuomista haasteista.

LÄHTEET

- /1/ Granholm, M. General Manager, Process Development & Commissioning. Wärtsilä Finland Oy. Haastattelu 20.03.2012.
- /2/ Haverila, E., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere. Infaces.
- /3/ Krajewski, L., Ritzman, P. & Malhotra, M. 2010. Operations Management, Processes and Supply Chains. 9. painos. Upper Saddle River. Pearson.
- /4/ Slack, N., Chambers, S. & Johnston, R. 2010. Operations Management. 6. painos. Harlow. Pearson.
- /5/ Wärtsilä Intranet
- /6/ Wärtsilän kotisivut. Viitattu 20.3.2012. <http://www.wartsila.com>
- /7/ Wärtsilä SAP – toiminnanohjausjärjestelmä
- /8/ Wärtsilän vuosikertomus 2011

LIITE 1

