



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

STEERPROP OY:N TUOTANNON IDEAALILAYOUT

Tommi Saarinen



Opinnäytetyö
Lokakuu 2015
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät ja tuotantotalous

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät ja tuotantotalous

SAARINEN, TOMMI:
Steerprop Oy:n tuotannon ideaalilayout

Opinnäytetyö 100 sivua, joista liitteitä 10 sivua
Lokakuu 2015

Steerprop Oy on laivojen propulsiolaitteita valmistava yritys, joka on kasvanut tasaisesti viime vuosina ja kasvun odotetaan jatkuvan edelleen. Vanha kokoonpanohalli on kasvanut ja muovautunut vähitellen yrityksen mukana nykyiseen muotoonsa. Tämä kehitys ei ole luonut tilasta kokoonpanoprosessille tehokasta. Tuotannon kasvaessa yritys tarvitsee tehokkaamman ja turvallisemman kokoonpanotilan, jotta tulevaisuuden suurempi kapasiteetti voidaan toteuttaa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Steerprop Oy:lle uusi ideaalilayout potkurilaitteiden kokoonpanoa varten. Teoriaosuudessa pyrittiin keskittymään asioihin, joita on otettava huomioon layoutsuunnittelussa. Erityisesti haluttiin keskittyä kokoonpanotilan tilankäyttöön, testauksen käyttöasteeseen, tuotannon joustavuuteen, yksinkertaisiin materiaalivirtoihin sekä lean-filosofian toteutumiseen.

Työn tutkimusosassa tehtiin potkurilaitteiden kokoonpanoprosessille nykytila-analyysi, jossa keskityttiin potkurilaitteiden kokoonpanomenetelmiin, kokoonpanon vaiheisiin, materiaalivirtoihin, logistiikkaan ja tuotannon apuvälineisiin. Näitä osa-alueita kartoittamalla selvitettiin tarpeet, joiden pohjalta voitiin aloittaa layoutsuunnittelu.

Tutkimuksen tuloksena saatiin neljä layoutvaihtoehtoa, joita analysoitiin erilaisten analyysityökalujen ja aivoriihien avulla. Parhaaksi vaihtoehdoksi muodostui neljäs layout, jota alettiin kehittää pidemmälle. Kehittäminen tapahtui AUTO Cad LT -ohjelmistolla, jolla piirrettiin uudesta layoutista pohjapiirros ja poikkileikkauspiirros sähköisesti. Näihin piirroksiin sijoitettiin kaikki tarvittavat laitteet ja nosturit. Piirroksiin aseteltiin myös Steerpropin laitteita, jolloin varmistuttiin tilojen riittävydestä.

Tuloksena saatu ideaalilayout on optimaalinen ympäristö potkurilaitteiden valmistukselle. Piirretty ideaalilayout toimii uuden tuotantotilan suunnannäyttäjänä, josta suunnittelutyötä voidaan jatkaa tilanteen niin vaatiessa. Tämän päivän tarpeet eivät välttämättä vastaa tulevaisuuden tarpeita. Siksi tämä layout on suunniteltu helposti muovattavaksi ja tuotannon kannalta joustavaksi. Haastavaksi työn teki yrityksen laaja tuotevalikoima ja sen aiheuttama läpimenoaikojen vaihtelu.

Asiasanat: kokoonpanolinja, layoutsuunnittelu, materiaalivirrat, lean

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Machine and Industrial Engineering
Modern Industrial Engineering and Industrial Management

SAARINEN, TOMMI:
Ideal Production Layout for Steerprop Ltd.

Bachelor's thesis 100 pages, appendices 10 pages
October 2015

Steerprop Ltd. is a company which produces Azimuth Propulsors. The company has grown in the last few years and the growth is expected to continue. The old assembly hall has increased in size and shape and shaped together with the company to the current form. This evolution has not created an effective assembly process. When the production increases the company needs a more effective and safer assembly space. That way a higher capacity can be handled in the future.

The purpose of this thesis was to plan a new ideal layout for the assembly of Azimuth Propulsors for Steerprop Ltd. In the theory part the focus was on issues that must be considered when planning layouts. The main focus was on the utilization of assembly hall space, utilization degree of testing, flexibility of production, simple material flows and lean-philosophy.

The research part of this thesis consists of the analysis of the present condition. The analysis includes the Propulsors assembly methods, assembly phases, flow of materials, logistics and instruments of production. As a result, production needs were identified to enable the planning phase of the layout. Identifying the production's needs enabled the start of the layout planning.

Four different layout options were found. These options were analyzed with different analysis instruments and brainstorming. The fourth option turned out to be the most suitable for further developed. The development of the new layout drawing and the cross-section drawing were done with the AUTO Cad LT -software. All the necessary machines and cranes as well as Steerprop's Propulsors were included into these drawings to ensure that there was enough space.

The ideal layout is an optimal environment for the production of Propulsors. Ideal layout will help and lead planning of the new production hall when required. Today's needs might not be the same as they will be in the future. Therefore this layout is designed to be flexible and easy to modify. Wide range of products and the variation of lead-times made the planning challenging.

Key words: assembly line, layout planning, flows of materials, lean

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
1.1	Työn tausta.....	8
1.2	Työn tavoitteet ja rajausta.....	9
1.3	Toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi.....	9
2	STEERPROP OY.....	11
2.1	Historia.....	11
2.2	Toimintatavat.....	12
2.2.1	Toimittajat.....	12
2.2.2	Projekteihin perustuva toiminta.....	13
2.3	Tuotteet.....	13
2.3.1	Propulsiolaitteet.....	14
2.4	Asiakkaat ja Markkinat.....	17
2.5	Tunnusluvut.....	18
3	TUOTANNON KEHITTÄMISEN TYÖKALUT.....	20
3.1	Lean.....	20
3.2	Kaizen.....	21
3.3	JIT Just-In-Time.....	23
3.4	Kanban.....	25
3.5	5 S.....	26
4	MANUAALINEN KOKOONPANO.....	27
4.1	Manuaalisen kokoonpanon kehittäminen.....	28
5	TUOTANNON MATERIAALIVIRRAT.....	32
5.1	Tuotannonohjaus.....	32
5.1.1	Työntöohjaus.....	32
5.1.2	Imuohjaus.....	33
5.2	Läpäisy aika.....	33
5.3	Pullonkaula-ajattelu.....	36
5.4	Varastointi.....	37
6	LAYOUTTYYPIT.....	39
6.1	Tuotantolinja.....	39
6.2	Funktionaalinen layout.....	41
6.3	Solulayout.....	42
7	TEHTAAN LAYOUTSUUNNITTELU.....	44
7.1	Layoutsuunnittelun tavoitteet.....	44
7.2	Layoutsuunnittelun vaiheet.....	45

7.2.1	Esisuunnittelu	45
7.2.2	Suunnitteluvaihe	46
7.3	Layoutin valinta	48
7.3.1	SWOT-analyysi	49
7.3.2	Simulointi	50
8	NYKYTILA-ANALYYSI	51
8.1	Nykyinen layout	51
8.2	Potkurilaitteiden kokoonpanoprosessi ja käytetyt menetelmät	58
8.2.1	Potkurilaitteiden koeajo ja pakkaus	61
8.3	Materiaalivirrat	62
8.4	Logistiikka	63
8.5	Tarpeet	64
9	IDEAALILAYOUTIN SUUNNITTELU	67
9.1	Lean-filosofian toteutus	67
9.2	5S-filosofian toteutus	69
9.3	Nosturivaihtoehdot	70
9.4	Läpimenoajat	73
9.5	Tahtiaika	73
9.5.1	Tahtiajan toteutuminen eri vaiheissa	74
10	LAYOUTVAIHTOEHDOT	77
10.1	Ensimmäinen layout	77
10.2	Toinen layout	79
10.3	Kolmas layout	80
10.4	Neljäs layout	81
11	IDEAALILAYOUT	82
11.1	Ideaalilayoutin valikoituminen	82
11.2	CAD-mallinnus	83
11.3	Layoutvaihtoehto nykyiseen kokoonpanotilaan	83
11.4	Uusien layoutien materiaalivirrat	84
12	POHDINTA	85
12.1	Ongelmat	85
12.2	Mahdolliset muutokset kokoonpanomenetelmiin	86
12.3	Muutosten käyttöönoton välivaiheet ja aikataulu	87
	LÄHTEET	88
13	LIITTEET	90
	Liite 1. Nykyisen kokoonpanotilan materiaalivirrat	91
	Liite 2. Keskustelut ja palaverit	92
	Liite 3. Layout 1.	94

Liite 4. Layout 2.	95
Liite 5. Layout 3.	96
Liite 6. Layout 4.	97
Liite 7. Ideaalilayout	98
Liite 8. Vaihtoehtoinen layout	98
Liite 9. Ideaalilayoutin materiaalivirrat	99
Liite 10. Vaihtoehtoisen layoutin materiaalivirrat	100

ERITYISSANASTO

CRP	Potkurilaitemalli, jossa kaksi potkuria pyörii vastakkaisiin suuntiin (Contra-Rotating Propeller)
Layout	Pohjapiirustus, joka sisältää tiloihin sijoitetut seinät, ovet, työlaitteet ja muun struktuurin
CAD	Tietokoneen avulla tapahtuva suunnittelu (Computer-aided Design)
5S	Japanilainen viisiosainen menetelmä, jolla organisoidaan työympäristöä
JIT	Toyotan kehittämä tuotantotapa, jossa tuotantoon tarvittavat komponentit saapuvat oikeaan aikaan oikeaan paikkaan (Just-In-Time)
Kanban	Japanilainen termi, joka tarkoittaa ohjauskorttia tai merkinantovälinettä
Lean	Toyotan tuotantofilosofia, joka perustuu lisäarvon tuottamiseen ja seitsemän hukkan poistamiseen
Kaizen	Japanilainen termi, joka kuvaa jatkuvaa parantamista
SWOT	Analyysityökalu, jolla arvioidaan vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytteen tarkoituksena on suunnitella Steerprop Oy:lle ideaalilayout standardikokoisten potkurilaitteiden kokoonpanolle tulevaan uuteen tuotantohalliin. Ideaalilayout tulee sisältämään kaiken tarvittavan laitteiston ja struktuurin, jotka tarvitaan tulevaisuuden tuotantokapasiteetin toteuttamiseksi. Uusi tuotantohalli voidaan suunnitella ja toteuttaa saadun layoutmallin ympärille.

1.1 Työn tausta

Kesätyöt Steerpropilla saivat mielenkiinnon heräämään yritystä kohtaan. Kaksi kesää potkurilaitteiden asentajana antoi potkurilaitteiden valmistuksesta paljon tärkeää tietoa. Kokoonpanon työntekijänä huomasi ympäristössä ja kokoonpanomenetelmissä puutteita, joita haluaisi muuttaa ja kehittää. Opintojen edetessä kohti loppua tuli halu tehdä yritykselle opinnäytetyö ja kehittää kokoonpanoprosessia. Onneksi myös yrityksellä oli halu ja tarve kehittää toimintaansa. Yhteys yritykseen tuotantopäällikkö Jukka Mäkilään tuotti tulosta ja pian lopputyön aiheen rajaus oli selvillä.

Steerprop Oy on kasvanut tasaisesti pienestä yrityksestä keskisuureksi yritykseksi. Viimevuosina yritys on kasvanut voimakkaasti ja kasvun odotetaan jatkuvan edelleen. Liikevaihto on kasvanut tasaisesti. Sen kasvuun ovat vaikuttaneet tilauskannan suureneminen ja uusien suurempien laitteiden suunnittelu ja valmistus. Tilanne asettaa laitteiden kokoonpanolle ja testaukselle haasteita. Tuotannon kuuluu mukautua haasteiden mukaan ja pysyä kilpailukykyisenä. (Mäkilä J. tuotantopäällikkö. Lopputyö Steerprop Rauma. sähköpostiviesti. jukka.makila@steerprop.com. Luettu 20.2.2015)

Nykyinen kokoonpano tapahtuu Rauman sataman hallissa nro. 44. Tilat ovat vanhanikäiset ja tehokkaalle kokoonpanolle epäsuotuisat. Kokoonpanopisteet ja kokoonpanossa käytettävät laitteet ja työkalut on sijoitettu Lean-ajattelutavan vastaisesti. Suuri osa kokoonpanotiloista toimii välivarastona ja siksi tilaa kokoonpanolle on rajallisesti. Myös nosturikapasiteetti on puutteellinen. Näiden puutteiden takia uutta layoutsuunnitelmaa tarvitaan.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Tavoite on suunnitella Steerpropin kokoonpanoprosessia vastaamaan tulevaisuuden kasvutavoitteita. Tarkoituksena on, että standardilaitteiden kokoonpano ja testaus olisi linjakokoonpanon tyyppinen nykyisen paikkakokoonpanon sijaan. Lopputyön tuloksena Steerprop haluaa ideaalitehtaan layoutmallin tilavarauksineen, nosturi- ja kokoonpanolaitemalleineen. Ideaalitehtaan malli tulisi olla sellainen, että se voitaisiin toteuttaa muutama lähivuoden aikana. Yritys haluaa myös karkean aikataulun välivaiheineen, joiden avulla yritys pystyy siirtymään uuteen tuotantomalliin. (Mäkilä J. 2015. ym.)

Työn tavoitteena on toteuttaa pienemmille potkurilaitteille eli standardilaitteille uusi, mahdollisimman kilpailukykyinen, tehokas, toimiva, siisti, turvallinen ja nykyaikainen layoutmalli, jonka pohjalta voidaan uutta tuotantotilaa suunnitella. Tavoitteena on sijoittaa kokoonpanopisteet uuteen tuotantohalliin niin, että laitteiden valmistuksen läpimenoaika olisi mahdollisimman lyhyt. Pää tavoitteena on saada aikaa layoutmalli, jonka avulla haluttu kapasiteetti saadaan toteutettua. Tavoitteena on suunnitella muutama layoutvaihtoehto uuteen tuotantohalliin. Myös nykyiseen tuotantotilaan on tarkoitus tehdä väliaikainen parempi layout, jonka tehtävänä on selkeyttää ja tehostaa nykyistä kokoonpanoprosessia.

Lopputyöhön ei oteta huomioon kokoonpanon sisäisiä työmenetelmiä. Myös koeajopukin suunnittelu kuuluu lopputyön ulkopuolelle ja sen suunnittelu kuuluu omalle suunnitteluosastolle. (Mäkilä J. 2015. ym.) Myös potkurilaitteiden komponenttien valmistus on opinnäytetyön ulkopuolella. Opinnäytetyö keskittyy ainoastaan kokoonpanoprosessin layoutin kehittämiseen.

1.3 Toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi

Nykyisten tuotteiden kokoonpanoprosessi on monimutkainen ja pitkä. Tehtävänä on kartoittaa potkurilaitteiden kokoonpanoprosessin vaiheet ja niiden vaatima aika ja tarvittavat apuvälineet. Nosturikapasiteettitarpeen määrittäminen on myös osa onnistunutta layoutsuunnittelua. On kartoitettava kunkin laitemallin ja niiden osien vaatimat nosturien nostokapasiteetit, jotta kokoonpano onnistuisi.

Tarkoituksena on selvittää layoutsuunnittelun pääperiaatteet ja soveltaa niitä Steerpropin projektituotantoon. Teoria sovelletaan käytäntöön hahmottelemalla muutama vaihtoehto parhaasta mahdollisesta layoutmallista tuotannolle. Hahmottelun pohjalta voidaan piirtää CAD-ohjelmalla puhdas malli mahdollisista layoutmalleista.

Kokoonpanon aikana tapahtuva materiaalivirtojen tunteminen on työn kannalta tärkeää. Tärkeä osa layoutsuunnittelua on tuntea eri potkurilaitteiden ja niiden osakokoonpanojen valmistusajat. Jotta läpimenoajat olisivat selvillä, on tehtävä tutkimustyötä ja määritettävä kunkin vaiheen kestot. Materiaalivirtoja tutkiessa on osattava määrittää virtojen voimakkuus ja nopeus.

Opinnäytetyön edetessä on välttämätöntä, että saatuja tuloksia ja ideoita jaetaan muiden henkilöiden kanssa. Opinnäytetyön aikana käydään lukuisia keskusteluja sekä työnjohdon, työntekijöiden, insinöörien ja päällikköjen kanssa. Ryhmätyö on siis tärkeä osa suunnittelutyötä, jotta lopputulos olisi paras mahdollinen. Lopullinen tuotos esitellään Steerpropin johtoportaalille mahdollisia jatkotoimia varten.

2 STEERPROP OY

Yritys on Raumalainen laivojen propulsiolaitteita valmistava yritys, jonka perusperiaatteita ovat huippulaadukkaiden potkurilaitteiden suunnittelu, valmistus, testaus, myynti ja huolto. Yritys tunnetaan innovatiivisista ratkaisuisistaan ja yhtenä raumalaisena kestämyksenä.

2.1 Historia

Steerprop Oy:n historia ulottuu vuoteen 1968, jolloin Raumalainen laivanrakennusyri-tyks Hollming Oy kehitti ensimmäisen Aquamaster -nimisen kansiperämoottorinsa. Uusi tuote esiteltiin kansainvälisillä messuilla Oslossa ja Lontoossa. Laite oli monikäyttöinen, sillä sitä voitiin asentaa losseihin, hinaajiin ja vesibusseihin. (Hollming Oy. Hollming-historia. 2015.)

Vuonna 1988 Hollming Aquamasters potkurilaitteet ja Rauma-Repola kansikoneet yhdistyivät Aquamaster-Rauma Oy:ksi. (Steerprop. 2015. sisäinen tietokanta) Kolmen vuoden kuluttua vuonna 1991 Hollming Oy, Rauma Oy ja valtio perustivat Finnyards Oy:n. Tällöin Hollming Oy:n laivanrakennus päättyi. Samalla Aquamaster-Rauma Oy:stä tuli osa Finnyards Oy:tä. Uusi yhtiö jatkoi kesken olleita projekteja ja rakensi lisäksi uusia sota-aluksia, matkustajalaivoja ja muutaman loistoristeilijän. (Hollming Oy. Hollming-historia. 2015.)

Vuonna 1995 englantilainen laiva- ase- ja lentokoneeteollisuuteen keskittynyt yhtiö, Vickers, osti Aquamaster-Rauma Oy:n itselleen. Myöhemmin potkurilaitteita valmistanut ruotsalaisen KAMEWA Ab:n (Karlstads Mekaniska Werkstad) ja Vickersin välinen yhteistyö johti nimen vaihtumiseen Kamewa Finland Oy:si vuonna 1997. Rolls-Royce osti koko Vickers yhtiön itselleen vuonna 2000, jolloin myös nimi vaihtui Rolls-Royce Oy Ab:ksi. (Steerprop. 2015. sisäinen tietokanta)

Samana vuonna kun Rolls-Royce osti Vickersin, tärkeät avainhenkilöt päättivät jättää yhtiön ja perustaa oman yrityksen. Siirtyneillä perustajilla oli parhaat tiedot ja taidot perustaa propulsiolaitteita valmistava yritys. Yritys sai nimekseen Steerprop Oy. Se alkoi valmistaa potkurilaitteita ensin Kankaanpäässä pienissä tiloissa. Vähitellen tuotanto siirtyi

vuokratiloihin Rauman sataman halliin 44, josta ensin vuokrattiin pienempi alue kokoonpanoa varten. Vuokrattava alue kasvoi vuosien aikana toiminnan kasvun myötä. Nykyisin koko halli on Steerpropin käytössä. Kesällä 2014 suurempien laitteiden kokoonpano siirtyi Hakunintieltä yhteen entisen Rauman STX:n telakan halliin.

Tulevaisuus näyttää valoisalta, vaikka maailman taloudellinen tilanne on pienessä laskusuhdanteessa. Steerprop pyrkii nyt panostamaan tuotantonsa tehostamiseen ja laitteidensa kehittämiseen, jotta tulevaisuuden tuomat haasteet ja mahdollisuudet voitaisiin paremmin ottaa vastaan.

2.2 Toimintatavat

Yritys toimii Rauman sataman Hakunintiellä sekä entisen Rauman STX:n telakan tiloissa. Steerprop työllistää suoraan 52 henkilöä, joista valtaosa on toimihenkilöitä. Yrityksen toimenkuvaan kuuluvat laitteiden suunnittelu, kokoonpano, testaus, markkinointi ja huoltopalvelut. (Steerprop 2015. sisäinen tietokanta)

Alihankkijoiden kautta työllistettyjä on noin 400 henkilöä. Yrityksen kokoonpanolinja toimii myös vuokratyövoimalla lukuun ottamatta työnjohtoa ja varastohenkilökuntaa. (Mäkilä J. tuotantopäällikkö. 2014. Haastattelu 25.11.2014. Haastattelija Saarinen T. Rauma)

2.2.1 Toimittajat

Steerprop ei valmista laitteidensa komponentteja, vaan kaikki osat tilataan alihankkijoilta. Steerprop suosii lähiseutujen toimittajia, mutta suurin osa laitteiden suurimmista ja kalliimmista osista tulee ulkomailta. Lähes kaikki koneistetut osat tulevat kuitenkin kotimaisilta konepajoilta. Yhteensä yrityksellä on noin 100 osatoimittajaa. Toimijoiden verkko tilauksissa on siis varsin laaja, vaikka se pyrkii keskittämään samoille alihankkijoille ja toimittajille mahdollisimman paljon tilauksia. (Mäkilä J. 2014. Haastattelu ym.)

Useamman toimittajan käyttö tarkoittaa monimutkaisempaa kokonaisuutta, jota on hallittava toiminnanohjausjärjestelmällä. Kaikkien toimittajien laaduntuottokykyä ja toimitusvarmuutta seurataan säännöllisesti. Avainkomponenttien toimittajat auditoidaan. Jokaiselle komponentille on vaihtoehtoinen toimittaja, jota käytetään kun ensimmäinen toimittaja osoittautuu epävarmaksi tai toimitusaika venyy. (Mäkilä J. 2014. Haastattelu ym.)

2.2.2 Projekteihin perustuva toiminta

Steerprop ostaa kaikki komponentit työnumeroon korvamerkittynä. Ensin vastaanotetaan laitetilaus asiakkaalta. Sen jälkeen alihankkijat toimittavat tarvittavat komponentit tiettyyn päivämäärään mennessä kokoonpanohallille, jossa ne kootaan toimivaksi laitteeksi. Lähes kaikki osat tilataan kerralla. Varastoissa on joitain perusosia kuten pultteja, hydraulikkaosia ja tarvikkeita, jolloin suurta pääomaa ei ole sijoittunut varastossa lojuviin kalliisiin osiin. (Mäkilä J. 2014. Haastattelu ym.)

Tämä toimintamalli edustaa imuohjausta. Se on toimintatapa, jossa asiakkaan tilaus käynnistää hankinta- ja valmistusprosessin. Tämä on tehostettu ohjaustapa, jossa materiaalin ohjaus määräytyy kulutuksen mukaan. Sen avulla saavutetaan lyhyet läpimenoajat ja mahdollistetaan asiakasräätälöinnit eli voidaan tehdä tuote asiakkaan toiveiden mukaan. Se mahdollistaa myös Steerpropin pienet osa- ja valmistuotevarastot. Usein tämä vaatii ennustusta tulevaisuuden tarpeista. Se luokin omat haasteensa tuotannon suunnittelussa tulevaisuutta varten. (Mäkilä J. 2014. Haastattelu ym.)

2.3 Tuotteet

Steerprop Oy valmistaa ohjattavia Azimuth -propulsiolaitteita. Laitteiden tärkeimpänä ominaisuutena on niiden rajaton 360 ° kääntyminen. Laitteiden perustana on pitkäaikainen ja laadukas kokemus ja nykyaikainen tekniikka, joita yhteen soveltamalla saadaan aikaan luotettavia, energiataloudellisia ja ympäristöystävällisiä propulsioratkaisuja. Käyttökohteita ovat: Hinaajat, työalukset, tutkimusalukset, matkustaja-alukset, autolautat ja rahtilaivat. Yritys keskittyy pääasiassa jäävahvisteisten laitteiden toimittamiseen arktisten merien vaativiin vesiin ja olosuhteisiin. Yritys valmistaa laitteita, joissa on joko kaksi potkuria tai vain yksi potkuri ilman suulaketta tai suulakkeella. Kuvassa 1. on Steerpropin laitemalliston eri laitemalleja. (Steerprop 2015. sisäinen tietokanta)

Steerpropin laitteet ovat kuormituskestävyyden, käyttömukavuuden, luotettavuuden, hyötysuhteen ja taloudellisuuden kannalta alan parhaimmista. Laitteita kehitetään ja testataan jatkuvasti, jotta tuotteet olisivat mahdollisimman nykyaikaisia ja tehokkaita. Tuotteiksi voidaan vielä lisätä laitteiden asennuspalvelu ja huoltopalvelu, joiden avulla yritys huolehtii niin uusien kuin käytettyjenkin laitteiden toimivuudesta. (Steerprop 2015. sisäinen tietokanta)



KUVA 1. Steerpropin erilaisia propulsiolaitteita (Steerprop 2015. sisäinen tietokanta)

2.3.1 Propulsiolaitteet

Steerpropin ykköstuotteena voidaan pitää tuplapotkurilaitteita eli SP10...45 CRP -laitteita (KUVA 2), joissa potkurit pyörivät rungon eri päissä vastakkaisiin suuntiin. Toinen potkuri työntää ja toinen vetää. Potkurilaitteen komponentit kuormittuvat vähemmän, kun voima jaetaan kahteen eri paikkaan. Näin potkurien kokoa voidaan suurentaa ja kierrosnopeutta pienentää. Pienentynyt kierrosnopeus aiheuttaa pienemmän värinän ja pienemmän kavitaation. Taaempi potkuri saa lisävoimaa edessä työtä tekevältä etupotkurilta, joka antaa taaemmalle potkurille valmiiksi liikkeessä olevaa vettä. Tällä saavutetaan parempi taloudellisuus. Tehoalue rajoittuu välille 800–3600 kW. Tällä potkurimallilla Steerprop aloitti vuonna 2000 tähän päivään jatkuneen menestyksensä. Vastaavaa laitetta ei valmisteta missään muualla. (Steerprop 2015. sisäinen tietokanta)



KUVA 2. Steerprop SP 25 CRP eli tuplapotkurilaite (Steerprop 2015. sisäinen tietokanta)

Steerpropin yksipotkuriset propulsiolaitteet eli SP10...80 laitteet on saatavana joko suulakkeellisena (KUVA 3) tai ilman suulaketta. Suulakkeellista potkurilaitetta käytetään erityisesti hinaajissa (KUVA 4), joissa tarvitaan suuri paaluvetovoima eli voima, jolla hinaaja jaksaa vetää tai työntää työkohdettaan. Laitteiden tehoalue on alueella 800–7000 kW (Steerprop 2015. sisäinen tietokanta)



KUVA 3. Steerprop SP50 D eli suulakkeellinen potkurilaite (Steerprop 2015. sisäinen tietokanta)



KUVA 4. Hinaaja työssään (Steerprop 2015. sisäinen tietokanta)

Steerpropin uusiin tuotteisiin kuuluu SP CRP ECO (KUVA 5), joka on täysin uudestaan suunniteltu CRP -laite. Sen runko on paljon edellistä virtaviivaisempi ja siinä on uudenlainen voitelujärjestelmä, jossa tarvitaan normaalia vähemmän öljyä. Lisäksi potkuriakselilla on uudenlainen ilmalla paineistettu tiiviste, joka on luontoystävällisempi kuin edeltäjänsä. Laitetta on saatavana 5000–25000 kW suuruisena, joten se soveltuu suuriinkin aluksiin. (Steerprop 2015. sisäinen tietokanta)



KUVA 5. Steerprop CRP ECO (Steerprop 2015. sisäinen tietokanta)

Kun yksipotkurinen potkurilaite suunnitellaan potkuri kohti laivan keulaa, on se vetävätyyppinen eli Steerprop PULL (KUVA 6). Se on suunniteltu erityisesti raskaaseen jäämurtajakäyttöön, koska sillä voidaan myös kevyesti jauhaa edestä tulevaa jäätä. Muoto myös sallii kohtalaisen korkeat ajonopeudet. Laitetta on saatavana 16000 kW:iin asti. (Steerprop 2015. sisäinen tietokanta)



KUVA 6. Steerprop PULL eli vetävä potkurilaite (Steerprop 2015. sisäinen tietokanta)

Steerpropilla on myös arktisille merille tarkoitettuja potkurilaitteita. Kaikki edellä mainitut potkurilaitemallit on saatavana vahvistettuina ja jääajoon suunniteltuina versioina. Nämä laitteet saavat peräänsä kirjainyhdistelmän ARC.

2.4 Asiakkaat ja Markkinat

Pääasiassa asiakkaita ovat laivayhtiöt, jotka rakentavat aluksia offshore, kuljetus- ja työkäyttöön tai yrityksiä, jotka uudistavat propulsiojärjestelmiä vanhempiin aluksiinsa. Suurin osa markkinoista on ulkomailla. Liikevaihdosta lähes 100 % muodostuu ulkomaan viennistä. Suurimpia vientimaita ovat Venäjä, Norja, Kiina, ja Yhdysvallat. Aasian markkinaosuus on viimevuosina kasvanut voimakkaasti ja sen odotetaan kasvavan edelleen. (Steerprop 2015. sisäinen tietokanta)

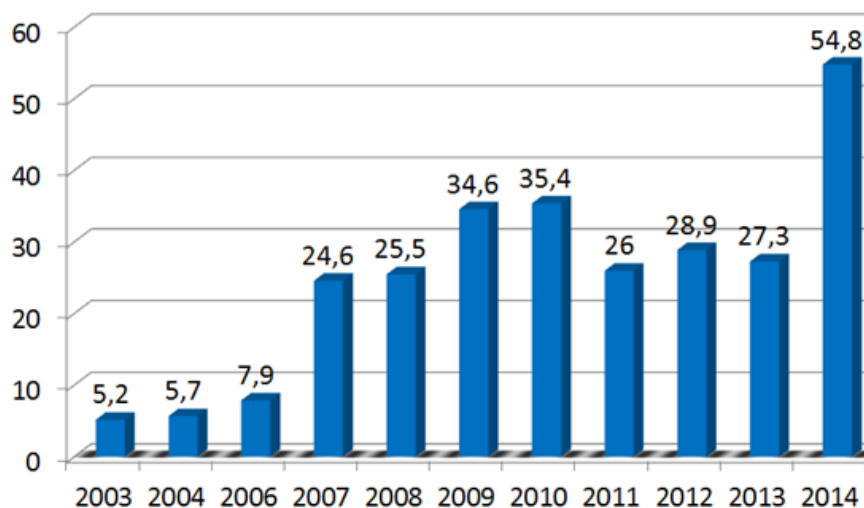
Laitteita huolletaan säännöllisesti ja usein laitteiden huollon hoitaa Steerpropin oma huoltoyksikkö. Määräaikaisten tarkastusten ja huoltojen takia jokainen vanha laite huolletaan. Vanhat asiakkaat pysyvät siis tiiviisti yrityksen asiakkaina myös laitteen toimituksen jälkeen. Laitekannan kasvaessa on odotettavissa, että huoltopalvelujen osuus liikevaihdosta tulee kasvamaan nykyisestä.

2.5 Tunnusluvut

Steerpropin liikevaihto ja tulos ovat kasvaneet tasaisesti aina yrityksen perustamisesta alkaen (KUVIO 1). Tilikaudella 2012–2013 yrityksen liikevaihto oli reilut 27 miljoonaa, josta voittoa oli 3,4 miljoonaa euroa. Tilikaudella 2013–2014 Steerprop Oy:n liikevaihto oli 55 miljoonaa euroa, josta voittoa oli 6,4 miljoonaa euroa. Kasvua näinä vuosina oli reilusti, mutta nyt taloudellisen ja poliittisen epävakauden aikana noususuhdanne on kääntynyt laskuun. Erityisesti potkurilaitteiden menekkiin on vaikuttanut offshore-puolen hiljaisuus, mikä johtuu öljyn tämänhetkisestä alhaisesta hinnasta. (Steerprop. 2015. sisäinen tietokanta)

Kauppalehden yritystiedoissa Steerpropin omavaraisuusaste oli vuonna 2014 61,2 % ja yritys oli rankattu Satakunnan 13. parhaaksi menestyjäksi ja viidenneksi parhaaksi tuloksentekijäksi. Kauppalehti arvioi yrityksen kannattavuutta erinomaiseksi, kun mitataan pääoman tuottoa. (Kauppalehti 23.7.2015)

LIKEVAIHTO Milj. €



KUVIO 1. Steerprop Oy:n liikevaihdon kehitys vuosina 2003–2014

Tilikaudella 2014–2015 liikevaihto oli 47,7 miljoonaa euroa, josta voittoa oli 5,4 miljoonaa. Seuraavan tilikauden odotetaan olevan vielä hiljaisempi liikevaihdon ollessa noin 40 miljoonaa euroa. Steerprop pyrkii kuitenkin vahvistamaan omia resurssejaan ja henkilöstöään, jotta se on valmiina vahvaan toimintaan, kun markkinat taas käyvät kuumina. (Steerprop. 2015. sisäinen tietokanta)

3 TUOTANNON KEHITTÄMISEN TYÖKALUT

Jotta tuotanto voitaisiin pitää kilpailukykyisenä, toimivana, tehokkaana ja joustavana, on pystyttävä huomaamaan, analysoimaan ja korjaamaan tuotannon puutteita. Tuotannon kehittämiseen on olemassa lukuisia työkaluja, joiden avulla voidaan tuotanto pitää nykyaikaisena. Tässä luvussa käsitellään keskeisimpiä tuotannon kehitystyökaluja.

3.1 Lean

Lean-ajattelu on yksi tuotannon kehitystyökalu, joka on peräisin japanilaisesta Toyotan autoteollisuudesta. Sen periaatteena on poistaa tai ainakin vähentää tuotannossa esiintyviä turhuuksia, hukkia, jotka eivät tuota lopulliselle tuotteelle tai palvelulle lisäarvoa. Sen tavoitteena on sen sijaan lisätä toimintoja, jotka lisäävät arvoa. Periaatteena on, että tarvittava toimenpide tehdään oikeassa paikassa oikeaan aikaan ja oikeanlaisella laadulla. Lean-ajattelussa on eritelty kahdeksan (7+1) hukan lajia, joita pyritään karsimaan. (Logistiikan Maailma. Lean-ajattelu. 2015)

Lean-tuotannosta kirjoja kirjoittava kirjailija Debashis Sarkar (2009) erittelee kolumnissaan kaikki kahdeksan hukan lajia:

1. Ensimmäinen hukan laji on turha liike. Tehtaalla työntekijät liikkuvat vapaasti, mutta osa liikkeistä kuten kävelystä ja työliikkeistä eivät tuota tuotteelle lisäarvoa. Tällaista turhaa liikettä on mm. osien tai työkalujen hakeminen kauempaa kuin omalta työpisteeltä. Kaikki liikeradat pyritään minimoimaan.
2. Toinen hukan laji on turha odottaminen. Aika, jonka työntekijät ovat toimettona tuotannossa, on tuotantoprosessin kannalta hyödytöntä, koska harvoin odotus toimettona tuo lisäarvoa valmistettavaan tuotteeseen. Tällaista odottelua on esimerkiksi eri kokoonpanopisteiden välissä, kun edelliseltä pisteeltä odotetaan komponentteja ennen kuin voidaan työtä jatkaa.
3. Kolmas hukan laji on turha kuljettaminen. Välimatkat ovat usein varastojen ja tuotantolaitosten välillä pitkiä. Jossain tapauksissa myös välimatkat ovat kokoonpanon ja tuotannon sisällä pitkiä. Lean-ajattelutavan mukaan kaikki turha välimatka ja siitä koitua kuljettaminen on arvoa tuottamatonta ja siksi epäsuotavaa.

4. Neljäs hukka ajattelutavan mukaan on väärä valmistusmenetelmä. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi sitä, että jos yritys haluaa itse valmistaa muutaman pienen sorvattavan kappaleen, on turha ostaa moniakselista NC -ohjattua sorvia, jos tekemiseen sopii normaali manuaalisorvi.
5. Viides hukka on vialliset tuotteet. Viallisia tuotteita ei kannata valmistaa ainuttakaan kappaletta, koska niistä syntyy ainoastaan negatiivisia kuluja. Näitä kuluja ovat esimerkiksi korjaustyöt, materiaalihukat, hukatut työtunnit ja maineen nuhraantuminen.
6. Kuudes hukan laji on ylituotanto. Jos tuotetaan enemmän tuotteita, kuin niitä pystytään myymään eteenpäin, on se turhaa. Ylisuuret tuotantomäärät tarkoittavat monien kulujen kasvamista. Kaikki tuotantokulut kasvavat. Näitä kuluja ovat esimerkiksi materiaalikustannukset, henkilöstökulut, valmistuskulut ja varsinkin varastointikulut, joita pyritään välttämään. Kun kulut kasvavat eikä myynnin kautta saada niille vastaavaa korvaavaa rahaa, on yritys pulassa.
7. Seitsemäs hukka on turha varastointi. Turhaa varastointia pyritään käyttämään mahdollisimman vähän, koska se ei tuota varastoitaville tuotteille lisäarvoa. Myös pääoman sijoittuminen varastoon on huono asia, koska sen pääoman voisi käyttää mm. tuotannon kehittämiseen ja muihin investointeihin.
8. Kahdeksantena hukkana voidaan pitää yrityksen henkilökunnan luovuuden käyttämättä jättämistä. Henkilöstöllä saattaa olla mielessään huima määrä kehitysehdotuksia, joiden avulla tuottavuutta ja läpimenoaikaa voitaisiin kehittää tehostaa. Tämän luovuuden käyttämättömyys rajaa yrityksen omaa luovuutta ja vähentää jatkuvaa kehitystä. (Sarkar D. Kirjailija. Kolumni. 2009)

3.2 Kaizen

Jatkuva parantaminen eli japanilainen kaizen on yksi tuotannon kehittämisen työkalu. Sen mukaan menestyvän ja hyvin organisoidun yrityksen tulee parantaa edelleen toimintaansa. Jatkuvan parantamisen tarkoituksena on luoda huippukorkeat laatuvaatimukset. (Vonderembse & White 1996. 93)

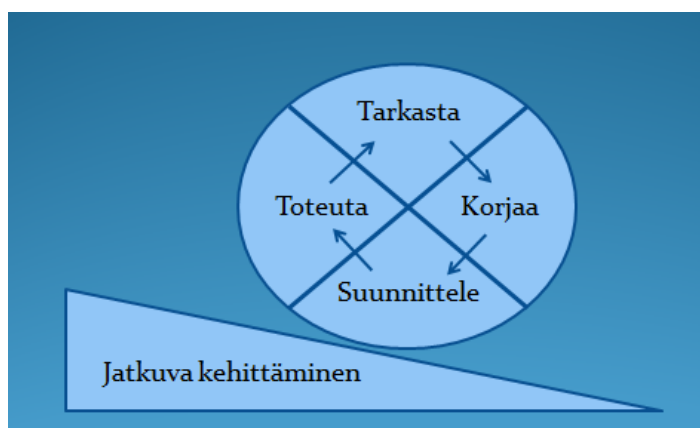
Vonderembsen & Whiten (1996. 94) mukaan jatkuvan parantamisen filosofian voi sovit-
taa yrityksen toimintaan, kun

- yrityksen toimintatapa on standardisoitua ja dokumentoitua
- yritykseen on perustettu ryhmä, joka etsii puutteita ja korjaa niitä
- yrityksellä on käytössä ongelmien analysointi- ja ratkaisutyökalut
- yritys käyttää PDCA(Plan-Do-Check-Act) -menettelyä
- yritys dokumentoi tehdyt parannukset.

Standardisointi ja dokumentointi muodostavat jatkuvan parantamisen filosofian perustan. Niiden avulla voidaan seurata ennen tehtyjen menetelmien, nykyisten menetelmien ja tulevien menetelmien toimivuutta, tehokkuutta ja muuta dataa. (Vonderembse & White 1996. 94)

Jatkuvan kehittämisen kehä eli PDCA(Plan-Do-Check-Act) on klassinen ongelmanratkaisu- ja kehittämismalli. Kuviossa 2. on PDCA -ympyrä. Ongelman ilmetessä mallin mukaan edetään neljän vaiheen mukaan:

1. Suunnittele tehtävät toimenpiteet ja käytettävät työkalut.
2. Toteuta tehdyt muutokset ja dokumentoi ne.
3. Tarkasta tehdyt muutokset ja analysoi, onko parannus onnistunut.
4. Korjaa mahdolliset puutteet ja keskustele muiden kanssa muutosten toimivuudesta. (Vonderembse & White 1996. 94)



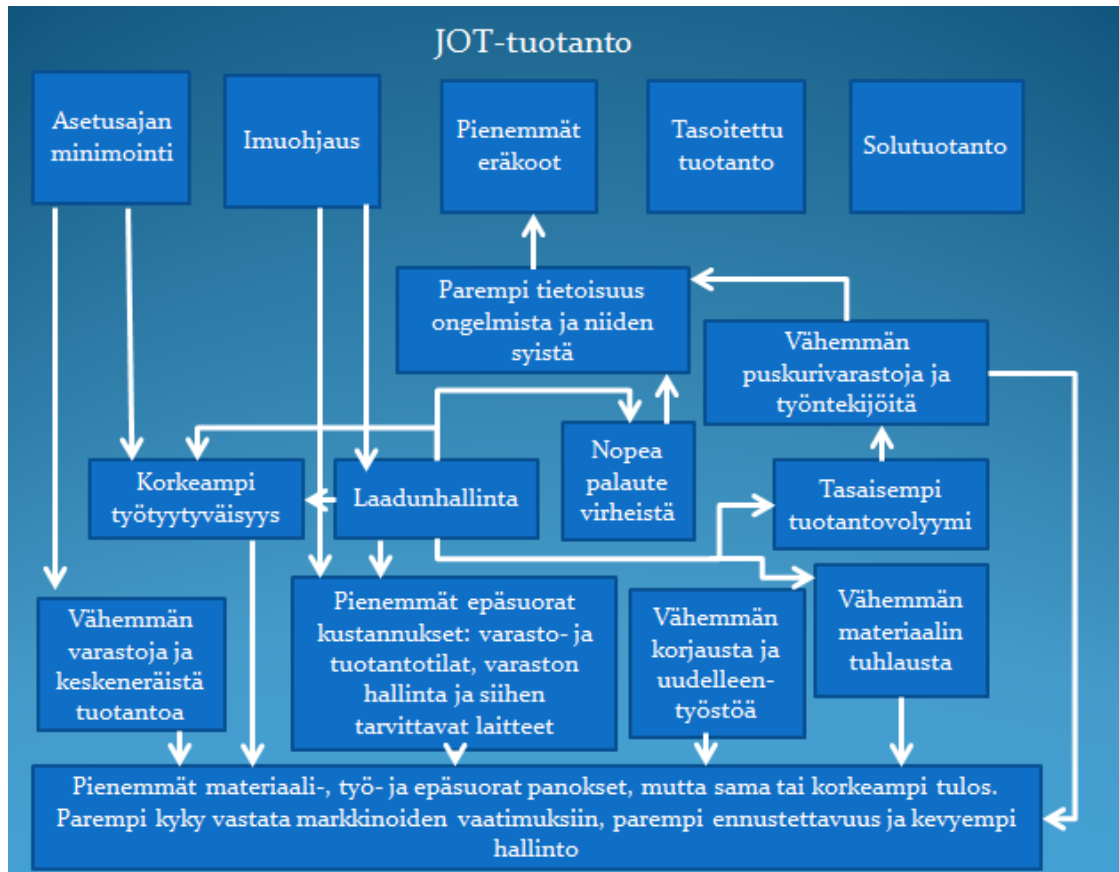
KUVIO 2. PDCA -ympyrä (mukaillen Vonderembsen 1996. 95)

3.3 JIT Just-In-Time

Toyotan kehittämä Just-In-Time filosofia on erityisesti varaston hallintaan käytetty työkalu. JIT perustuu siihen, että varastoa olisi mahdollisimman vähän. JIT-filosofia ei pelkää ole varaston hallintatyökalu, vaan Vonderembsen ja Whiten (1996) mukaan JIT on filosofia, jonka avulla voidaan maksimoida tuotannon hyötysuhteita ja vähentää siellä syntyviä hukkia. Samalla on mahdollista vahvistaa yrityksen ostotoimintaa, insinööri-työtä, markkinointia ja laadunhallintaa. (Vonderembse & White 1996. 639)

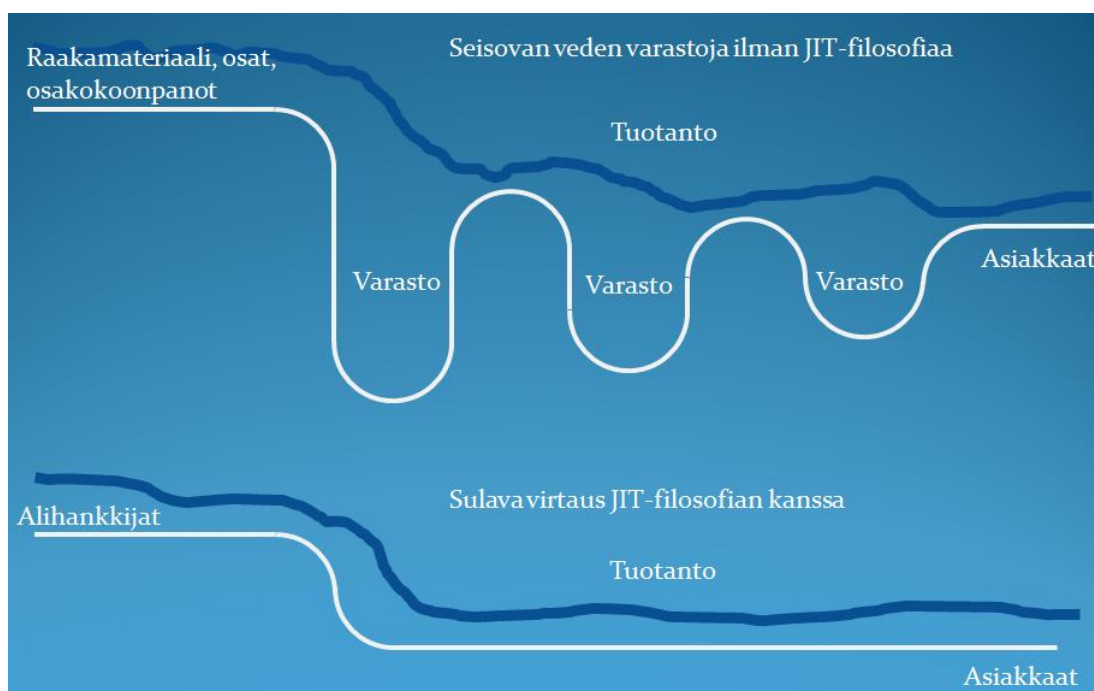
Keskeisenä ideana on, että tuotannon tarvitsemat komponentit tulisivat juuri oikeaan aikaan oikeaan paikkaan oikea tarvittu määrä. Näin pystytään vähentämään turhaa varastointia ja siihen kulunutta aikaa ja pääomaa. Samalla pystytään havainnoimaan varaston sisältämät puutteet, kun komponentteja ei ole ylimäärin. Filosofialla on myös ongelmansa. Kun jokin kriittinen komponentti on väärä tai vioittunut, ei voida varastosta ottaa nopeasti korvaavaa osaa. Tästä seuraa myös laadun paraneminen, koska virheisiin ei ole varaa. (Vonderembse & White 1996. 640–642)

Suomessa JIT-tuotanto on sovellettu JOT-tuotannoksi (KUVIO 3), joka tulee sanoista: juuri oikeaan tarpeeseen. Periaatteena on, ettei mitään valmisteta liian aikaisin, vaan tuotanto toimii tarkan suunnitellun aikataulun puitteissa. Läpäisyäikää pienennetään täsmenämällä materiaalivirrat mahdollisimman oikeiksi ja poistamalla ylimääräiset välivarastot. (Peltonen A. Tuottava tehdas 1998. Opetushallitus)



KUVIO 3. JOT-tuotanto (Mukaiillen Peltonen A. Tuottava tehdas 1998. Opetushallitus)

Vonderembse ja White (1996) kuvaavat JIT:n avulla saatavaa tuotannon virtaa eräänlaiseksi puroksi (KUVIO 4), jossa ei ole turhia vesialtaita eli varastoja, vaan vesi virtaa tasaisesti kohti asiakkaita. Kuviossa ylempi puro kuvaa tuotantoa, joka on riippuvainen raakamateriaaleista, osista ja tuotannon varastotasoista. Jos yksikin varasto tyhjenee, hiljenee koko puro, eikä asiakkaille tule vastinetta. Alemmassa purossa virta on jatkuva. Jatkuvan puron edellytyksenä on toimiva hankintaverkko ja toimivat alihankkijat. Molemmissa puroissa veden määrä kuvaa tuotannossa kiinni olevaa pääomaa. (Vonderembse & White 1996. 641)



KUVIO 4. Veden analogia JIT-filosofiassa (mukaillen Vonderembse & White 1997. 641)

3.4 Kanban

Kun JIT-tuotantoa käytetään, joudutaan käyttämään työkaluja, joiden avulla voidaan kommunikoida erilaisten komponenttien ja vaiheiden tarpeista. Toyotan kehittämä kommunikointitapa on korttien (kanban) käyttäminen. Kanban on japaninkielinen sana, joka tarkoittaa yksinkertaisesti näkyvää signaalia tai merkkiä. Merkin tarkoituksena on kertoa alemmille toimijoille, että on syntynyt tarve lisämateriaalille tai lisäosille. (Vonderembse & White 1997. 645)

Tämä kanbanohjaus on imuohjaustekniikka, joka perustuu edellä mainittuihin kanbankortteihin. Kanbankortit jaetaan kahteen tyyppiin: kuljetukseen (conveyance) ja tuotantoon (production) perustuvaan kanbaniin. Kuljetuskorttien avulla osatoimittajat tietävät jatkuvasti, kuinka paljon asiakas tarvitsee uusia osia. Esimerkiksi asiakkaan kokoonpanolinjalla kerrotaan kanbankortein, kuinka paljon osia on kulunut. Kortti palaa osatoimittajalle, jolloin menekkiin on helppo reagoida, Tuotantokanban on periaatteessa samanlainen kuin kuljetuskanban, mutta se on esimerkiksi juuri osatoimittajan sisäisessä käytössä varaston ja tuotannon välillä. (Haverila M, Uusi-Rauva E. & Kouri I. 2009. Teollisuustalous. 423–424)

3.5 5 S

5 S on Japanissa kehitetty työpaikan tuottavuuden ja turvallisuuden kehittämiseen tarkoitettu työkalu. Sen keskeisenä sisältönä on paremman layoutin kehittäminen ja toteutus. Tuotannon kaikki koneet ja työkalut pyritään järjestelemään ja merkitsemään niin, että niiden etsimiseen ja käyttöönottoon kuluisi mahdollisimman vähän aikaa. Samalla henkilöstön työhyvinvointi kasvaa ja tuottavuus paranee, kun työpaikka on siisti ja ergonominen. (Tuottavuus- ja tuloksellisuustyö. 5 S on laatu järjestelmä. Luettu 6.7.2015)

Tuottavuus- ja tuloksellisuustyön sivustolla listataan 5S:n viisi keskeistä vaihetta. Näiden viiden vaiheen avulla on mahdollista päästä haluttuun lopputulokseen. Viisi vaihetta ovat:

1. Sortteeraa ja lajittele – Tavoitteena on poistaa kaikki turha työpaikalta. Työtiloissa voi olla ylimääräisiä työkaluja, jotka pitää karsia pois, jotta vapautuisi lisää tilaa käyttöön.
2. Systematsoi ja järjestä – Työpaikan järjestely selkeäksi kokonaisuudeksi vaatii esimerkiksi työasemien, kulkuväylien ja varastojen selkeää rajausta ja merkintää.
3. Siivoa ja huolla – Laaditaan työpaikalle siivous- ja huolto-ohjelma, jonka puitteissa työpaikka pidetään toimivana ja siistinä päivittäin.
4. Standardisoi ja vakiinnuta – Kaikki hyvät toiminnot vakiinnutetaan yrityksen käytäntöihin, jotta niitä on helppo käyttää ja kehittää jatkossakin.
5. Seuraa ja kehitä edelleen – Standardoituja käytäntöjä ja ratkaisuja on seurattava jatkuvasti kriittisesti ja löydettävä uudet kehityskohteet. Näin yritys pysyy kilpailukykyisenä tulevaisuudessakin. (Tuottavuus- ja tuloksellisuustyö. 5 S on laatu järjestelmä. Luettu: 6.7.2015)

4 MANUAALINEN KOKOONPANO

Kokoonpano on omassa tehtaassa eri vaiheissa valmistettujen ja muualta hankittujen osien sekä standardikomponenttien ja -tarvikkeiden yhteen liittämistä. Lopputuloksena saadaan valmis tuote tai osakomponentti. Mikäli kokoonpano tehdään esimerkiksi asiakkaan luona, puhutaan silloin asennuksesta. Kokoonpanotyö pyritään tekemään sille tarkoitettussa ympäristössä ja siihen tarkoitetuilla työkaluilla ja -menetelmillä. Kokoonpano on pysynyt käsityönä, vaikka automaatio hoitaakin osan komponenttien valmistusvaiheista. (Kauppinen 1997. 111)

Luonnollisesti erilaiset tuotteet vaativat erilaiset kokoonpanomenetelmät ja -tavat. Pienten laitteiden kokoonpano voidaan automatisoida kun taas suurempia laitteita ei voida valmistaa ilman suuria nostureita ja käsityötä. Manuaalinen menetelmä on kokoonpanon perinteinen vaihtoehto. Kokoonpanija eli asentaja kokoaa tuotteen eri komponenteista joko omalla työpöydällä tai jos kappaleet ovat suuria, kootaan ne lattialla tai siihen tarkoitettulla pukilla. Asentaja kokoaa tuotteen standardiosista ja sitä varten valmistetuista komponenteista. Komponenttien asennusjärjestyksen ja -asennusarvot asentaja näkee hänelle annetuista piirustuksista ja kokoonpanokuvista. (Kauppinen 1997. 111)

Kauppinen (1997) mukaan kokoonpanotyön osuus koko tuotteen valmistusajasta on usein jopa 20–40 %. Pienerätuotannon kokoonpanotyöntekijät ovat hyvin ammattitaitoisia, ja pystyvät työskentelemään itsenäisesti ja organisoivasti. Jos tuotantotiloissa on paljon keskeneräisiä töitä, sitoo se paljon ylimääräistä pääomaa keskeneräiseen tuotantoon ja sen varastointiin. Kokoonpano sisältää kappaleiden käsittelyä, siirtämistä, varastointia, liittämistä, sovittamista ja tarkastamista. Näistä lopulliselle tuotteelle vain liittäminen tuo lisäarvoa. Kaikki muu toiminta on tuotteelle arvoa tuottamatonta. Kuitenkin ilman näitä kokoonpano ei onnistuisi. On kuitenkin muistettava, että ylimääräinen käsittely, siirtely, tarkastus ja varastointi aiheuttavat vain ylimääräisiä kustannuksia ja aikataulun venymistä. Siksi niiden osuus pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. (Kauppinen 1997. 111)

Kokoonpanon yhteyteen liitetään myös muita työvaiheita, kuten pintakäsittely, sähkötyöt, putkityöt, koeajo ja pakkaus. Kokoonpanoon voidaan liittää myös toimintoja kuten lopputarkastus, asennus ja asiakkaalle luovutus. (Kauppinen 1997. 112)

4.1 Manuaalisen kokoonpanon kehittäminen

Koska kokoonpanotyön osuus yritysten kustannus- ja tilankäyttöosuudesta on huomattava, on selvää, että sen kehittäminen ja parantaminen on tärkeää. Yritysten kehityskohteenä on liian harvoin kokoonpanotilojen ja kokoonpanoprosessin kehittäminen, vaikka niitä pystyisi kehittämään pienilläkin investoinneilla. (Kauppinen. 1997. 119)

Kokoonpanoprosessin kehittäminen on kaksiosainen: turhan työn poistaminen ja tarpeellisen työn kehittäminen. Kaikki työ, mikä tuotteen kokoonpanemiseksi tarvitaan parhaissa mahdollisissa oloissa, on tarpeellista työtä. Tätä työtä on mahdollista kehittää parempien työkalujen, laitteiden ja apuvälineiden avulla. Parempia apuvälineitä voivat olla esimerkiksi paremmat työpukit ja -pöydät sekä kappaleiden kuljetusvälineet. Kokoonpanossa valtaosa ajasta kuluu komponenttien ja kappaleiden turhaan siirtämiseen ja sovittamiseen. Osien kokoonpaneminen on kokoonpanoprosessin ydinaktiviteetti, joten muuhun käytetty aika on arvoa tuottamatonta. Usein vain kolmannes on tuotteen jalostamiseen käytettyä aikaa. Usein myös jalostusosuudessa on kehitettäviä epäkohtia. (Kauppinen. 1997. 121, 123)

Työmenetelmien kehittäminen perustuu lähes poikkeuksetta jo olemassa olevien tuotteiden valmistukseen. Usein turvaudutaan hyviksi todettuihin menetelmiin. Pitää kuitenkin olla avoin uusille kehitysideoille, eikä kahliutua vanhoihin metodeihin. Saaduista ideoista kannattaa karsia vain parhaimmat ja kehittää niitä yhdessä eri työntekijöiden kanssa. (Kauppinen. 1997. 122)

Kokoonpanoprosessi vaatii yllättävän paljon ennakkosuunnittelua, organisointia ja valmistelua toimiakseen joustavasti ja rationaalisesti. Suunnitteluun kuuluu vaiheiden, käytettyjen menetelmien, laitteiden ja työkalujen valinnat. Jos suunnittelu jätetään tekemättä konttorissa, joudutaan se kuitenkin tekemään kokoonpanolinjalla. Ennakkosuunnittelun vaikutus ja yhteys yrityksen tarvelaskentaan, osien valmistukseen, ostohankintaan, materiaalivarastoon ja markkinointiin on keskeinen. Sen avulla pystytään suunnittelemaan tuotannon aikataulutusta. Hyvällä organisoinnilla voidaan jalostavan työn osuus kasvat-
taa jopa kaksinkertaiseksi. (Kauppinen. 1997. 12, 122)

Kauppinen (1997.123) kertoo perusohjeet työmenetelmien kehittämiseen:

- Lyhennä etäisyyksiä.
- Helpota tarttumista.
- Suosi suoria liikeratoja.
- Mahdollista samanaikainen työskentely molemmilla käsillä.

Tuotesuunnittelulla on myös vaikutusta manuaalisen kokoonpanon sujuvuuteen ja tehokkuuteen. Valmistettavan tuotteen rakenne vaikuttaa suoraan kokoonpanon suoritustapaan. Kun komponentit sopivat paremmin yhteen, tarvitaan vähemmän sovittamista ja muokkaamista. Yksityiskohtaisen ja täsmällisen suunnittelun avulla kokoonpanoprosessi muuttuu nopeammaksi ja edullisemmaksi. (Kauppinen. 1997. 121)

Kauppinen mielestä kokoonpanotyö perustuu oikea-aikaiseen ja riittävän kattavaan informaation kulkemiseen. Antamalla kokoonpanotyöntekijöille tarvittava opetus kokoonpanotyön yksityiskohtaisesta etenemisestä voidaan kokoonpanotyötä tehostaa. Tarvittavat dokumentit voidaan antaa joko paperisena tai digitaalisena tietokoneelle. Kokoonpanon tärkeimpiä dokumentteja ovat kokoonpanopiirustukset, joiden avulla selviää kokoonpanojärjestys ja asennustiedot. Toinen tärkeä dokumentti on usein kokoonpanopiirustuksen mukana oleva osaluettelo (BOM – Bill Of Materials), josta selviää tarvittavat osat piirustusnumeroineen ja koodeineen sekä kokoonpanoon tarvittavien komponenttien lukumäärä. (Kauppinen. 1997. 122)

Kauppinen (1997.122) mukaan tuote voidaan koota, jos tiedetään

- mitä kootaan
- mitä komponentteja tarvitaan missäkin vaiheessa
- mitä työkaluja ja apuvälineitä työ vaatii
- miten kokoonpano tapahtuu
- kaikkien tarvittavien osien olevan paikalla, järjestyksessä ja lähellä
- työvoiman olevan ammattitaitoista
- puuttuvien osien tulevan ajallaan.

Kokoonpanon materiaalin saanti on ensiarvoisen tärkeää. Oleellista on, että tarvittavat materiaalit tulevat kokoonpanoon oikeaan aikaan oikeaan paikkaan. Komponenttien on saavuttava paikalle tarve-erittäin, jotta kokoonpanopaikan tila pysyy mahdollisimman siistinä, eikä muutu varastoalueeksi. Kun kokoonpanoalue muuttuu osaksi varastoaluetta, muuttuu kokoonpanoaluekin suuremmaksi ja asentajan kulkema matka pitenee. Trukkilavojen käyttö ei välttämättä ole paras ratkaisu komponenttien tuomisessa kokoonpanopisteelle, koska usein kappaleet ovat lavan kokoon nähden pieniä. Trukkikuljetukset vaativat myös selkeät ja puhtaat kulkuväylät kokoonpanopisteelle. Materiaalin liikkumisen voivat hoitaa kokoonpanohenkilökunta tai ulkopuolinen henkilöstö. (Kauppinen. 1997. 124)

Kokoonpanoprosessin materiaalin saantia voi parantaa esimerkiksi paternosterautomaatin avulla. Se on palettihissin kaltainen varastohyllystö, jossa paletit kulkevat ylös ja alas omaa silmukkamaista rataansa. Hyllystön edessä ovat käyttöpaneelit ja taso, johon halutut paletit voi tilata järjestelmästä. Paletteihin voi laittaa kaikenlaisia pieniä osia ja komponentteja, joita tarvitaan kokoonpanotyössä. Varastointiautomaatissa kaikki komponentit pysyvät puhtaina ja ovat nopeasti käytettävissä. Paternosterautomaatin avulla osia ei tarvitse etsiä kaukaa, vaan kaikki löytyy läheltä kokoonpanopistettä samasta paikasta. (Hänel. Rotomat Industrial Carousels. 2015)

Hyllystö käyttää hyväksi tilan korkeutta. Hyllystöjä on saavilla monessa eri koossa. Saatavilla on jopa 20 m korkuisia varastohissejä. Pienemmät hyllystöt sopivat esimerkiksi pulttien, mutterien ja tarvikkeiden varastoimiseen, kun suurempiin hyllystöautomaatteihin voidaan laittaa jopa tuhannen kilon kappaleita trukin avulla. Automaatteihin on saatavana myös tehokas ohjausjärjestelmä, jonka avulla varastotiedot saadaan yhdistettyä tietokoneeseen ja yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään. (Hänel. Rotomat Industrial Carousels. 2015)

Kuvassa 7. on saksalaisen Jungheinrichin valmistama hyllystöautomaatti. Kuvassa näkyy laitteen käyttöpaneeli, paletteja ja työtaso, josta partikkeleita lastataan laitteeseen ja otetaan pois. Toinen merkittävä valmistaja on Hänel, joka tulee myös Saksasta. Suomessa paternosterautomaatteja markkinoi Intermarketing Oy.



KUVA 7. Paternostervarasto (www.jungheinrich.com)

5 TUOTANNON MATERIAALIVIRRAT

Tuotannon materiaalivirrat syntyvät tuotannon sisällä liikkuvista ja varastoitavista materiaaleista ja tuotteista. Jos materiaalivirrat ovat sujuvasti liikkuvia ja pieniä, näkyy se tuotannon nopeana toimintana ja siitä syntyvänä asiakastytyvyytenä. Hyvän materiaalivirran saavuttamiseksi on oltava toimiva tietovirta, jolla materiaalin kulkua seurataan, ohjataan ja kehitetään. (Logistiikan Maailma. Tieto- raha ja materiaalivirrat. 2015)

5.1 Tuotannonohjaus

Tuotannon selkäranka on tapa, jolla sitä ohjataan. Tärkeimpiä ohjaustapoja ovat imu- ja työntöohjaus. Tuotannon ohjauksen perustana on liiketoimintasuunnitelma, jonka pohjalta tehdään karkea suunnitelma siitä, mitä, kuinka paljon, milloin ja miten valmistetaan. Suunnittelu kiteytyy tuotanto-ohjelman suunnitteluun, materiaaliarvelaskentaan ja lopuksi päivittäiseen tuotannon työpisteiden ja tuotannon hankintojen ohjaamiseen. (Logistiikan Maailma. Tuotannon ohjaus. 2015)

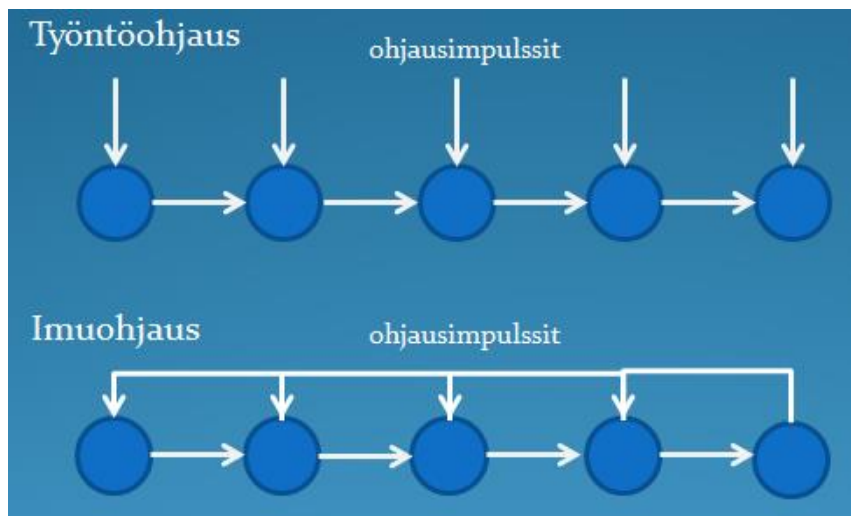
5.1.1 Työntöohjaus

Työntöohjaus on ennalta suunniteltu valmistussuunnitelma, jossa ohjataan suunniteltu tuotantoerä läpi tuotannon vaiheiden. Tämä on suosituin ohjausmenetelmä ja se soveltuu kaiken tyyppisiin tuotantomuotoihin. Työntöohjaus on kuitenkin käytännössä haastava, koska usein suunnitteluvaiheessa tehdyt suunnitelmat eivät ole toteuttamiskelpoisia, vaan tuotanto joutuu joustamaan suunnitelmista. Tämä usein johtaa siihen, että tuotannon pitkissä valmistusketjuissa syntyy välivarastoja, joiden seurauksena ohjaus vaikeutuu ja läpäisyajat pitenevät. Haastavuutensa takia toimintamalli vaatii selkeää ja helposti hallittavaa valmistusketjua, jossa toteutuvat hyvä laatu ja henkilöstön kurinalaisuus. (Haverila M, Uusi-Rauva E. & Kouri I. 2009. Teollisuustalous. 422)

5.1.2 Imuohjaus

Imuohjaus perustuu tuotannon tarpeisiin. Se toimii niin, että tarveimpulssit etenevät järjestyksessä valmistusketjun lopusta kohti ketjun alkupäätä. Käytännössä tarveimpulssit syntyvät kun vaiheiden väliset puskurivarastot tyhjenevät. Nämä puskurivarastot toimivat siis aikaisemmin tässä raportissa kerrottujen kanbankorttien tapaan. (Haverila M, Uusi-Rauva E. & Kouri I. 2009. Teollisuustalous. 422)

Imuohjaus toimii tuotannossa, jossa materiaalien ja osien menekki on tasainen, läpäisy-aika lyhyt ja toiminta on laadukasta. Laadun puuttuessa yhdenkin vaiheen ongelmat näkyvät koko tuotannon pysähtymisenä. Imuohjausta käytetään usein toimittajien ja osavalmistussosastojen ohjauksessa. Parhaiten se toimii kokoonpanon vakio-osien ohjauksessa. Imuohjaus sallii myös materiaalikirjanpidon pienet virheet, koska signaalit tulevat tuotannon tyhjistä osalaatikoista eikä kirjanpidosta. (Haverila M, Uusi-Rauva E. & Kouri I. 2009. Teollisuustalous. 422–423) Kuvio 5 näkyy ohjausimpulssien alkuperän erot työntö- ja imuohjauksessa.



KUVIO 5. Työntö- ja imuohjaus (mukaiillen Haverila 2009. Tuotantotalous. 423)

5.2 Läpäisy aika

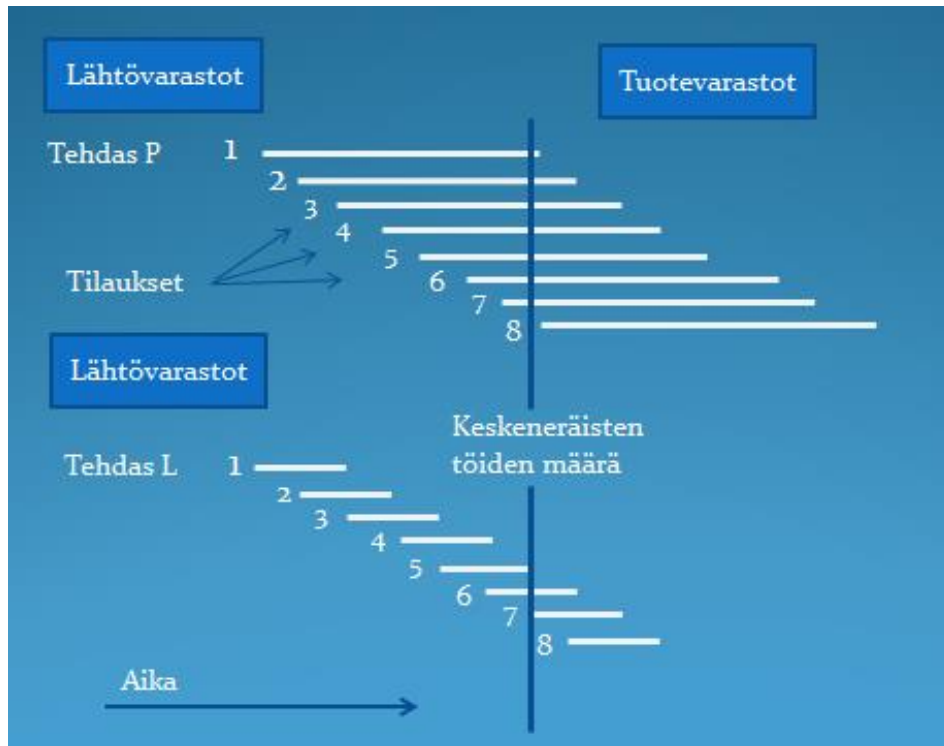
Läpäisy aika on yksi nykyajan tärkeimpiä tuotantojärjestelmän tehokkuuden käsitteitä ja mittareita. Läpäisyajalla tarkoitetaan toimintakokonaisuuden kestoa sen alkamisesta päätymiseen. Tällaisia toimintakokonaisuuksia ovat esimerkiksi kokoonpano, koneistus,

maalaus tai tilaus. Tilaukselle läpimeno muodostuu ajasta, joka kuuluu suunnitteluun, materiaalien hankintaan ja omaan tuotantoon. (Lapinleimu 1997. 53) Lämpäisy aika ei kuitenkaan kerro tuottavuutta tai tuotteen todellista valmistusaikaa. Useimmiten läpääisy ajasta murto osa on tuotetta jalostavaa ja suurin osa sen ohessa olevaa odotusaikaa. (Haverila M, Uusi-Rauva E. & Kouri I. 2009. Teollisuustalous. 401)

Tuotannon lyhyen läpääisy ajan on todettu vaikuttavan positiivisesti tuotteiden ja toiminnan laatuun, koska virheet ja häiriöt ilmenevät lyhyen läpääisy ajan seurauksena nopeasti, jolloin niiden lähteisiin ja syihin on helppo puuttua. Paremman layoutin ja selkeämmän materiaalivirran ansiosta henkilöstön on helpompi keskittyä omiin toimintoihin ja kehittää niitä. (Haverila M, Uusi-Rauva E. & Kouri I. 2009. Teollisuustalous. 407)

Lyhyet toimitusajat ovat mahdollisia kun läpääisy aika on saatu lyhyeksi. Samalla lyhyt läpääisy aika mahdollistaa tuotannon joustavamman ohjauksen ja antaa pelivaraa aikatauluun. Kun tilauksessa tuotannolle on annettu 4 viikkoa valmistusaikaa ja tuotantoon kuuluu normaalioloissa kaksi viikkoa, on mahdollista venyttää tuotantoa vielä kaksi viikkoa jos sille on tarvetta. Lyhyessä tuotannossa tilaukset tehdään peräkkäin kun taas pidemmässä läpääisy ajan valmistuksessa tilauksia tehdään rinnakkain samaan aikaan. Tässä etuna on, että työtä on samanaikaisesti vähemmän ja että työn järjestely on helpompaa. Kun työt tehdään peräkkäin, on myös keskeneräiseen työhön sitoutunut pääoma pienempi. (Lapinleimu 1997. 55)

Kuviossa 6. on kuvattu pitkän toimitusajan tehtaan P ja lyhyen toimitusajan tehtaan L tilauksia tuotantosuunnitelmassa. Tehdas P joutuu pitämään tuotevarastoa kun taas tehtaalla L on läpääisy aika lyhempi kuin markkinatoimitusaika, joten se ei tarvitse tuotevarastoa. Kuviosta voi myös huomata, että keskeneräisten töiden määrä on suoraan verrannollinen läpääisy aikaan. (Lapinleimu 1997. 56)



KUVIO 6. Läpäisyajan merkitys keskeneräisten töiden määrässä (Mukaiillen Lapinleimu 1997. 56)

Tuotannon läpäisyajojen lyhentäminen onnistuu valmistuserän pienentämisellä ja väli-varastojen poistamisella. Mitä pienempi valmistuserä on, sitä nopeampi on valmistusprosessi. Valmistusvaiheiden väliset väli-varastot on syytä pienentää tai poistaa kokonaan, jolloin eri työvaiheisiin menevät tuotteet eivät joudu turhaan odottamaan. Kun tuotannon materiaalivirtoja lyhennetään ja koneet sijoitetaan valmistusprosessin mukaiseen järjestykseen, pienenee myös läpäisy aika. (Haverila M, Uusi-Rauva E. & Kouri I. 2009. Teollisuustalous. 406)

Läpäisyaikaa voidaan lyhentää lyhentämällä työvaiheiden kestoja. Vaiheiden kestoja voidaan lyhentää esimerkiksi parantamalla koneiden suorituskykyä tai uusimalla kone monipuolisemmaksi, jolloin voidaan useampi vaihe tehdä yhdellä kertaa. Vaiheita voidaan myös lyhentää laitteiden paremmalla sijoittelulla tai yhdistämällä samanlaisia laitteita yhtenäisiksi soluiksi. Erityisesti kokoonpanon läpäisy aikaa voidaan lyhentää tekemällä osakokoonpanosoluja. Kokoonpanossa erityisen tärkeää on myös varmistaa, että osanvalmistus ja niiden toimitus kokoonpanolinjalle on saumatonta ja häiriötöntä. (Lapinleimu 1997. 56–58)

5.3 Pullonkaula-ajattelu

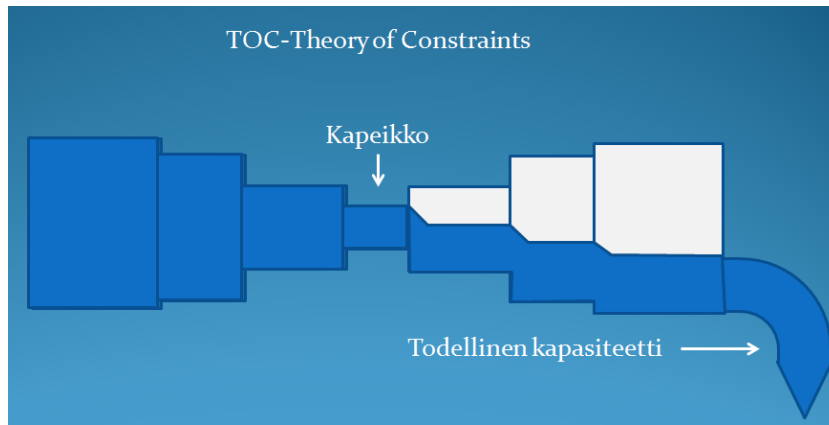
Pullonkaula-ajattelu eli Theory of Constraints (TOC) perustuu tuotannon suunnittelemiseen tuotannon hitaimman vaiheen tai kohdan mukaan. Eliyahy M. Goldratt (1984) on tämän ajattelutavan edelläkävijä kirjoittamallaan kirjallaan *The Goal*. Pullonkaula-ajattelun ensimmäisenä vaiheena on asettaa yrityksen tavoitteeksi rahan tekeminen. Tavoitteen toteutuminen riippuu siitä, että mikä on tehtaan tuottokapasiteetin, varastointikulujen ja toimintakulujen erotus. Näihin kolmeen vaikuttavaan tekijään on vaikutettava, mikäli haluaa tehtaasta tuottoisamman. Vonderembsen ja Whiten (1996) mukaan pullonkauloja eli kapeikkoja on kolmea tyyppiä:

- sisäisen resurssin kapeikot, kuten esimerkiksi hidas työstökone
- markkinakapeikot, joissa markkinoiden veto on pienempi kuin tehtaan kapasiteetti
- ja poliittiset kapeikot, kuten ylityön kieltäminen lailla. (Vonderembse & White 1996. 662)

Sisäisiin kapeikkoihin on helpoin vaikuttaa. Vonderembse ja White (1996) listaavat sarjan vaiheita, joiden mukaan kapeikkoja kannattaa käsitellä:

1. Tunnista systeemin kapeikot.
2. Määritä miten hyödyntää systeemin kapeikkoja.
3. Synkronoi kaikki muut toiminnot kapeikon mukaan.
4. Nosta kapeikon kapasiteettia niin, että tehtaalle saadaan korkeampi kapasiteetti.
5. Mikäli kapeikko on poistettu systeemistä, aloita uudelleen kohdasta yksi. (Vonderembse & White 1996. 662–663)

Usein käy niin, että vanhan kapeikon poistuttua syntyy uusi kapeikko, joka määrittää uudelleen tuotannon kapasiteetin. Kapeikkojen avulla pystytään siis suoraan vaikuttamaan tehtaan läpäisy aikaan, aikatauluun, eräkokoihin ja haluttuun kapasiteettiin. Kapeikko toimii siis tuotantoprosessin ohjauspisteenä. Tuotannossa on aina oltava kapeikko, koska jos sitä ei ole, kapasiteetti on joko ääretön tai nolla. (Vonderembse & White 1996. 663) Kuviossa 7. on esitetty veden virtauksella ja putkessa olevan kapeikon avulla tuotannon todellista kapasiteettia.



KUVIO 7. Kapeikkoajattelutavan mukainen tuotannon kapasiteetti

5.4 Varastointi

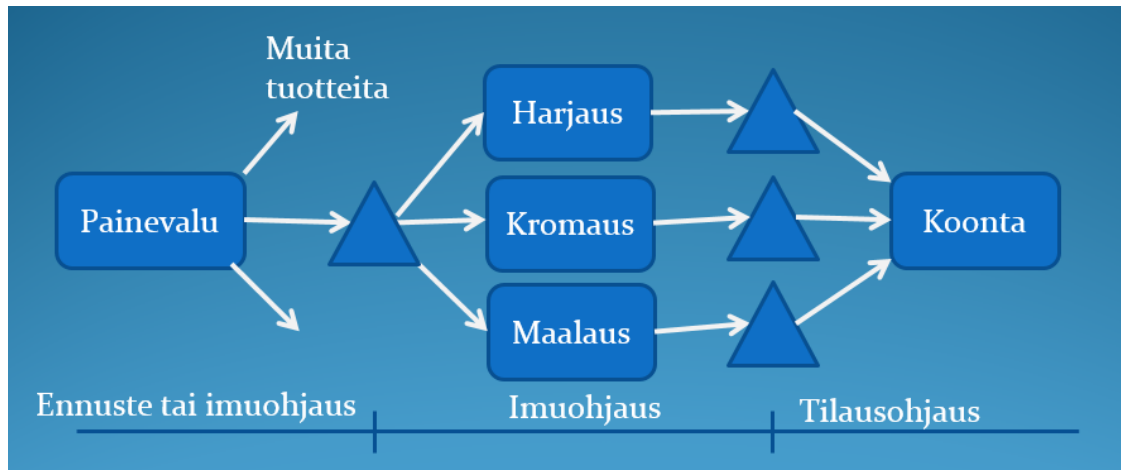
Varasto on rakennus tai tila tai paikka, missä varastoidaan tilapäisesti joko raakamateriaalia, osia, valmiita tuotteita, asiakirjoja tai tietoa. Varastointia tarvitaan silloin kun raaka-ainetta tilataan kerralla suuria määriä tai raaka-ainetta saadaan vain tiettyinä aikaväleinä. Myös raaka-aineita kerätään varastoihin silloin kun se on halpaa. Valmiita tuotteita pidetään usein varastossa siksi, että halutaan nopea toimitusaika tai halutaan tasoittaa kausivaihteluista johtuvaa kysyntä. Varastoinnissa voi esiintyä ongelmia, joita ovat esimerkiksi: liian suuri sitoutunut pääoma, epäselvä kirjanpito, sijainti, epäkäytännöllisyys, liian suuri, liian pieni, välineet puuttuvat. Näitä ongelmia pyritään hoitamaan varastonhallinnalla ja siihen tarkoitetuilla järjestelmillä.

(Logistiikan Maailma. Varastointi. 2015)

Kaikki varastot merkitsevät yritykselle lisäkuluja. Ideaalitulanteessa varastoja ei olisi ollenkaan, jolloin pääomaa ei ole ollenkaan sijoittuneena varastoihin, vaan se olisi muussa paremmassa käytössä. On myös selvää, että täysin varastoton tuotanto tarkoittaa tiukka- ja tahtisuutta ja toiminnan jäykkyyttä. Käytännössä tuotanto ilman varastoja on mahdoton yhtälö. Välivarastoja on siis oltava, mutta ne on pidettävä mahdollisimman pieninä, jotta varastojen kiertonopeus olisi mahdollisimman korkea, jotta varastoon sitoutunut pääoma pysyisi mahdollisimman pienenä. (Lapinleimu 1997. 101)

Välivarastoja on kolmea eri tyyppiä: vaiheiden väliset työnkulku- eli puskurivarastot, puolivalmisteverastot ja prosessivarastot, joita tarvitaan esimerkiksi jäähtymisaikojen saamiseksi osaksi valmistusprosessia. Työnkulkuvarastojen tehtävänä on mahdollistaa

jokaisen työsolun ja -koneen toimiminen omaan tahtiin ja tehdä tuotannosta joustavampi koneiden edessä olevien ”puskureiden” avulla. Puolivalmisteverastot ovat tuotannossa pakollisia silloin, kun tuotteiden toimitusaika on lyhyempi kuin sen valmistusaika. Aina, kun tuotannon ohjausperiaate vaihtuu, tarvitaan puolivalmisteverasto. Kuviossa 8. näitä välivarastoja kuvataan kolmioin. (Lapinleimu 1997. 101, 104)



KUVIO 8. Painevaluperusteisen tuotteen valmistus (Mukaiillen Lapinleimu 1997. 104)

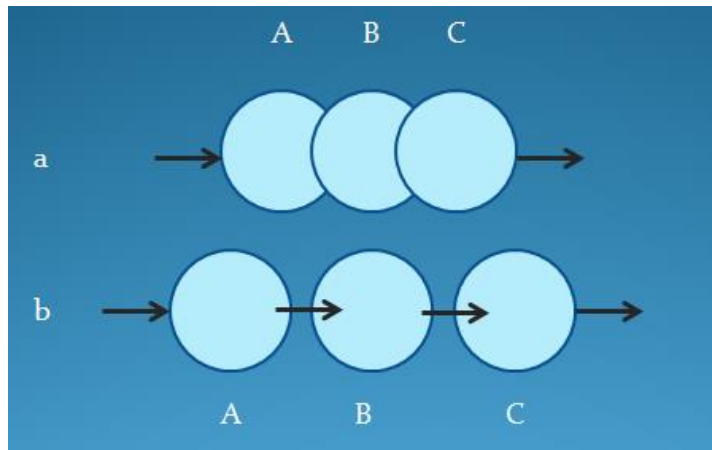
6 LAYOUTTYYPIT

Layout on tehtaan tuotannonohjauksen ja kustannustehokkuuden kannalta hyvinkin merkittävässä roolissa. Layoutit voidaan jakaa laitesijoittelun ja tuotantoprosessin mukaan kolmeen eri layouttyyppiin: tuotantolinjalayoutiin, funktionaaliseen layoutiin ja solulayoutiin (Haverila M. Uusi-Rauva E. & Kouri 2009. 475)

6.1 Tuotantolinja

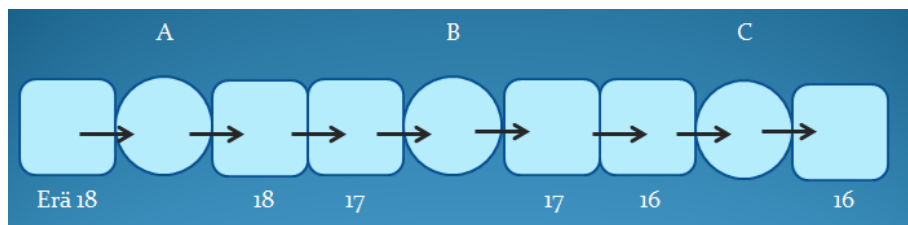
Tuotantolinjassa eli valmistuslinjassa kaikkien tuotteiden työnkulku on samanlainen. Tuotantolinja ei siis sido työlaitteita tiettyyn paikkajärjestykseen. Osa tuotteista ei välttämättä tarvitse kaikkia työvaiheita, jolloin osa vaiheista hypätään yli ja työaika näissä vaiheissa on nolla. Erilaisia tuotantolinjoja ovat esimerkiksi tahtilinja ja epätahtilinja. Erilaisia tuotantolinjoja voidaan soveltaa osavalmistuksessa, kokoonpanossa ja näiden yhdistelmissä. Kaikissa tapauksissa linjamuoto ei ole sopiva, mutta on suotavaa, että sitä käytetään aina kun mahdollista sen selkeyden ja hyvän ohjattavuuden takia. Tällaisia tuotantolinjoja käytetään, kun volyymit ovat suuria ja tasaisia, esimerkiksi autoteollisuudessa ja toimistotarvikkeiden valmistuksessa. (Lapinleimu 1997. 81, 85)

Tahtilinja (KUVIO 9) muodostuu, kun työasemien välissä ei ole välivarastoja puskurina, vaan kappaleet siirtyvät koneelta koneelle aina samaan aikaan eli tahdissa. Useamman koneen ryhmä toimii tavallaan yhtenä työstökoneena, jossa on useampi kappale työstössä. Tahtilinjan kapasiteetti muodostuu hitaimman koneen työstö- ja kappaleen vaihtoajasta. Tällä samalla tahdilla myös kappaleita valmistuu. Tahtilinjassa koneet voivat olla sidottuina yhteen kappaleeseen tai, että jokainen kone työstää eri valmistusvaihetta eri kappaleelle. Kuviossa 9. linja a työstää yhtä kappaletta kerrallaan, kun b linjalla valmistetaan kolmea kappaletta samanaikaisesti. (Lapinleimu 1997. 81–82)



KUVIO 9. Tahtilinjat (mukaillen Lapinleimu 1997. 81)

Epätahtilinja (KUVIO 10) eroaa tahtilinjasta siten, että työasemien välillä on puskurivarasto, jolloin jokainen työkoneet A, B ja C voi työskennellä itsenäisesti ja työstää eri erää. Puskurivaraston tulee sisältää kappaleita kahden erän verran. Koneen edessä on yksi erä kappaleita odottamassa työstöä ja edessä ovat seuraavaa vaihetta odottava erä. Epätahtilinja sallii pienet erot laitteiden tai kokoonpanopisteiden työajoissa. (Lapinleimu 1997. 83)



KUVIO 10. Epätahtilinja (mukaillen Lapinleimu 1997. 81)

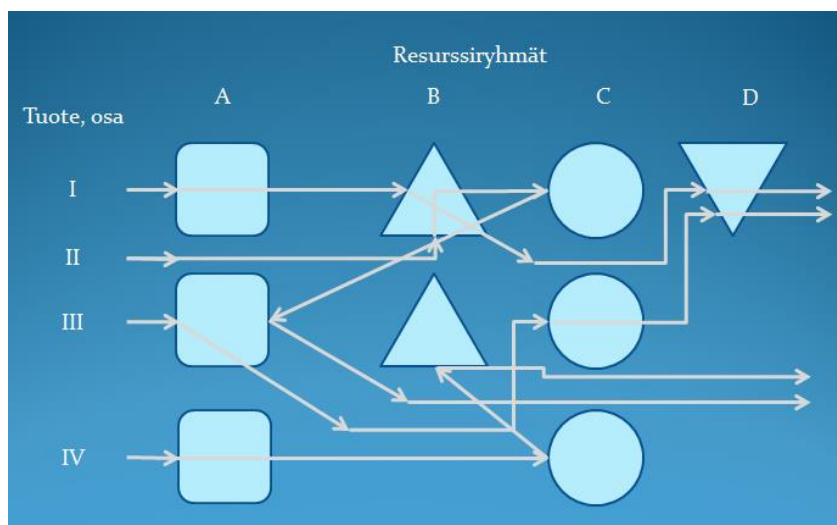
Molempien linjojen ohjaus perustuu käytäntöön, jossa ensimmäiseksi käsiteltäväksi tullut kappale lähtee myös ensimmäisenä pois työpisteeltä. Näin saadaan sidottua työjärjestys tuotannon prosesseissa. Samalla voidaan parantaa varmuutta läpäisyajoissa ja selkeyttää esimerkiksi suurten erien tuotantoa. Tätä periaatetta kutsutaan fifo (First In – First out) -periaatteeksi. (Lapinleimu 1997. 84)

6.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa resurssit kuten työlaitteet tai työpisteet kerätään yhteen yhtenäisiksi ryhmiksi. Tällaisia ryhmiä ovat esimerkiksi hitsaamo, pakkaamo, sorvaamo ja hiomo. Esimerkiksi sorvaamo koostuu useammasta sorvista ja muusta lastuavasta laitteesta. Funktionaalisisessa tuotannossa eri vaiheessa olevat työstettävät kappaleet ohjataan paikkaan, missä ne saavat tarvitsemansa työstön. (Lapinleimu 1997. 79)

Funktionaalisisella toimintatavalla on sekä etuja, että haittoja. Eduiksi voidaan sanoa funktionaalisisen systeemin tuoma tuotejoustavuus: systeemin sisällä voidaan valmistaa lähes mitä tahansa, minkä laitteet sen sisällä pystyvät valmistamaan. Toinen etu muodostuu siitä, että työkappaleet jonottavat työstökoneille. Näin saavutetaan kalliiden työstökoneiden lähes 100 %:n käyttöaste. Kolmantena etuna voidaan pitää ammattitaidon keskittymistä yhteen resurssipisteeseen. Esimerkiksi on suotuisaa, että kaikki koneistuksen ammattilaiset ovat samalla alueella, jolloin he pystyvät kommunikoimaan keskenään kohtaamistaan vaikeuksista ja havaitsemistaan seikoista. (Lapinleimu 1997. 79)

Funktionaalisisen systeemin suurin negatiivinen puoli on sen heikko ohjattavuus. Heikko ohjattavuus muodostuu, kun tuotteet joudutaan ohjaamaan monimutkaisia ja pitkiä reittejä pitkin kohti prosessin päätepistettä. Kuviossa 11. eri tuotteet liikkuvat kohti valmistamista eri resurssien eli valmistusvaiheiden kautta. (Lapinleimu 1997. 79)



KUVIO 11. Funktionaalinen systeemi (mukaillen Lapinleimu 1997. 80)

Lapinleimun (1997. 80) mukaan monimutkaiset tuotteiden reitit tuotannossa merkitsevät

- runsaasti ohjattavia työpisteitä
- runsaasti ohjausimpulsseja
- työasemille syntyviä jonoja
- keskeneräisen tuotannon kasvua
- pitkää läpäisyäikää
- ja monimutkaisen järjestelmän pitkän läpäisyn varmuutta.

Lapinleimu (1997) mainitsee, että funktionaalisen systeemin kasvaessa, sen ohjattavuus vaikeutuu rajusti. Hänen mukaan systeemin ohjaus onnistuu, kun se on tarpeeksi pieni: 3–6 ohjauspistettä tai henkilöä. Toimivuus perustuu tällöin osittain yksiköiden sisältämään omatoimisuuteen oman ja muiden ryhmien toiminnan seuraamisessa. (Lapinleimu 1997. 80)

6.3 Solulayout

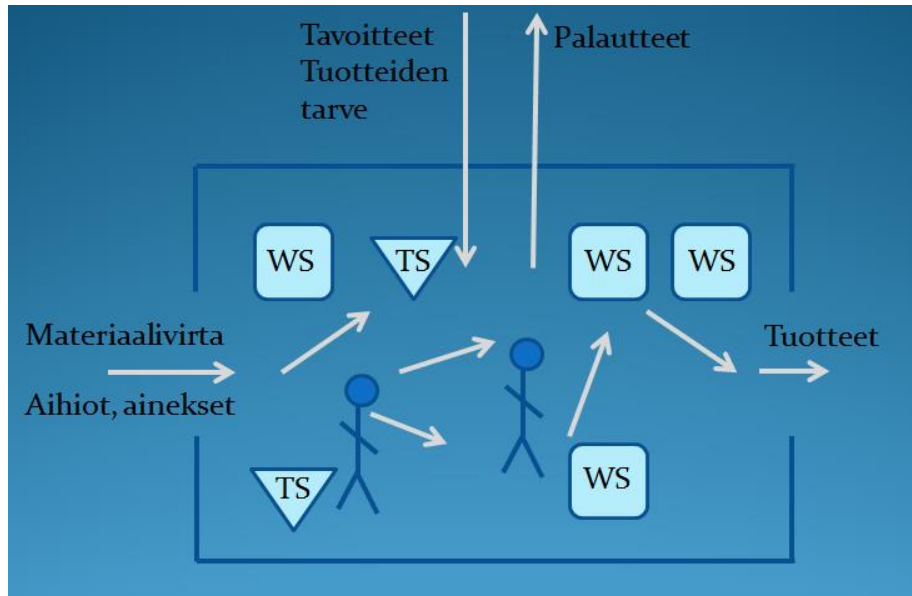
Itsenäistä valmistusyksikköä, jossa valmistetaan yksi tuotteen osa tai koko tuote, kutsutaan soluksi. Solussa pystytään siis yhdistämään monta eri valmistusvaihetta yhdeksi vaiheeksi. Tällöin vaihteita on helppo hallita. Tosin se vaatii solussa työskenteleviltä omatoimisuutta ja organisointikykyä. (Lapinleimu 1997. 85)

Lapinleimu (1997. 85) määrittelee solun toimivaksi silloin, kun sillä on

- omat kappaleet työstettäväksi
- oma yhtenäinen alue
- omat työkalut ja työlaitteet
- oma siirto- ja nostokalusto
- oma hyvin kommunikoiva 1–6 henkilön työryhmä
- ja vastuu omasta toiminnasta.

Soluyksikössä on tavallisesti henkilömäärään nähden enemmän työpaikkoja, mikä mahdollistaa työnkuorman tasaamisen solun sisällä ja luo työn mielekkäämmäksi. Samalla työntekijöiltä vaaditaan monipuolisempaa ja ammattitaitoisempaa osaamista. Solun yksikkömäinen luonne on muistettava kaikessa toiminnassa: tuotannon ohjauksessa, henki-

löstöpolitiikassa, kustannuslaskelmissa ja tekniikassa. Tuotannon ohjaus ohjaa impulssien avulla soluja, joissa käsitellään saatu impulssi omalla tasolla ja toimitaan sen mukaan. Kuviossa 12. kaksi työntekijää toimii useilla eri työpisteillä (WS) ja käyttävät useita työvälineitä (TS). (Lapinleimu 1997. 86)



KUVIO 12. Solun työpisteen toiminta. (Mukaiillen Lapinleimu 1997. 86)

7 TEHTAAN LAYOUTSUUNNITTELU

Tehtaan layoutsuunnittelulla tarkoitetaan valmistusyksiköiden ja -koneiden, kuljetusväylien ja varastojen sijoittelua tehtaan tiloihin. Tällainen suunnittelu on suppeaa. Laajempi suunnittelu vaatii koko sijoittelun perustana olevan järjestelmän kehittämistä. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 311.)

7.1 Layoutsuunnittelun tavoitteet

Layoutsuunnittelussa tavoitteena on ottaa huomioon tehtaan kapasiteetti, materiaalivirrat, logistiikka, joustavuus ja tilantarve, sekä valmistettavien kappaleiden läpäisy aika ja valmistusmenetelmät. (Hillman 2015. 4–5) Toiminnanohjauksen ja valmistuksen kannalta on tärkeintä keskittyä yksinkertaisiin materiaalivirtoihin. (Haverila M. Uusi-Rauva E. & Kouri 2009. 482)

Layoutsuunnittelun keskeisin tavoite Haverilan Uusi-Rauvan & Kourin(2009) mukaan on saavuttaa

- tehtaan sujuvampi tuotanto
- selkeät materiaalivirrat
- kappaleiden lyhyemmät läpimenoajat
- tehtaan tehokkaampi tilankäyttö
- tuotantotilojen siisteys ja järjestys
- paremmat työolosuhteet
- sisäisen kommunikaation helppous
- parempi työturvallisuus
- tehtaan parempi tuottavuus ja kannattavuus
- ja koko organisaation kehittyminen. (Haverila M. Uusi-Rauva E. & Kouri 2009. 482)

Uuden layoutin suunnittelussa on myös otettava huomioon tulevaisuuden kasvumahdollisuudet, jotka sisältävät mahdolliset laajennus- ja muutostarpeet. Kun tuotantomäärät ja tuotetyypit muuttuvat, on suunnitellun layoutin muuntaminen oltava helppoa ja joustavaa. Erityisesti isojen tuotantolaitteiden ja -osastojen sijoittelu on mietittävä niin, että niistä ei koidu haittaa myöhemmille muutoksille. (Haverila M. Uusi-Rauva E. & Kouri 2009. 482)

7.2 Layoutsuunnittelun vaiheet

Suunnitteluprosessi koostuu professori Ilkka Turusen mukaan kolmesta vaiheesta. Nämä kolme vaihetta ovat alustava suunnittelu, varsinainen suunnittelu, layoutin valinta ja lopullinen yksityiskohtainen suunnittelu, joka sisältää kaikkien pienien yksityiskohtien suunnittelun. (Turunen I. Kandidaattityö. Systemaattinen layout-suunnittelu. Lappeenrannan teknillinen yliopisto s.5 2014)

7.2.1 Esisuunnittelu

Layoutsuunnittelu alkaa siitä, että yrityksellä on tarve uudelle ja toimivammalle layoutille. Useimmiten tarve syntyy, kun rakennetaan uudet tilat, laajennetaan vanhoja tiloja tai halutaan kehittää vanhoja tiloja tekemällä järjestelyjä tai korjauksia. (Hillman 2015. Oppimateriaali. 8)

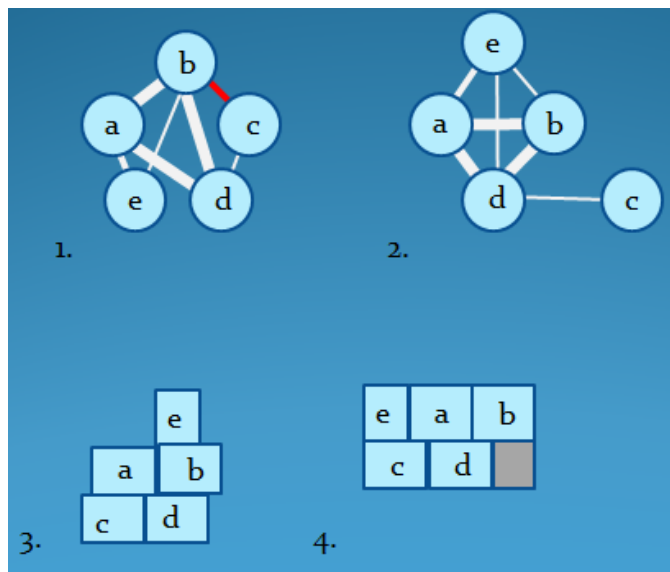
Hillmanin (2015 ym.) mukaan yrityksen johto kirjaa päätösasiakirjan, jolla perustellaan hankkeen tarpeellisuus. Tämä päätösasiakirja toimii hankkeen esisuunnitelman kivijalkana. Tämä asiakirja sisältää hankkeen

- tarpeellisuuden perustelut
- kiireellisyyden ja aikataulun
- toteutumiseen tarvittava maa-alue tai uusi tila
- perustamiskustannukset
- ja toteutumisen edellytykset.

Kun uuden layoutin suunnittelu alkaa, edellyttää se tekijältä ennakkotietämystä tuotantoprosessista, sen vaiheista ja menetelmistä. Tämä vaatii suuren määrän etukäteen tehtävää selvitystyötä, joka sisältää prosessin tuntemisen, materiaalivirtojen selvittämisen. (Haverila 2009. 475)

Toimintopohjaiseen esisuunnittelun hyväksi malliksi on todettu saksalaisen Richard Mutherin kehittämä tehdastilojen suunnittelun systematiikka. (Hillman 2015. 12) Mutherin yhteyssuhdepiirroksilla (KUVIO 13) voidaan kehittää funktionaalisissa systeemeissä layout. Systematiikan avulla pystytään laskemaan eri resursseille tilan tarve. Tilat piirretään mittakaavassa ja järjestellään. Kuviossa 13. viivojen paksuus merkitsee suhteiden

riippuvuuden laatua: paksu viiva on vahva riippuvuus, ohut viiva on heikko riippuvuus, punainen viiva merkitsee, etteivät yksiköt voi olla lähekkäin. Resurssien riippuvuudet on kartoitettu piirroksessa 1. ja järjestetty piirrokseseen 2 siten, että keskenään voimakkaasti riippuvaiset ovat lähekkäin ja toisiaan hylkivät yksiköt ovat kaukana toisistaan. piirroksissa 3 ja 4 yksiköt ovat sijoitettu tilaan tilantarpeen ja suhteiden mukaan. Yksiköiden välinen riippuvuus voi olla voimakas, jos esimerkiksi niiden välillä on paljon materiaali- tai informaatiovirtaa. (Lapinleimu 1997. 309)



KUVIO 13 Mutherin yhteyssuhdepiirroksat (Mukaiillen Lapinleimu 1997. 309)

7.2.2 Suunnitteluvaihe

Layoutsuunnittelun peruslähtökohtana ovat Haverilan, Uusi-Rauvan & Kourin (2009) mukaan seuraavat tekijät:

1. Tuotteiden rakennetiedot kertovat tarvittavat puolivalmisteet, komponentit ja raaka-aineet.
2. Työnvaiheistus kertoo tuotteiden työvaiheet ja niiden järjestyksen.
3. Tuotantomäärän avulla mitoitetaan tuotantokoneisto ja määritetään tuotantotapa ja -tekniikka.
4. Tuotannon aikajänteen pituudesta voidaan nähdä, ovatko tulevat investoinnit kannattavia.
5. Tukitoiminnot kertovat, mitä toimintoja tarvitaan valmistuksen tueksi. Tällaisia tukitoimintoja ovat esimerkiksi pakkaamo, sosiaalityöt ja jätteidenkäsittelypiste.

Funktionaalisen layoutin suunnittelussa on tärkeää osastojen ja laitteiden välisten siirtomatkojen ja -kertojen minimointi. Layoutista on myös tehtävä mahdollisimman joustava mahdollisten muutosten takia. Suuret laitteet ja rakenteet kannattaa sijoittaa niin, ettei niistä koidu vaivaa jos tulevaisuudessa layoutia muutetaan. (Haverila M. Uusi-Rauva E. & Kouri 2009. 482)

Haverilan, Uusi-Rauvan & Kourin (2009) mukaan funktionaalisen layoutsuunnittelun päävaiheet ovat:

1. Osastot ja niiden tilantarpeet on määritettävä. Tilantarpeet lasketaan niin, ettei rakennuksen muotoa tai kokoa oteta huomioon.
2. Lasketaan osastojen väliset kuljetuskerrat.
3. Tutkitaan onko muita osastojen sijoitteluun vaikuttavia tekijöitä. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi puhtausvaatimukset ja osastojen väliset toiminnalliset yhteyssuhteet.
4. Laaditaan muutamia pohjapiirrosvaihtoehtoja, jotka täyttävät vaatimukset. Piirroksista selviää osastojen sijoittelu toisiinsa nähden.
5. Valitaan paras vaihtoehto kaikkien suunnittelukriteerien kannalta. Lasketaan eri vaihtoehtojen kuljetuskerrat ja niiden matkat.
6. Lopuksi sijoitetaan pohjapiirros käytettävissä olevaan tilaan. (Haverila M. Uusi-Rauva E. & Kouri 2009. 484)

Tuotantolinjalayoutin suunnittelussa on otettava huomioon valmistusprosessi ja sen vaiheiden järjestys. Laitteet ja vaiheet sijoitetaan pohjapiirrokseen prosessin vaiheiden mukaan peräkkäin. Oman haasteen suunnitteluun tuo koko tuotantolinjan tasapainottaminen ja tasainen vaiheaika jokaiselle vaiheelle, jotta linjalle saadaan yhtenäinen tahtiaika. Tahtiaika lasketaan halutun tuotantomäärän mukaan kaavasta (1). (Haverila M. Uusi-Rauva E. & Kouri 2009. 485)

$$Tahtiaika = \frac{Aika}{Haluttu\ tuotanto} \quad (1)$$

Kun halutaan määrittää työasemien määrä, on käytettävä tahtiaikaa. Työasemien määrä saadaan kaavalla (2), kun valmistettavan kappaleen kaikkien vaiheiden summa jaetaan saadulla tahtiajalla. Työpisteiden kuormitusta saadaan pienennettyä kun työtehtäviä jaetaan työpisteiden välillä. (Haverila M. Uusi-Rauva E. & Kouri 2009. 486)

$$\text{Työpisteiden määrä} = \frac{\text{Työkappaleen kokonaisvalmistusaika}}{\text{Tahtiaika}} \quad (2)$$

7.3 Layoutin valinta

Layoutin valinta tuotannolle on aina haastava tehtävä suunnittelijoille, koska suunnitteluprosessiin vaikuttavat monet eri tekijät. Usein lopullisen layoutin valinta on kompromissi, jossa yhdistetään eri vaihtoehtojen parhaat puolet. (Haverila M. Uusi-Rauva E. & Kouri 2009. 480)

Eri layoutvaihtoehtojen vertailussa ja arvioinnissa voi käyttää hyötyarvomatriisia (Taulukko 1), jossa kullekin arvioitavalle tekijälle annetaan painoarvo. Taulukossa jokainen layoutvaihtoehto pisteytetään ja saadut painoarvotetut pisteet lasketaan yhteen. Parhaimman pistemäärän saadun vaihtoehto on paras. (Haverila M. Uusi-Rauva E. & Kouri 2009. 480)

TAULUKKO 1. Hyötyarvomatriisi (Mukaiillen Haverila, Uusi-Rauva & Kouri 2009. 481)

Hyötyarvomatriisi							
Arvioitava tekijä	painoarvo	Vaihtoehtojen arvostelu ja punnitut pisteet					
		A	B	C	D	E	
Pinta-alan hyväksikäyttö	8	E/24	I/16	E/24	E/24		
Investointitarve	6	A/24	A/24	I/12	I/12		
Valmistuksen ohjaus	10	I/20	O/10	I/20	A/40		
Joustavuus laajennuksille	3	A/12	U/0	A/12	A/12		
Selkeys	7	E/12	A/28	E/12	A/28		
Materiaalivirtojen selkeys	6	A/24	O/6	I/12	I/12		
Summa		116	84	92	128		
A = Melkein täydellinen (4)		E = Erittäin hyvä (3)		I = Hyvä (2)			
O = Välttävä (1)		U = Huono (0)		X = Ei toivottavaa (-)			

7.3.1 SWOT-analyysi

Layoutin valinnassa voidaan soveltaa yritysten strategisissa analyysissä paljon käytettyä SWOT-analyysiä(KUVIO 14). Lyhenne tulee sanoista Strengths, Weaknesses, Opportunities ja Threats. Eli analyysissä tutkitaan kunkin vaihtoehdon vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia. Vahvuudet ja heikkoudet kuvaavat nykytilaa kun taas mahdollisuudet ja uhat kuvaavat tulevaisuutta. SWOT-työkalun avulla voidaan saada mielenkiintoista informaatiota, jonka perusteella lopullinen layoutvalinta tapahtuu. (Haverila, Uusi-Rauva & Kouri 2009. 58)



KUVIO 14. SWOT-analyysin nelikenttä (mukaillen Suomen Riskienhallintayhdistys. Nelikenttäanalyysi. 2015)

Parhaiten analyysi onnistuu silloin, kun jokaisen analysoitavasta asiasta tietävän annetaan tehdä oma SWOT-analyysinsä. Tämän jälkeen käydään yhteinen aivoriihi ja yhdistetään mielipiteet. Tällöin pystytään kukin vaihtoehto analysoimaan mahdollisimman kattavasti ja hyvin. (Suomen Riskienhallintayhdistys. Nelikenttäanalyysi. 2015)

7.3.2 Simulointi

Simulointi on layoutvaihtoehtojen tutkimusmenetelmä, jossa tutkittavaa systeemiä mallinnetaan matemaattisesti. Matemaattisten mallien avulla voidaan kokeilla eri suoritusarvoja eri vaiheille ja tutkia koko systeemin suorituskyvyn muutoksia. Simulointi on kätevä työkalu, kun systeemin kokonaisuus on niin laaja, ettei sitä voida tarkasti analysoida normaalien yhtälöiden avulla. Tuotannossa on usein niin paljon muuttujia, että niiden dynamiikan ja syy-seuraussuhteiden analysointiin simulointi on ainut vaihtoehto. (Haverila M. Uusi-Rauva E. & Kouri 2009. 486)

Käytännössä simulointi tapahtuu CAD-ohjatuilla ohjelmistoilla ja tietokoneilla. Niiden avulla tuotantotilat ja toiminnot voidaan mallintaa hyvinkin tarkasti. Nykyaikaiset ohjelmat pystyvät antamaan hyvät animaatiot, graafiset esitykset ja valmiit raporttipohjat. Useimmissa ohjelmissa on yksinkertaiset käyttöliittymät, eikä niiden käyttöön vaadita suurta ohjelmistoteknistä osaamista. (Haverila M. Uusi-Rauva E. & Kouri 2009. 487)

Simuloinnin suurimpana haasteena on mallinnettavan ympäristön rajaaminen niin, että tehdyssä mallissa on sisällytetty kaikki tekijät, joilla on vaikutusta mallin toimintaan. Yleensä mallin rajat ovat selviä kuten laitteen rajat ja layoutin rajat. Mutta usein mallin toimivuuteen vaikuttavat tekijät tulevat näiden rajojen ulkopuolelta. (Lapinleimu 1997. 320)

On kuitenkin otettava huomioon, että tehdyt simuloinnit ovat täysin teoreettisia ja tietokoneen laskemia nolla virhettä sallivia toimintamalleja. Saatua simulointimallia on siis tarkasteltava kriittisesti ja tarkasti. Malli toimii kuitenkin hyvänä apuna tuotantoprosessin suorituskyvyn määrittämisessä. (Haverila M. Uusi-Rauva E. & Kouri 2009. 488)

8 NYKYTILA-ANALYYSI

Kun tarkoituksena on yrityksen toiminnan kehittäminen, on syytä keskittyä prosesseihin, joiden avulla yrityksen liikevaihto ja menestys syntyy. Esimerkki tällaisesta toimintamallista on kolmivaiheinen kehittämismalli, jossa ensin tehdään nykytilan kartoitus. Seuraavaksi tehdään prosessianalyysi ja lopuksi parannetaan käytössä olevia prosesseja. Nykytilanteen kartoitus tässä kehittämismallissa on tärkeää. On tiedettävä tarkkaan yrityksen käytössä olevat prosessit, vaiheet, vahvuudet ja heikkoudet. (Keskinen J. 2012. Kokoonpanolinjan kehittäminen. Opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu)

Keskeisiä kartoitusvaiheen pääteemoja ovat prosessityön organisointi, prosessikuvausten ja prosessikaavioiden laatiminen ja prosessin toimivuuden arviointi. kartoituksen avulla luodaan hyvät pohjatiedot tuotannon kehittämiseksi. (Keskinen J. 2012 ym.)

8.1 Nykyinen layout

Steerpropin nykyinen layout on sijoitettu halliin 44 Rauman satamaan. Hallin teoreettinen pinta-ala on 2476 m², mikä todellisuudessa on paljon pienempi, johtuen hallin rakenteista. Hallin molemmissa päissä on suuret nosto-ovet, jotka aukeavat lähes kattoon asti. Halli on ennen toiminut laivojen rakennuksessa laivojen lohkojen rakennuspaikkana. Lattia on melko epätasainen johtuen siihen upotetuista teräskiskoista. Korkeutta tilalla on reilu 20 metriä.

Hallissa on kaksi siltanosturia, joista suurempi on varustettu kahdella 40 tonnin koukulla ja yhdellä 10 tonnin koukulla. Pienempi siltanosturi on varustettu yhdellä 15 tonnin koukulla. Käytännössä suurempi siltanosturi on standardilaitteiden kokoonpanoa varten optimaalinen, mutta toisella nosturilla kokoonpanon tekeminen on hankalampaa johtuen sen hankalasta käytöstä ja toisen koukun puuttumisesta. Hallissa on myös kaksi kääntöpuominosturia eli pilkkinnosturia(KUVA 8), joiden läheisyydessä potkurilaitteiden kokoonpanot pyritään tekemään. Suuremman nosturin nostokapasiteetti on 3000 kiloa ja ulottuvuus kahdeksan metriä. Pienemmän nosturin vastaavat dimensiot ovat 2000 kiloa ja seitsemän metriä. Molempien nostureiden juuressa on sijoitettuna myös työtasot, joissa on tarvittavat työkalut laitteiden kokoamiseksi.



KUVA 8. Kokoonpanopisteen kääntöpuominosturi

Halliin on sijoitettu kaikki tarvittavat laitteet, joiden avulla potkurilaitteiden kokoonpano voidaan toteuttaa. Kuvassa 9. on suuri teollinen uuni laakerien ja hammaspyörien lämmitykseen. Uunin puutteiksi voidaan mainita sen toiminnan epävarmuus. Välillä uuni ei olekaan kuuma ja kappaleet ovat jääneet liian kylmiksi. Uunin välittömässä läheisyydessä on pukki laakerien ja akselien sovituksille.



KUVA 9. Teollinen uuni, jossa kaksi isoa hammaspyörää

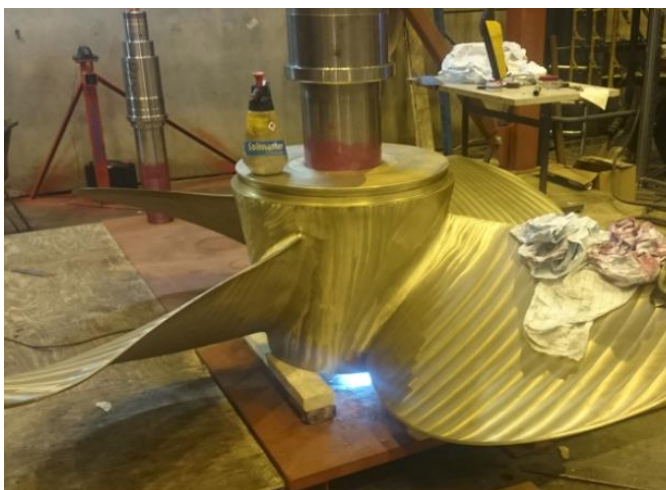
Akselien ja laakerien ulkokoolien jäädytykseen on hallissa hieman kapasiteetiltaan rajalliset arkkupakastimet, joiden koko ei tue esimerkiksi suurempien akselien pakastusta. Hallissa on myös kaksi laakerien induktiolämmitintä (KUVA 10). Toinen on suurempien laakerien, kuten potkurinakselin laakerien lämmitykseen. Pienemmällä lämmittimellä

lämmitetään pienten potkurilaitteiden laakereita ja osia. Laakerinlämmittimiä on oltava vähintään kaksi peräkkäin asennettavien kuumien osien takia. Komponenttien pesuun on halliin asennettu Aquacleanin valmistama teollinen pesukone, jonka avulla saadaan helposti pestyä kaikki likaiset komponentit, kuten rasvaiset hammaspyörät. Pesukone on sijoitettu hallin seinälle, koska laitteesta on oltava yhteys ulos tuuletusta varten.



KUVA 10. Induktiolämmitin ja laakeri

Hallissa on myös potkurien kaavauspukki, jossa on 10 tonnin nosturi. Pukissa kaavataan eli hiotaan potkurien koneistettu kartio tasaisemmaksi, jotta se sopisi tiiviimmin potkuriakselin kartiolle. Kaavauspukilla voidaan kaavata kerralla kahta pientä potkuria ja yhtä suurta potkuria. Kuvassa 11. potkuria kaavataan. Värjätty akseli on sovitettu potkurin kartiolle. Seuraavaksi akseli nostetaan ylös ja tarkistetaan värin tarttuvuus potkuriin.



KUVA 11. Potkurin kaavaus

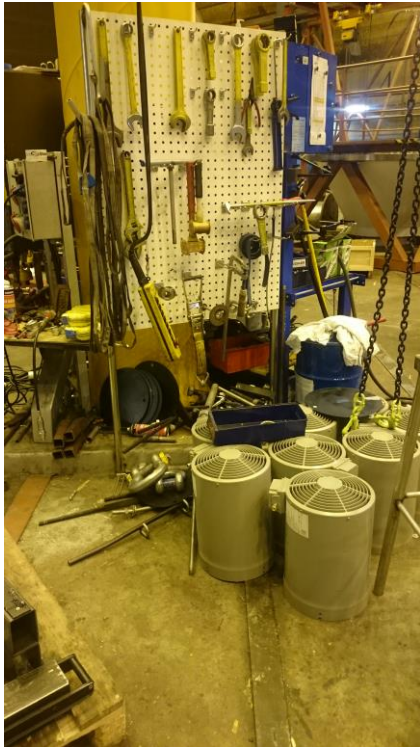
Potkurilaitteiden osat ovat hajautettuna ympäri hallia sinne, missä on ollut tilaa. pultit on sijoitettu lähelle koeajopaikkaa. Tiivistheet ja sovitealuslaatat ovat kahden pilkin välissä sosiaalitilojen alla. Keskisuuret osat ovat hallin seinustalla varastohyllyssä asentajalle tuntemattomassa järjestyksessä. Suuremmat osat kuten rungot ovat joko hallin lattialla, missä on tilaa tai ulkona tai toisessa varastossa. Kuvassa 12. varastohyllyjen edessä on runsaasti lavoja ja komponentteja, joiden takia ei takana olevia lavoja saa hyllystä helposti. Osat, jotka eivät mahdu hyllyihin, jäävät joko hyllyjen eteen, tai tuodaan muualle hallin lattiaa. Kuvassa 13. on useamman työnumeron pultteja ja laakereita kokoonpanopisteen läheisyydessä, vaikka niitä ei tarvitakaan.



KUVA 12. Varastointi on hallissa puutteellista ja sekavaa



KUVA 13. Osa varastoinnista tapahtuu lattialla kokoonpanosteellä



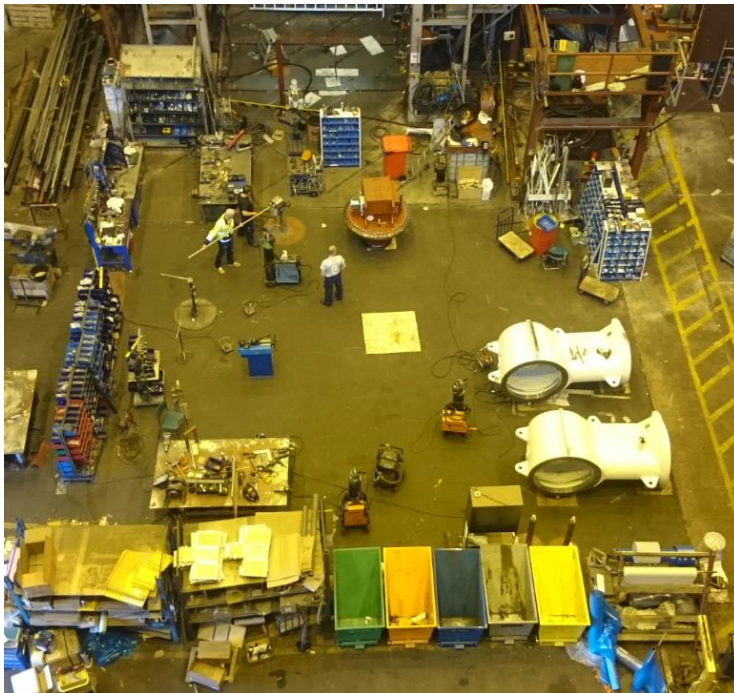
KUVA 14. Työkalut ja komponentit sekaisin kokoonpanopisteellä

Kuvasta 14. näkee kuinka työkaluilla ei ole omaa paikkaa, vaan työkalut ovat sekaisin seinällä. Lisäksi lattialta löytyy komponentteja, jotka estävät kulun työkalupisteelle. Vanhoista töistä jääneitä itse tehtyjä ”erikoistyökaluja” on normaalien työkalujen joukossa, ilman merkittävää käyttötarkoitusta. Kuvassa 15. hallissa on varastoituna keskeneräisiä osia (suulakkeita ilman runkoa), komponentteja, valmiita laitteita ja rikki menneitä vanhoja laitteita. Tämä tila voisi olla tehokkaasti myös tuotantolinjan kokoonpanon käytössä varastoinnin sijaan.



KUVA 15. 1/3 hallista toimii varastona

Putkitusosastolla (KUVA 16.) putkitetaan potkurilaitteiden kokoamattomat alarungot ja kootut ylärungot. Putkipuolella on omat työkalunsa ja varastonsa. Putkipuoli on sijoitettu koeajopukin läheisyyteen. Putkitukselle varattu alue riittää juuri kahdelle ylärungolle ja kahdelle alarungolle. Lisätila on siis tarpeen. Lisäksi koeajossa syntyvät ilmavirtaukset haittaavat putkitustyötä. Putkituksessa käytetään paljon pieniä komponentteja, jotka on varastoitu ympäri putkitusosaston reunoja. Nämä kaikki hyllyt voisi yhdistää yhtenäiseksi paternosterhyllyksi, josta kaikki osat löytyisivät.



KUVA 16. Putkitusosasto ja kierrätyspiste

Kierrätyspiste on sijoitettu kuvassa 16. ulko-oven läheisyyteen kiinni putkiosastoon. Tämä sijoittelu on lakien ja vakuutusyhtiöiden ohjeistusten vastainen, koska putkitusosastolla tehdään jatkuvasti tulitöitä ja sen läheisyydessä säilytetään palavia materiaaleja. Kierrätyspisteestä löytyvät kaikki nykypäivänä kierrätettäville materiaaleille olevat astiat. Muualle kokoonpanohalliin on sijoitettu energiajäteastioita, mutta esimerkiksi metalli ja puujätteelle ei muualta kuin kierrätyspisteeltä löydy astioita.

Kuvassa 17. ovat nykyiset koeajopukit, jotka sijaitsevat hallin itäpäädyssä putkiosaston vieressä. Toinen pukki soveltuu suurempien standardilaitteiden koeajoon ja toinen pienempi pienemmille laitteille. Käytännössä pystytään koeajamaan vain yhtä laitetta kerrallaan. Tällä hetkellä koeajopukit ovat käytössä, mutta tulevana tilikautena tilalle on tulossa parempi ja turvallisempi koeajopukki.

Koeajopukkien läheisyydessä on kaksikerroksien parakkirakennus, jossa tehdään kaikki potkurilaitteen sähkökokoontimet, lukuun ottamatta ylävaihteen sähkötöitä, jotka tehdään putkituksen jälkeen putkiosastolla.



KUVA 17. Koeajopukit ja sähköosasto

Sosiaalitilat ovat hyvät nykyisessä hallissa. Hallin eteläseinällä on 40 metriä pitkä parakkirakennus, joka sisältää pukeutumistilat, wc-tilat, suihkun sekä taukotilan keittiöineen. Sosiaalitilat ovat kuitenkin sopivat tämän hetken henkilöstömäärälle, mutta mikäli henkilöstömäärä kasvaa, on sosiaalitilojakin päivitettävä ja laajennettava. Periaatteessa sosiaalitilojen paikka ei kuulu kokoonpanohalliin nosturien alapuolelle, vaan sen kuuluisi sijoittaa hallin ulkopuolelle.

8.2 Potkurilaitteiden kokoonpanoprosessi ja käytetyt menetelmät

Tuotantoprosessi on lähes kaikille potkurilaitteille samanlainen. Ainoastaan eroja syntyy siitä, että onko laite CRP vai yksipotkurinen tai onko potkurilaitteen käyttövoiman sisäänvalo ylöspäin vai sivullepäin. Muuten kaikki laitteet noudattavat samaa prosessia. Potkurilaitteiden kokoonpano alkaa projektityyillisesti, kun tilaus on saatu ja kaikki osat ovat valmistettu. Koska tilaukset tehdään laivakohtaisesti ja laivoissa on yleensä kahdesta kolmeen laitetta, valmistetaan laitteet myös pääsääntöisesti pareittain tai kolmen kappaaleen erissä. Joskus harvoin valmistetaan myös yksittäiskappaleita.

Suunnitteluvaiheessa kun laitteita ja osia piirretään, piirustukset tarkistetaan useaan otteeseen ennen kuin ne hyväksytään. Piirretyt osat lähetetään yrityksille, jotka valmistavat tarvittavat komponentit. Osien materiaalit ja lopputulos tarkistetaan luokituslaitoksen toimesta ja leimaa kaikki hyväksytyt komponentit, jolloin komponenttien laadusta voidaan olla täysin varmoja. Luokituslaitos on merenkulun alalla oleva laitos, joka ryhmittelee alukset ja antaa niille hyväksynnän ja luokitustodistuksen. Akselit ja navat ovat tärkeimmät komponentit, jotka luokituslaitos tarkistaa. Luokituslaitos tarkistaa myös osan puristesennuksista, kuten potkurien asennuksen potkuriakselille.

Kun laitteet kootaan, on koneasentajien apuna selkeät ja yksityiskohtaiset asennusohjeet ja kokoonpanokuvat. Niiden avulla osat liitetään toimivaksi kokonaisuudeksi juuri niillä arvoilla ja mitoilla, joilla niiden on suunniteltu toimivan. Kokoonpanoa valvovat työnjohto ja suunnittelijat, jotta virheiltilä välttytään

Käytännössä potkurilaitteiden kokoonpano alkaa kaikkien akselien kokoonpanolla. Tämä tarkoittaa sitä, että potkurilaitteen kaikki akselit laakeroidaan ja säädetään esijännitykseen. Laakereiden asennus suoritetaan laakerin tiukkuudesta riippuen muutamalla eri tavalla. Akselin tai laakeripesän halkaisijan kokoinen laakeri voidaan asentaa asettamalla tai hieman kumivasaraa käyttämällä. Tiukemmat laakerit asennetaan puristesovitteisesti. Siinä laakeri lämmitetään 120 asteeseen esimerkiksi induktiolämmittimessä, jossa laitteen sähkövirta indusoi laakeriin sähkövirran ja aiheuttaa sen lämpenemisen. Lämpenemisen seurauksena laakerin halkaisija suurenee ja helpottaa sen asentamista viileälle akselille. Jäähtyessään laakeri on tiukasti kiinni. Kuvassa 18 laakeria asennetaan potkuriakselille.



KUVA 18. Laakerin asennus akselille ja laakeripesään

Laakeri voidaan asentaa myös hydraulisesti. laakeri asetetaan akselille, minkä jälkeen perään laitetaan hydraulinen mutteri, joka laajentuessaan pakottaa laakerin syvemmälle. Hydraulista mutteria ohjataan käsikäyttöisen öljypumpun avulla. Asennus voidaan tehdä myös normaalin mutterin avulla. Mutteria, jossa on sivuilla säännölliset urat, lyödään piukempaan vasaran ja tuurnan avulla.

Kutistusliitos eli ”krymppiliitos” voidaan tehdä paineistetulla väliöljyllä. Aikaisemmin kerrottiin kuinka kutistusliitoksia tehdään kappaleita lämmittämällä tai hiilidioksidijäällä/pakastimella viilentämällä. Kutistusliitoksen voi tehdä myös niin, että kartion muotoiselle akselille asennetaan kartiolla keskireiällä varustettu napa. Joko napa tai akseli on varustettu kierteisellä öljyuralla ja siihen yhdistyvällä öljykanavalla. Korkeapaineisella öljypumpulla pumpataan navan ja akselin väliin öljykanavaa ja uraa pitkin niin sanottu väliöljy tai laajennusöljy, joka laajentaa napaa niin, että se voidaan joko hydraulisen tunkin tai pulttien avulla puristaa akselin päälle. Öljynpaine asennushetkellä vaihtelee 100–1500 baarin välillä.

Alavaihteen potkuriakselit laakeroidaan niin, että paine- ja radiaalilaakerit lämmitetään induktiolämmittimellä 120 asteeseen ja asennetaan akselin päälle. Kokoonpanossa on otettava huomioon, että akseli lämpenee asennuksen yhteydessä. Kokoonpanossa asennetaan myös potkuriakselille laakeripesät. Akselin jäähtyttyä, 180 asteiseksi lämmitetty hammaspyörä asennetaan akselille. Alarungon pinionakseli laakeroidaan samantapaisesti

vain eri komponenteilla. Seuraavaksi akselien laakerien tiukkuus säädetään siihen tarkoitulla esisäätöpukilla (KUVA 19.). Pukissa potkuriakseli on pystyssä pultattuna penkkiin. Penkin sähkömoottorilla pyöritetään laakeripesää ja samalla säädetään akselin päältä laakerien tiukkuus. Oikea tiukkuus määritetään laakeripesän pyörimismomentin avulla.



KUVA 19. Laakerien esisäätöpukki, jossa laakeripesä on paikallaan

Alavaihteen kokoonpano alkaa alarungon putkituksella, jossa rungon sisäpuolelle asennetaan kaikki tarvittavat hydraulikkaputket laakerien ja hammaspyörien voitelua varten. Laakeroinnista tulleet akselit ja laakeripesät asennetaan rungon sisään, minkä jälkeen hammaspyöräparin välinen kuvio ja vällys säädetään. Säättö tapahtuu sopivien sovitealuslevyjen asettamisella alarungon ja laakeripesän väliin. Tehdyn säädön jälkeen kaavatut potkurit asennetaan potkuriakselille luokituslaitoksen valvonnan alla.

Ylävaihteen kokoonpanossa laakeroidut ensiö- ja toisiopuolen akselit asennetaan ylärunkoon. Ylärunkojen hammasparin kuvio ja vällys säädetään myös vaadittuihin arvoihin. Tämän jälkeen ylärunkoon asennetaan loput osat. Seuraavaksi ylärunko yhdistetään ohjausrungon ja -putken kanssa. Tässä niin sanotussa välisosassa on myös käänntölaakeri ja

hammastus kääntömoottoreita varten. Seuraavaksi ylärunkoon asennetaan kääntömoottorit. Lopuksi ohjausputken ja ohjausrungon väliin asennetaan tiiviste, joka pitää meriveden poissa laivasta. Ylävaihte menee kokoonpanon jälkeen putkitukseen, jossa siihen asennetaan kaikki hydrauliiikkaputket ja sovitetaan öljykoneikot. Putkitusosastolla hitsataan suuremmat öljyputket ja taivutellaan pienemmät putket. Putkitus on puhtaasti paikallaan tehtävää käsityötä.

8.2.1 Potkurilaitteiden koeajo ja pakkaus

Kun ylä- sekä alavaihte ovat valmiit, potkureihin asennetaan jarrut ja ylä- ja alarunko yhdistetään (KUVA 20.). Koko laite kuljetetaan koeajopukille, jossa se asennetaan ylhäältä päin koeajopukin aukkoon. Laite kiinnitetään pukkiin yleensä puristimien avulla. Kiinnityksen jälkeen laitteelle tehdään momenttikoe, jossa ylävaihteen ensiöpuolelle asennetaan nostovipu, jonka avulla voidaan momenttikoe tehdä. Ylävaihteen ja alavaihteen hampaat värjätään kaavausvärillä. Potkureihin säädetään jarrut, joita kiristämällä saadaan haluttu momentti aikaiseksi. Kun nosturilla nostetaan vivusta juuri oikealla voimalla, saadaan kohdistettua hammaspyörille todenmukainen voima. Näin saadaan hammaskuviot säädettyä lopullisesti.



KUVA 20. Potkurilaite on yhdistettynä ja jarrut paikallaan.

Momenttikokeen jälkeen potkurilaite kytketään käyttömoottoriin ja kaikkiin tarvittaviin sähkö- ja öljylaitteisiin. Laitetta käytetään koeajossa niin kauan, kunnes laite on saavuttanut maksimilämpötilansa. Koeajossa seurataan laitteen lämpötiloja, paineita ja sähköistä vikajärjestelmää. Mikäli koeajossa ilmenee vikoja, laite korjataan ja koeajetaan uudelleen. Tällä hetkellä koeajopukissa on puutteita, jotka vaikuttavat työturvallisuuteen. Kun laite on laskettu koeajopukille, ei laitteen ympärille löydy aina sopivia suojapeltejä, vaan usein pellit korvataan leikatuilla vanereilla. Lisäksi koeajopukin aukko on usein suojaamattomana, mikä saattaa johtaa asentajan putoamiseen. Nykyisellä koeajopukilla pysytään ajamaan vain yhtä isoa laitetta kerrallaan, minkä takia koeajo on ollut selvä pulonkaula. Tulevaisuudessa koeajopukilla on mahdollista ajaa kaksi laitetta samaan aikaan. Uuden koeajopukin käyttöturvallisuus on myös parempi.

Koeajon jälkeen laite tyhjenetään öljystä, puretaan erilleen ja varustetaan tarvittavilla kuljetuspukeilla. Laitteet lähetetään maalaukseen. Maalauksen jälkeen laitteet tuodaan kokoonpanohalliin odottamaan asiakkaalle lähetystä. Laitteiden pakkaukset ovat teräksisiä kuljetusrunkoja ja laitteen suojaksi levitettyjä suojapeitteitä. Kuljetusrungon tehtävänä on tukea laitetta ja suojata fyysisiltä rasituksilta. Se mahdollistaa laitteen helpon ja tukevan kuljetuksen ja kiinnityksen esimerkiksi rekassa tai laivassa. Hyvä kiinnitettävyyden on tärkeää, kun laiva ajautuu esimerkiksi myrskyyn ja aaltojen keinuteltavaksi. Suojapeitteet suojaavat laitteita kiveniskuilta, kosteudelta, suolavedeltä, varkauksilta, ilkeiltä ja erilaisilta sääilmiöiltä. Laitteen runkoihin laitetaan myös kaikki tarvittava informaatio niin laitteen ominaisuuksista kuten mitoista ja painosta, lähtöpaikasta ja määränpäästä.

8.3 Materiaalivirrat

Materiaalivirrat nykyisellä layoutilla ovat liian monimutkaiset. Komponentteja joudutaan hakemaan monesta eri paikasta ja välimatkat ovat pitkiä. Kokoonpanossa tarvittavat komponentit ovat käytännössä toisella puolella hallia, mistä asentaja joutuu ne etsimään ja tuomaan työpisteelle. Laitteen osat myös kulkevat hallissa paikasta toiseen ilman selkeää suuntaa.

Liitteessä 1. on kuvattuna tärkeimmät materiaalivirrat yhden CRP-laitteen kokoonpanoprosessissa. Eri osan komponentit on kuvattu eri väreillä ja katkoviivalla kuvataan valmiiden osien liikkeitä. Virtojen reitit on pyritty saamaan pohjapiirustukseen mahdollisimman selkeästi ja siksi reitit ovat viitteellisiä. Kuvasta voidaan kuitenkin havaita, että layout edustaa funktionaalista layoutia, jossa materiaalivirrat kulkevat ympäri hallia ilman loogista suuntaa.

Paluuvirtaan kuuluu materiaalivirran eri vaiheista poistuvat jätteet tai käytöstä poistettujen tuotteiden ohjaus takaisin kiertoon tai loppukäsiteltäväksi. Tähän paluuvirtaan kuuluu Steerpropilla valmistuksessa syntyvät jätteet ja vialliset komponentit, jotka lähetetään joko takaisin alihankkijoille tai kierrätyskeskukseen. Hallissa on rivi jäteastioita, joihin voidaan lajitella puu-, metalli-, pahvi- ja energiajäte. Ympäri hallia on energiajäteastioita, mutta esimerkiksi pahvi- ja metallijätteelle ei löydy astioita kokoonpanopisteen välittömästä läheisyydestä.

8.4 Logistiikka

Steerprop ostaa kaikki komponentit työnumeroon korvamerkittynä. Ensin vastaanotetaan laitetilaus asiakkaalta. Sen jälkeen alihankkijat toimittavat tarvittavat komponentit tiettyyn päivämäärään mennessä kokoonpanohallille, jossa ne kootaan toimivaksi laitteeksi. Varastoissa on joitain perusosia kuten pultteja, hydraulikkaosia ja tarvikkeita, mutta suurta pääomaa ei ole sijoittunut varastossa lojuviin kalliisiin osiin. Steerprop käyttää ERP (Enterprise Resource Planning) Visma L7 -ohjelmaa varaston hallinnassa. Visma L7 ohjelman varastonhallintaosan avulla varastotapahtumat voidaan integroida osaksi myynti- ja ostoprosesseja sekä taloushallintoa. Myynti generoi ostotarpeita ja vastaavasti tavarantoimitus antaa impulssin laskuttamiselle. Ohjelman avulla voidaan hallita pakkausta ja lähetystä, sarjanumeroita, toimituksia, varastoerittelyjä ja varastonohjausta.

8.5 Tarpeet

Steerprop tarvitsee nykyiselle tuotantohallille layoutin sekä uuden tuotantohallin varalle ideaalilayoutin. Yrityksen odotetaan kasvavan tulevaisuudessa. Nykyinen tuotantotila ei vastaa tulevaisuuden tuotantokapasiteettia. Tulevaisuudessa laitteita aiotaan valmistaa noin 200 vuodessa. Rajoittavaksi tekijäksi muodostuu koeajopukki, jonka kapasiteetti on saada koeajettua neljä laitetta viikossa. Tuotannon on siis pystyttävä tuottamaan nämä vaaditut neljä laitetta viikossa.

Tuotanto tarvitsee toimivan toimintaympäristön, jossa on kaikki tarpeellinen potkurilaitteiden kokoonpanoon. Nykyisestä kokoonpanotilasta tulevaan tuotantotilaan siirtyvät pesukone, kaavauspukki, induktiolämmittimet ja tuleva uusi koeajopukki. Uusia laitteita voisivat olla uusi teollinen uuni ja uusi isompi teollinen pakastin. Koska tulevaisuudessa koeajo halutaan suorittaa neljän laitteen viikkovauhdilla, on koeajoprosessia myös nopeutettava. Prosessin kehittäminen tapahtuu niin, että koeajossa tapahtuva momenttikoe tehtäisiin sekä yläosalle että alaosalta erikseen jo kokoonpanopisteellä, jolloin se ei kuluta koeajopukilla koeajoaika. Hammaskuvion säätäminen on helpompaa ylä- ja alaosan ollessa erillään. Tämä tarkoittaa sitä, että kokoonpanopisteille tarvitaan momenttivääntöpukki, jossa kyseinen koe voidaan suorittaa ennen laitteiden yhdistämistä ja varsinaista koeajoa.

Laajasta tuotevalikoimasta johtuen, eri laitteiden koot vaihtelevat suuresti. Standardilaitteiden painot vaihtelevat 7000 kilosta aina 67000 kiloon. Alla olevassa taulukossa on eritelty kunkin laitemallin ylä- ja alarungon painot sekä koko laitteen paino.

TAULUKKO 2. Standardilaitteiden painojakauma (Steerprop sisäinen tietokanta 2015)

Standardilaitteiden painojakauma (Kg)			
Malli	yläosa	alaosa	kokonaispaino
Suulake			
SP10DL		7100	7100
SP20D	5400	10300	15700
SP35D	8000	13300	21300
SP45D	16600	19500	36100
SP50D	27000	35800	62800
CRP			
SP25CRP	12500	14000	26500
SP35CRP	15300	22200	37500
SP45CRP	29000	38000	67000

Nykyisestä tuotantohallista rajoitteeksi on myös muodostunut rajallinen nosturikapasiteetti. Yhdellä toimivalla nosturilla ei saada haluttua kapasiteettia toteutettua. Siksi uuteen tuotantohalliin on saatava kaksi nosturia, joilla molemmilla riittää kapasiteetti kokonaisten standardilaitteiden nostamiseen ja kääntämiseen. Lisäksi tehostuneen koeajokapasiteetin takia yksi nosturi on paljon sidoksissa koeajopukin läheisyyteen. Käytännössä molemmissa nostureissa pitäisi olla kaksi 40 tonnin koukkuja ja mielellään myös yksi 10 tonnin koukku.

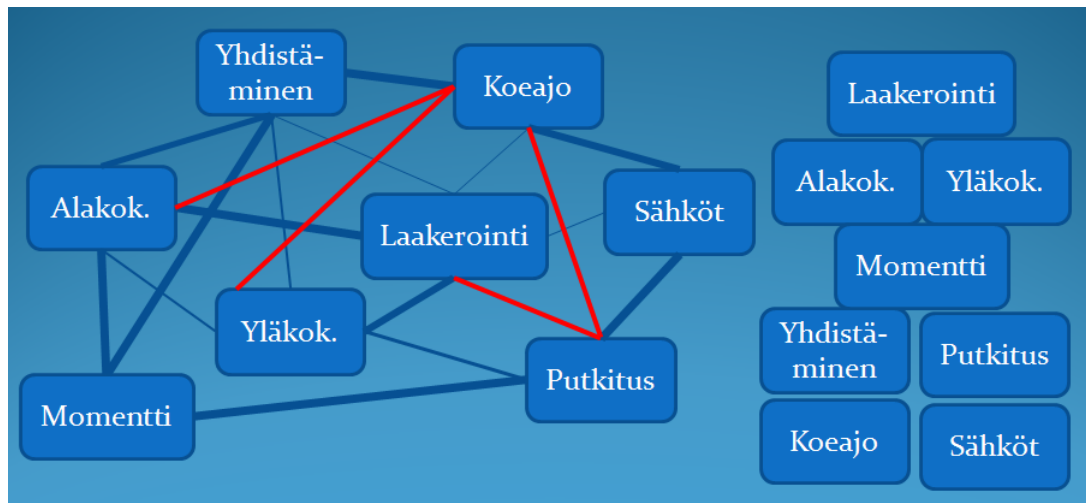
Uusien nostureiden kanssa on kokoonpanon onnistuttava ja saatava nostettua koko laite seuraavaan kokoonpanopisteeseen ja lopuksi koeajopukille. Nostureille vaadittu nostokorkeus määräytyy korkeimmasta laitekokoisuudesta ja sille vaaditusta nostokorkeudesta. Nostokorkeudessa on otettava huomioon myös nostoapuvälineiden kuten kettinkiraksien pituus. Suurimmat laitteet SP CRP 45 ja SP 50D ovat korkeudeltaan 7,5 m joten kokoonpanossa 10 m siltanosturi riittää hyvin. Koeajopukille siirrettäessä laitetta on nostettava, jotta se ylittää koeajopukin siirrettävän palkin. Koeajopukille laitteet siirretään suuremmalla siltanosturilla. 15 metrin nostokapasiteetti on siis varsin riittävä, jolloin korkeammille nostoille jää vielä varaa. Pienessä kokoonpanossa ja komponenttien siirtelyssä tarvitaan pienempiä nostureita. Mahdollisia nosturivaihtoehtoja esitellään luvussa 9.3.

Vaikka Steerprop hallitsee hyvin liikkuvan tavaran virran eri tilausten välillä, kehitettävää löytyy yrityksen sisällä olevasta varastosta. Steerpropin kokoonpanohallissa on kaksi seinää varattu osahyllyille. Välillä tämä varastotila ei tahdo riittää kaikille hallille tilatuille

osille, vaan osa niistä joudutaan sijoittamaan kokoonpanolinjan läheisyyteen lattialle. Lisäksi varaosat ja varsinaiset kokoonpano-osat ovat lähes sattumanvaraisessa järjestyksessä. Yleensä ne sijoitetaan hyllykköön sen mukaan, että mistä tilaa löytyy. Tämä hankaloittaa osien löytymistä ja välillä se aiheuttaaakin sekaannusta. Joskus tämä aiheuttaa epävarmuutta siitä, että minne tilatut osat ovat saapuneet tai ovatko ne edes tulleet hallille. Varastotilaa tarvittaisiin siis lisää. Tilannetta helpottaisi myös, jos tietyt osat olisivat niitä varten varatuissa paikoissa ja niissä olisi selvät merkinnät siitä, että mikä on piirustusnumero ja mihin työnumeroon ne ovat korvamerkittynä.

9 IDEAALILAYOUTIN SUUNNITTELU

Layoutia suunniteltaessa otettiin huomioon kaikki tarvittavat laitteet ja rakenteet, joita tarvitaan potkurilaitteiden eri kokoonpanovaiheissa. Omiksi alaosan vaiheiksi muodostuivat sen putkitus, kokoonpano, säätö ja momenttikokeen tekeminen. Yläosan mukaan laskettiin myös väliosia, jossa on kääntökehä, ohjausputki ja ohjausrunko. Yläosan vaiheiksi muodostuivat kokoonpano, säätö, momenttikoe, putkitus ja sähkötyöt. Molempien osien yhteinen vaihe on myös laakerien ja akselien yhteensovittaminen ja säätäminen. Kuviossa 15. on sovellettu Mutherin yhteyssuhdepiirroksia tuotannon tarpeisiin. Koeajon aiheuttamien ilmavirtojen takia koeajo on sijoitettu tärkeimmistä työskentelyalueista erilleen.



KUVIO 15. Mutherin yhteyssuhdepiirrokset

9.1 Lean-filosofian toteutus

Lean on tällä hetkellä yksi tärkeimmistä tuotannon kehitystyökaluista, ja sen toteuttaminen on hyvinkin helppoa, jos vain noudattaa sen kaikkia kahdeksaa kohtaa. Steerpropilla näiden hukkien poistaminen on mahdollista. Se, että onko se järkevää ja kannattavaa, on asia erikseen. Seuraavassa listataan Steerpropin hukat, jotka voisi poistaa tai kehittää.

Turhaa liikettä tuotantotiloissa on jonkun verran. Osia joudutaan etsimään eripuolilta hallia. Paras tilanne olisi, jos osat olisivat mahdollisimman lähellä kokoonpanopistettä. Pienemmät komponentit ja perusosat kuten pultit, mutterit, tiivisteet ja aluslevyt olisi sijoitettu samaan hyllyyn kokoonpanopisteen läheisyyteen, jolloin ei tarvitse kävellä pitkiä matkoja ja etsiä osia eri paikoista. Tähän tarkoitukseen sopiva hylly voisi olla luvussa 4.1.

esitetty paternosterhylly, johon saisi kaikki pienet komponentit sijoitettua kätevästi. Samalla useamman hyllyn ryhmät voitaisiin yhdistää yhteen pienempään tilaan sopivaan paternosterhyllyyn. Toisaalta kaikki osat eivät tällaiseen hyllyyn sovi. Suuremmat osat kuten, rungot, planeettavaihteistot, sähkömoottorit ja hammaspyörät on siksi sijoitettava suurempiin yksinkertaisiin hyllyihin. Nämä hyllyt on oltava myös lähellä kokoonpanopistettä.

Liikkeen minimointi perustuu myös materiaalivirtojen pienentämiseen. Tuotantotila on hyvä silloin, kun se on tuotantolinjamainen. Turhaa kuljettamista voidaan välttää silloin kun tuotannon vaiheiden etäisyydet ovat mahdollisimman lyhyet. Optimaalisin tilanne saavutetaan silloin, kun kappaleet liikkuvat hallin alkupäästä loppupäähän käyden läpi kaikki kokoonpanovaiheet. Edestakaisia kuljetuksia on vältettävä. Asiaa käsitellään lisää luvussa, jossa pohditaan tuotannon materiaalivirtoja.

Turhaa odottamista voidaan Steerpropilla vähentää sillä, että tilatut komponentit tulevat kokoonpanolinjalle juuri oikeaan aikaan ilman puutteita. Esimerkiksi usein laakerit saapuvat kokoonpanoon ilman tarvittavaa lukituslovea. Lovettamattomat laakerit joudutaan lähettämään koneistukseen lovetusta varten. Komponenttien toimitusketjut on siis saatava kuntoon. Kun tuotanto saadaan muistuttamaan tuotantolinjaa ja koko tuotantoprosessi mitoitettua pullonkaulan mukaan, vältetään turhalta odottamiselta, kun jokainen vaihe on samassa tahdissa pullonkaulan kanssa.

Henkilöstön luovuuden käyttöä voidaan aina parantaa. Osa asentajista on pitkäaikaisia ja ammattitaitoisia. He yleensä huomaavat puutteet laitteiden suunnittelussa ja valmistuksessa. Heidän luovuuttaan kannattaisi käyttää enemmän hyödyksi. Tässäkin opinnäyte-työssä tarkoituksena on kuulla asentajien ja työnjohtajien mielipiteet parhaasta layoutista. Heille annetaan vapaat kädet suunnitella paras vaihtoehto.

Kaikkia hukan lajeja ei Steerpropin kokoonpanossa ole tai ne ovat pieniä. Ylituotantoa ja turhaa varastointia ei juuri ilmene, koska laitteet valmistetaan vasta kun, niille on ostaja. Myös turhaa varastointia on vähän. Turhaksi varastoinniksi voidaan kuitenkin laskea tuotantotiloissa lattialla olevat seuraavan työnumeron komponentit. Käytännössä kokoonpanohallissa ei kuuluisi olla muuta, kuin kokoonpanossa olevan työn komponentit. Muiden

töiden osat tulisi sijoittaa muuhun varastorakennukseen, odottamaan edellisen työn valmistumista. Viallisia tuotteita ei juuri maailmalle pääse, sillä jokainen laite koeajetaan ja testataan. Kuitenkin joskus kokoonpanovaiheessa ilmenee puutteita joissain osissa. Nämä puutteet eivät ole Steerpropin karsittavissa, vaan komponenttien laadusta ovat vastuussa niiden toimittajat.

9.2 5S-filosofian toteutus

5S käyttäminen layoutsuunnittelussa on ensiarvoisen tärkeää. 5S on Steerpropilla käytössä, mutta sen toteutuminen tuotantotiloissa on erittäin puutteellista. Työpisteiden järjestys on paikoittain erittäin puutteellista, ja usein työkaluja ja osia on hukassa tai ne puuttuvat. Lattiat ovat täynnä ylimääräistä rautaromua, työkaluja ja komponentteja, jotka ovat jääneet edellisistä töistä siivoamatta. Osasyynä tähän on se, ettei työkaluille ja komponenteille ole standardisoituja paikkoja, joihin ne voisi käytön jälkeen palauttaa. Kaikki työkalut tulisi olla lähellä paikkaa, missä niitä eniten tarvitaan. Työkaluille tulisi olla nimetyt paikat, josta ne löytyisi nopeasti.

Työlle saapuvat komponentit ovat usein pakattu erittäin hyvin, jolloin niiden purkamisesta syntyy paljon jätettä. Usein jätteet jäävät kokoonpanopisteelle, koska kierrätyspiste on toisella puolella hallia. Jätteet poistuisivat tehokkaammin jos kokoonpanon läheisyydessä olisi kierrätyspiste, jonne kaikki pakkauksista tuleva jäte voitaisiin heti lajitella. Pelkällä siivouksella kokoonpanotiloista saisi tehokkaammat ja turvallisemmat.

Yhtenä kehitettävänä kohtana tuotantotiloissa on nykyinen hallin lattia, joka on epäkäytännöllinen, johtuen siihen upotetuista teräskiskoista. Kiskoista on enemmän haittaa kuin hyötyä. Ainoa hyöty kiskoista syntyy siitä, että niihin voidaan hitsata suurten laitteiden pukki tai laite kiinni kokoonpanoa ja koeajoa varten. Standardilaitteiden kokoonpanossa ne ovat siis täysin turhat. Tavaran kuljettaminen trukilla kokoonpanopisteelle on epätaisaista ja kappaleet saattavat tippua kydistä.

9.3 Nosturivaihtoehdot

Tyypillisin teollisuuden käyttämä nosturi on siltanosturi, koska sitä on saatavana erityyppisenä ja laajalla nostokapasiteetilla. Nostokapasiteetit vaihtelevat tonnista aina 500 tonniin asti. Kaikki Siltanosturit voidaan varustaa yhdellä tai useammalla koukulla (KUVA 21), jolloin kappaleiden kääntäminen on mahdollista. (Satateräs Oy 2015)



KUVA 21. Kaksi siltanosturia, joissa molemmissa kaksi koukkuja (Satateräs Oy. kuvagalleria 2015)

Siltanosturi ei välttämättä tarvitse kulkea hallin koko leveydellä. Satateräs valmistaa nostureita jotka kulkevat lattiassa olevilla kiskoilla (KUVA 22). Tällaiset soveltuvat mainiosti esimerkiksi kokoonpanolinjoille, joissa komponentteja asennetaan ja siirrellään. (Satateräs Oy 2015)



KUVA 22 Siltanosturi joka kulkee lattiassa olevilla kiskoilla (Satateräs Oy. kuvagalleria 2015)

Kuvassa 23. on kuvattu myös nosturi, joka ei kulje koko hallin leveydellä, vaan toinen pää kulkee seinän kiskolla ja toinen pää lattian kiskolla. Tällä nosturityypillä yletytään lähelle seinää. Lattiassa oleva kisko voidaan upottaa lattiaan, jolloin se voidaan ylittää esimerkiksi trukilla vaivatta. (Satateräs Oy 2015) Tällaisten nosturien päälle voidaan vielä asentaa koko hallin levyinen nosturi, jolloin näitä nostureita voidaan sulavasti käyttää ristiin.



KUVA 23 Siltanosturit, joissa toinen pää kulkee lattian kiskolla ja toinen seinän kiskolla (Satateräs Oy. kuvagalleria 2015)

Kun nostureita sijoitetaan päällekkäin, voidaan yhtenä vaihtoehtona pitää kääntöpuominosturia (KUVA 24), joka voidaan sijoittaa seinälle. Tällaisen nosturin kääntösäde on 180 °, ulottuma 7 metriä ja kapasiteetti kaksi tonnia. (Satateräs Oy 2015)



KUVA 24. Siltanostureiden ja kääntöpuominostureiden yhdistelmä (Satateräs Oy. kuvagalleria 2015)

Kääntöpuominosturi voi toimia myös oman tukipilarin varassa, jolloin saavutetaan 360° käyttö. Nosturin huonoina puolina voidaan pitää suorien sivunostoratojen vaikeutta ja nosturin rajallista käyttöaluetta. Nosturia joudutaan usein kääntämään ja koukkua liikuttamaan samanaikaisesti, jolloin sivunostot muodostuvat vaativiksi. Lisäksi pyöreä käyttöalue aiheuttaa halliin katvealueita, joissa nosturia ei voi käyttää.



KUVA 26. Kääntöpuominosturi (Satateräs Oy. kuvagalleria 2015)

9.4 Lämpimenoajat

Nykyisen kokoonpanon läpimenoajat ovat liian pitkiä. Nykyisillä tiloilla saavutetaan keskimäärin 30 päivän läpimenoaika, johon kuuluu kokoonpano ja koeajo. 200 laitteen kapasiteetilla tällä läpimenoajalla keskeneräisen tuotannon arvo on liian suuri. Taulukoissa 3 ja 4 on eri laitemallien nykyisiä läpimenoaikoja ja työaikoja kokoonpanossa.

TAULUKKO 3. Eri laitteiden nykyisiä läpimenoaikoja

Tuotannon suunniteltuja vaiheajoja (karkea)			
Laite	määrä	kokoonpano	Koeajo
SP10D	2	15 päivää	5 päivää
SP25D	2	20 päivää	5 päivää
SP35D	2	20 päivää	10 päivää
SP 35CRP	2	30 päivää	10 päivää

TAULUKKO 4. Nykyinen tuntimäärä yhden laitteen kokoonpanossa

Mekaaninen kokoonpano h/laitte		
Tyyppi	Tavoite	Hyväksytty vaihtelu
SP10L	140	120 - 160
SP20D	160	140 - 180
SP25D	250	215 - 285
SP35D	280	240 - 320
SP35CRP	450	380 - 520

9.5 Tahtiaika

Työpäivien määrä vaihtelee vuosittain ja riippuu myös siitä, että miten työpäivät laskeaan. Vuodessa päiviä on 365. Niistä viikonlopun päiviä on 104 ja arkipyhiä yhdeksän. Jäljelle jää 252 normaalia työpäivää. Jos jokainen työpäivä on kahdeksan tunnin mittainen, on työtunteja vuodessa yhteensä 2016. Mikäli halutaan, että laitteita valmistuu 200 vuodessa, on tahtiajan oltava kaavan (1) mukaisesti:

$$Tahtiaika = \frac{2016 \text{ h}}{200 \text{ laitetta}} \approx 10 \text{ h} \quad (1)$$

Yleisimmin yhden työnumeron alla on kaksi laitetta. 200 laitteen kapasiteetilla työnumeroita on valmistuttava vuodessa noin sata. Koeajopukin kapasiteetti on kaksi laitetta samanaikaisesti ajettavaa laitetta, jolloin se muodostaa tahtiajan. Syntynyt tahtiaika on noin 20 tuntia eli 2,5 työpäivää. Tällä tahtiajalla pystytään koeajamaan neljä laitetta viikon viitenä arkipäivänä. Tämä aika on siis jokaisen vaiheen sallittu kesto. Osa vaiheista on nopeampia kuin toiset. Esimerkiksi alavaihteen kokoonpano on nopeampi kuin ylävaihteen kokoonpano putkituksineen. Tämä on otettava huomioon kun suunnitellaan eri vaiheita kokoonpanoprosessissa. Kokoonpanoprosessi on edettävä tasaisena virtana kokoonpanolinjalla materiaalin saapumisesta aina laitteen valmistumiseen ja koeajoon asti kuvion 4 mukaisesti.

9.5.1 Tahtiajan toteutuminen eri vaiheissa

Idealisessa layoutissa ja sen tahtiajan toteutumisessa ei oteta huomioon viivästyksiä, virheitä ja muita ongelmia, jotka hidastavat tuotantoa. Steerpropin ideaalilayoutin suunnittelussa on oletettava, että:

- kokoonpano aloitetaan vasta, kun kaikki työnumeron osat ovat saapuneet varastoon
- tilatut komponentit ovat virheettömiä
- asennuksessa ei tehdä merkittävästi aikatauluun vaikuttavia virheitä
- luokituslaitos saapuu paikalle sovittuun aikaan.

Kokoonpanoprosessissa saman tahtiajan omaavia vaiheita on oltava:

1. laakerointi
2. kokoonpano
3. ylävaihteen putkitus ja alavaihteen puskurointi.
4. ja ylä- ja alaosan yhdistäminen.

Syntynyt kokoonpanon läpimenoaika on 80 h eli 10 työpäivää. Kun osat tuodaan laakerointiin ja kokoonpanoon, on laitepari valmiina koeajoon 80 tehdyn tunnin jälkeen. Koeajosta laitepari on valmiina viimeistelyyn 20 tehdyn tunnin kuluttua. Samanaikaisesti tehtaalla on valmistuksessa viisi työnnumeroa. Ensimmäinen työnnumero on laakeroinnissa, toinen työnnumero on kokoonpanossa ja momentissa, kolmannen työnumeron alarunko on koeajopukin puskurivarastossa ja ylärunko putkituksessa. neljäs työnnumero on koeajossa ja viimeinen työnnumero on maalauksessa ja viimeistelyssä

Alussa tuotannon pullonkaulana oli koeajopukki. Nyt uudeksi pullonkaulaksi ovat muodostuneet ylävaihteen kokoonpano ja putkitus. Näiden kapeikkojen avulla pystytään vaikuttamaan tehtaan läpäisy aikaan ja haluttuun kapasiteettiin. Kapeikko toimii siis tuotantoprosessin ohjauspisteenä. Kuten jo aikaisemmin teoriaosuudessa kerrottiin, tuotannossa on aina oltava kapeikko, koska jos sitä ei ole, kapasiteetti on joko ääretön tai nolla. Tärkeimpänä tehtävänä onkin mitoittaa putkitus ja ylävaihteen kokoonpanopisteet niin, että ne ovat samassa tahdissa koeajopukin kanssa.

Jokaisen potkurilaitteen putkitus tehdään yksilöllisesti ja mittatarkasti. Yhtä ylärunkoa putkittamassa voi olla korkeintaan kaksi putkimiestä. Kahden ylärunгон putkitukseen neljältä mieheltä on mentävä enintään 2,5 työpäivää, jotta haluttu kapasiteetti onnistuisi. Mikäli se ei onnistu, on putkitusmenetelmiä muutettava tai tehtävä putkitöitä kahdessa vuorossa. Putkimiehille tehdyn kyselyn mukaan yhden ylärunгон putkittamiseen yhdeltä mieheltä kuluu laitteesta riippuen 8–16 tuntia. SP 20D ylärunгон putkituksen saa valmiiksi 8 tunnissa, jos ei ongelmia ilmene. SP 45 CRP ylärunгон putkitukseen menee kaksi työpäivää. Putkituksen osalta 2,5 päivän tahtiaika on siis mahdollinen, kun putkimiehien määrä on sopiva putkitettavien laitteiden määrään nähden.

Sähkömiehille tehdyn kyselyn mukaan yhden ylärunгон sähköistämiseen menee yhdeltä sähkömieheltä noin 8 h. Sähkötyöt voidaan sijoittaa lähelle putkiosastoa, koska sähköasennukset tehdään putkituksen yhteydessä. Sähkötöille on varattava kuitenkin oma työpisteensä jonnekin sivummalle, jotta sähkökokoonpanot voidaan tehdä kipinöiltä suojassa.

Koska ylärunkojen valmistus on hitaampaa, joudutaan alarunkojen kohdalla rakentamaan yhden työnumeron puskurivarasto koeajopukin eteen. Puskurivaraston läheisyydessä on myös yhdistämispaikka, jossa ala- ja ylärunko yhdistetään valmiiksi ennen koeajoa.

Koeajossa on oltava vähintään neljä asentajaa. Toinen pari keskittyy laitteiden yhdistämiseen ja pukille laittamiseen, ja toinen pari keskittyy laitteen poistamiseen koeajopukilta ja purkamiseen. Momenttikoe voidaan tehdä joko heti kokoonpanon jälkeen kokoonpanopaikalla tai sitten se jätetään yhdistys/purkupaikalle, jossa laitetta koeajoon laittavat asentajat tekevät momenttikokeen sekä ylä- että alavaihteelle ennen yhdistämistä.

10 LAYOUTVAIHTOEHDOT

Tässä luvussa esitellään eri layoutvaihtoehtoja ja pohditaan kunkin layoutin vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia. Lopuksi vaihtoehtojen ominaisuuksia arvioidaan hyötyarvomatriisin avulla. Hyötyarvomatriisista parhaat pisteet saanut vaihtoehto on lopullinen valinta. Kutakin vaihtoehtoa on pohdittu ja arvioitu ominaisuuksia ryhmässä, johon kuului tuotantopäällikkö ja kaksi työnjohtajaa. Pohdintoja eri vaihtoehtojen ominaisuuksista ja työn etenemisestä tehtiin erilaisissa palaverissa (LIITE 2.)

10.1 Ensimmäinen layout

Ensimmäisessä layoutissa (LIITE 3.) laitteen eri kokoonpanovaiheet toimivat omina soluinaan. Solut on sijoitettu hallin kahdelle sivulle. Kokoonpano alkaa sekä yläosan, että alaosan akselien laakeroinnilla. Laakerointi on suuri osa kokoonpanoprosessia. Laakerointi vaatii omat laitteensa ja työkalunsa, jotta se onnistuisi sujuvasti. Ensimmäisessä layoutissa laakerointi suoritetaan ylä- ja alavaihteelle samassa työsolussa hallin peräseinällä, josta löytyy teollisuusuuni ja -pakastin, suuri ”krymppäyspukki”, kaksi induktiolämmitintä, pesukone, laakerien esisääätöpukki, nosturi ja työtasot työkaluineen. Tästä solusta alkaa koko kokoonpanoprosessi.

Oikealla seinällä ovat ylävaihteen eri solut, joihin kuuluvat kokoonpanopiste momenttipukkeineen, nostureineen ja työkaluineen, ylävaihteen putkitus- ja sähköosasto. Koska ylävaihteeseen kuuluu paljon osia, on kokoonpanopisteelle ja putkitusosastolle sijoitettu omat paternostervarastonsa, jotta osat löytyisivät helpommin ja nopeammin. Laakerien tultua laakerointisolusta ne yhdistetään ylärunkoihin. Samalla runkoihin asennetaan myös muut tärkeät komponentit, kuten väliosa, kääntövaihteet ja -moottorit ja pienet bulkkiosat. Samassa pisteessä on myös momenttipukki, jossa vaihteen hammaskuviot säädetään ja testataan.

Vasempaan reunaan on sijoitettuna alaosan kokoonpanon eri työsolut. Näihin soluihin kuuluvat potkurien kaavintapukki yhdessä alavaihteen kokoonpanopisteen kanssa nostureineen ja työkaluineen. Samalla hammaskuviot säädetään ja testataan alavaihteelle tarkoitettulla momenttipukilla. Kun molemmilta reunoilta ovat osat valmiita, ne yhdistetään ennen koeajoa. Koska alaosa on pystyasennossa momenttikokeen jälkeen, tuodaan yläosa

vasemmalle puolelle hallia, missä yhdistäminen tapahtuu laskemalla yläosa alaosan päälle. Yhdistämisen jälkeen kaksi laitetta nostetaan koeajopukille, missä ne asennetaan käyttölaitteisiin ja -moottoriin. Koeajon jälkeen laitteet erotetaan ja pakataan asiaankuuluvilla kuljetuspukeilla, jotta ne voidaan lähettää kohti maalaamoja. Pakkaukselle on varattu oma alueensa lähelle hallin päätyä.

Tämä layoutmalli muistuttaa vaihtoehtoista eniten linjakokoonpanoa. Tällä saadaan materiaalivirrat mahdollisimman yksinkertaisiksi. Samalla jokaiselle pisteelle materiaalin toimitukset helpottuvat, kun kulkuväylä on keskellä hallia. Keskellä olevan vapaan alueen päällä voidaan suuremmat nostot tehdä turvallisesti ilman, että kappaleita nostetaan kokoonpanopisteiden yli.

Layoutin 1. SWOT analyysi

Vahvuudet

- Materiaalivirrat selkeät
- Helppo ohjattavuus
- Laakerointi lähellä molempia kokoonpanopaikkoja
- Komponentit saadaan kuljetettua jokaiseen pisteeseen
- Helppo ohjattavuus

Heikkoudet

- Hallin läpi ei pääse rekalla
- Pesukone ei ole lähellä laakerointia
- Laakeroinnille tarvitaan oma nosturi

Mahdollisuudet

- Kapasiteettia voidaan helposti lisätä lisäämällä työntekijöitä

Uhat

- Momenttipukki vaatii suuren tilan
- Tavaraa aletaan turhaan varastoida lattialla

10.2 Toinen layout

Toisessa layoutissa (LIITE 4.) jokaiselle eri vaiheelle ei ole kehitetty omaa soluaan. Ai-noastaan laakerointi, putkitus ja sähkötyöt ovat erillisinä soluina. Jokainen työnumero valmistetaan omassa työsolussaan. Samassa työsolussa tapahtuu siis sekä yläosan, että alaosan kokoonpano. Tällä savutetaan tasainen kuorma jokaiseen kokoonpanosoluun. So-luja lisäämällä saadaan lisättyä tuotannon kapasiteettia. Tässä layoutissa tuotannon oh-jaaminen on hankalaa, kun eri työpisteiltä valmistuu laitepareja eri aikaan. Seurauksena on, että koeajopukin, putkituksen ja sähköosaston kuormitus on epätasainen. Käytännössä kokoonpanopisteet vaatisivat paljon tilaa, jotta kokoonpano onnistuisi hyvin.

Layoutin 2. SWOT-analyysi

Vahvuudet

- Laakerointi lähellä kaikkia kokoonpanopaikkoja
- Hitaammat työnumerot eivät tuki tuotantoa
- Asentajalle mieluisa

Heikkoudet

- Hallin läpi ei pääse rekalla
- Kokoonpano ei muistuta linjaa
- Pesukone ei ole lähellä laakerointia
- Jokaiselle
- Tilantarve suuri
- Kokoonpanon lähellä pitäisi olla momenttipukki
- Vaikea ohjattavuus

Mahdollisuudet

- Suuressa tuotantotilassa voidaan kukin kokoonpanopiste räätälöidä eri lai-temalleille, jolloin laitteiden kasaaminen nopeutuu.

Uhat

- Eri aikaan valmistuvat työnumerot aiheuttavat epätasaisen koeajopukin ja putkituksen käyttöasteen
- Tavaraa aletaan turhaan varastoida lattialla
- Haluttu kapasiteetti jää saavuttamatta

10.3 Kolmas layout

Kolmas layout (LIITE 5.) muistuttaa kahta edellistä layoutia, jossa jokaiselle laitteelle on oma tuotantolinjansa, jonka se käy läpi valmistuakseen. Jokaisella linjalla on oma laakerointi, kokoonpanopiste ja putkitus. Sähkötyöt ja yhdistyspiste ennen koeajoa ovat yhteiset. Tämä vaatii lisää investointeja tuotantoon, koska tarvitaan useampi nosturi ja laite suurentuneisiin tarpeisiin. Käytännössä layout olisi toimiva, jos tuotanto voitaisiin jakottaa niin, että koeajopukille valmistuu tasaisesti koeajettavia laitepareja.

Layoutin 3. SWOT-analyysi

Vahvuudet

- Materiaalivirrat ovat selkeät, mutta tavaraa liikkuu paljon.
- Laakerointi on lähellä kaikkia kokoonpanopaikkoja.
- Rekalla pääsee ajamaan hallin läpi.

Heikkoudet

- Halliin tarvitaan suuri määrä nostureita.
- Laakeroinnit ovat erillään, jolloin tarvitaan enemmän laitteita.
- Ohjattavuus on vaikeaa.
- Layout vaatii suuren tilan.
- Momenttipukki ei ole lähellä kokoonpanoa.
- Keskeneräisen työn määrä on suuri.
- Kaikille työpisteille ei ole kulkua.

Mahdollisuudet

- Suuremmalla pinta-alalla tuotantolinjojen avulla saadaan erittäin suuri kapasiteetti.

Uhat

- Osa pisteistä on toimettomana.
- Keskeneräisen työn määrä on suuri.
- Koeajopukin kuormitus on epätasainen.

10.4 Neljäs layout

Neljäs vaihtoehto (LIITE 6.) muistuttaa eniten ensimmäistä layoutia. Ainoa ero on siinä, että laakerointipiste on siirretty lähelle seinää, jossa on myös pesukone. Samalla laakerointi saadaan alavaihteen kokoonpanoa varten rakennetun nosturilinjan alle. Hallin keskelle jää kulkuväylä, jota pitkin komponentteja ja materiaaleja voidaan kuljettaa sulavasti koko hallissa. Samalla se mahdollistaa hallin läpi ajamisen.

Layoutin 4. SWOT analyysi

Vahvuudet

- Materiaalivirrat selkeät
- Helppo ohjattavuus
- Laakerointi lähellä molempia kokoonpanopaikkoja
- Komponentit saadaan kuljetettua jokaiseen pisteeseen
- Helppo ohjattavuus

Heikkoudet

-

Mahdollisuudet

- Kapasiteettia voidaan helposti lisätä lisäämällä työntekijöitä
- Layout on helppo laajentaa uusilla nostureilla.

Uhat

- Momenttipukki vaatii suuren tilan
- Tavaraa aletaan turhaan varastoida lattialla

11 IDEAALILAYOUT

Tässä luvussa kerrotaan ideaalilayoutin valintaperusteet ja kerrotaan, kuinka valittua vaihtoehtoa kehitetään pidemmälle CAD-ohjelman avulla. Luvussa kerrotaan myös nykyiseen kokoonpanotilaan sovellettu layout, jonka avulla nykyisestä tilasta saadaan pienillä investoinneilla tehokkaampi.

11.1 Ideaalilayoutin valikoituminen

Hyötyarvomatriisissa (Taulukko 5) luvussa 10 mainittujen vaihtoehtojen etuja ja haittoja on punnittu. Kunkin layoutin ominaisuuksia on arvioitu ja pisteet laskettu yhteen. Matriisista nousee esille kaksi selvää suosikkia: layout 1. ja layout 4. Molemmissa materiaali-
virrat ovat selkeät ja tuotannon ohjaaminen helppoa. Lisäksi molemmissa pinta-alan käyttö on tehokasta ja investointien tarve on pienempi muihin verrattuna.

TAULUKKO 5. Hyötyarvomatriisi

Hyötyarvomatriisi							
Arvioitava tekijä	painoarvo	Vaihtoehtojen arvostelu ja punnitut pisteet					
		1	2	3	4		
Pinta-alan hyväksikäyttö	8	E/24	O/8	O/8	A/32		
Investointitarve	9	E/27	I/18	U/0	E/27		
Valmistuksen ohjaus	10	A/40	I/20	I/20	A/40		
Joustavuus laajenuksille	8	E/24	I/16	U/0	A/32		
Selkeys	7	A/28	I/14	I/14	A/28		
Materiaalivirtojen selkeys	8	E/24	U/0	E/24	E24		
Työn mielekkyys	6	I/12	E/18	E/18	I/12		
Summa		179	94	84	195		
A = Melkein täydellinen (4) E = Erittäin hyvä (3) I = Hyvä (2) O = Välttävä (1) U = Huono (0) X = Ei toivottavaa (-)							

Paremmaksi vaihtoehdoksi matriisin mukaan valikoitui vaihtoehto neljä, jossa laakerointi on sijoitettu alavaihteen kokoonpanon läheisyyteen. Laakeroituja akseleita menee eniten alavaihteen kokoonpanoon, jolloin on hyvä, että laakerointi on lähellä alavaihteen kokoonpanoa. Kyseisessä vaihtoehdossa laakerointi on myös lähellä pesukonetta. Lisäksi

laakeroinnin nostokapasiteetti saadaan sijoitettua alavaihteen kokoonpanoa varten suunnitellulle nosturilinjalle. Yksi hyöty muodostuu myös siitä, että hallin läpi on kulkuväylä, jonka läpi pystytään ajamaan esimerkiksi rekan avulla.

11.2 CAD-mallinnus

CAD-mallinnuksessa käytettiin AUTO Cad LT -nimistä ohjelmistoa, jonka avulla hallin kaikki hallin laitteistot ja rakenteet saatiin piirrettyä oikeassa mittakaavassa. Piirroksot tehtiin kaksiulotteisena ja apuna käytettiin Steerpropin sisäisestä tietokannasta suurimpien laitteiden kuvia, joita voitiin sijoittaa pohjapiirustukseen. Näin voitiin varmistua siitä, että laitteet todella mahtuvat kokoonpanolinjalle. CAD-piirustukseen (LIITE 7.) lisättiin hyllyjä, nosturiratoja, työpöytiä ja erilaisia laitteita. Piirroksessa on kuvattuna hallin pohjapiirustus ja poikkileikkaus. Poikkileikkauksesta näkee nosturien sijoittelun ja tilan korkeuden.

Sähköiseen simulointiin ei tässä opinnäytetyössä perehdytä, sillä se on niin suuri prosessi, joka vaatii suuren määrän töitä toimiakseen kunnolla. Simulointia voidaan kuitenkin tehdä myös paperilla esimerkiksi aikatauluttamalla jokainen vaihe ja tutkimalla materiaalien virtaa uudessa layoutissa.

11.3 Layoutvaihtoehto nykyiseen kokoonpanotilaan

Nykyiseen kokoonpanotilaan ei kannata tehdä suuria investointeja, koska halli ei ole Steerpropin omistuksessa. Halliin kuitenkin voidaan hankkia pylväsnostureita, jotka Steerprop saa mukaansa vuokrasuhteen päätyttyä. Lisäksi kokoonpanopisteitä voidaan siirtääärkevimmille paikoille. Paremman layoutin suunnittelun haasteena ovat käytössä olevat kääntöpuominosturit, jotka aiheuttavat katvealueita. Lisäksi sosiaalitulat vievät paljon tehokasta kokoonpanotilaa hallista. Suunnittelussa on pyritty käyttämään layoutin 4 tyyppistä rakennetta, jossa tavara liikkuu loogisesti kohti koeajopaikkaa ja tavaran läheystä. Liitteessä 8. on CAD-ohjelmalla luonnosteltu vaihtoehtoinen suunnitelma uudesta layoutista vanhaan halliin. Suunnitelmasta on poistettu sähköosastot, jotta koeajopukki mahtuisi paremmin hallin eteläpäätyyn. Tavaran vastaanotto, kaavauspukki ja laakerointi ovat pohjoispäädyssä. Pesun ja laakeroinnin jälkeen ylä- ja alavaihteen akselit ja komponentit siirtyvät kulkemaan molemmin puolin hallia. Koeajopukin läheisyydessä ovat

yhdistämispaikka, purkamispaikka ja lähetys. Ongelmiksi muodostuvat selkeiden kulkuväylien saaminen läpi tuotantohallin sekä kääntöpuominostureiden ympärillä olevat katvealueet, jotka eivät ole tehokasta kokoonpanotilaa.

11.4 Uusien layoutien materiaalivirrat

Liitteessä 9. ovat ideaalin layoutin materiaalivirrat ja liitteessä 10. ovat vaihtoehtoisen layoutin materiaalivirrat. Tehdyillä muutoksilla saatiin materiaalivirtoja yksinkertaistettua huomattavasti. Kuvista voi nähdä, kuinka eri materiaalit virtaavat selkeästi ja samansuuntaisesti tuotantotilassa. Materiaalit eivät enää kulje edestakaisin kokoonpanohallissa.

Ideaalilayoutissa materiaalivirrat ovat selkeämmät kuin vaihtoehtoisessa layoutissa, koska ideaalilayoutiin on saatu sijoitettua keskelle selkeä kulkuväylä, jota pitkin materiaaleja on helppo kuljettaa trukeilla ja rekoilla suoraan työpisteisiin, joissa niitä tarvitaan.

Jotta liitteissä 9. ja 10 esitetyt materiaalivirrat toteutuisivat, on materiaalien logistiikka oltava hyvin organisoitu hallin ulkopuolella ja sisäpuolella. Materiaalien on saavuttava kokoonpanolinjalle JIT:n vaatimalla tavalla

12 POHDINTA

Tässä kappaleessa pohditaan saadun layoutvaihtoehdon puutteita, ongelmia ja kehitysvaihtoehtoja vielä tarkemmin. Ongelmiin pyritään suunnittelemaan mahdollisimman hyvät ratkaisut, jotta ongelmista muodostuisi mahdollisimman vähän vaivaa.

12.1 Ongelmat

Alihankkijoiden toimitusvarmuus on suuri ongelma kokoonpanolle. Jotta JIT onnistuisi, on toimittajien oltava täysin luotettavia ja pidettävä kiinni sovituista toimitusajoista. Kun yksi osa puuttuu, seisahtuu kokoonpano täysin. Tämä aiheuttaa koko prosessin seisahtumisen. Tällöin työn alla on oltava varalla töitä, joita voidaan jatkaa. Käytännössä tämä johtaisi epätasaiseen kuormitukseen, ja koeajopukin ailahtelevaan käyttöasteeseen. Puuttuvien osien varalta on layoutiin saatava niin sanottu potkurilaitteiden sairaalaosasto, jonne voidaan keskeytyneet työt siirtää takaa tulevien tieltä. Kun puuttuneet osat ovat saapuneet, laite voidaan palauttaa kokoonpanolinjalle.

Kun laitteet on koottu ja koeajossa ilmenee tekninen ongelma, aiheuttaa se toimenpiteitä, jotka sekoittavat koko tuotantoprosessia. Laite joudutaan ottamaan pahimmassa tapauksessa pois pukilta, purkamaan, tarkastamaan, kokoamaan ja koeajamaan uudelleen. Kokoonpanon huolellisuuteen on siis keskityttävä. Siksi osien puhtaus ja virheettömyys ovat tärkeitä

Suurimpana kysymyksenä on uuden koeajopukin kapasiteetti: pystytäänkö sillä ajamaan sujuvasti neljä laitetta viikossa vai onko sen kapasiteetti pienempi vai suurempi. Suuremmalla kapasiteetilla neljä valmista laitetta on realistinen määrä viikossa. Edellä mainitut ongelmat aiheuttavat koeajopukin epätasaisen kuormituksen. Jos koeajopukin maksimaalinen koeajokapasiteetti on neljä laitetta viikossa, ei voida taata, että kuorma olisi tasaisesti neljä laitetta viikossa. Käytännössä tuotantoa ei saada mitenkään tasaisesti ruokkimaan sitä. Koeajopukin kapasiteetti on testattava käytännössä. Jos se kykenee läpäisemään esimerkiksi viidestä kuuteen laitetta viikossa, on se riittävä. Muussa tapauksessa on saatava koeajopukin kapasiteetti suuremmaksi, jotta se sallisi kausivaihtelujen ja ongelmien aiheuttamat tuotantomäärien erot..

Eri laitteiden kokoonpanoajat vaihtelevat suuresti. Pienempien laitteiden kokoonpanossa esimerkiksi laakereita voidaan asentaa käsivoimin, kun taas suurempien laitteiden laakereiden asennuksessa tarvitaan aina nosturia. Samalla suuremmat laitteet tarvitsevat paljon enemmän tilaa kuin pienet.

Koska tilauskannassa erikokoisia laitteita on tilattuna eri aikaan, aiheuttaa se läpimenoajan vaihteluita tuotantoprosesseissa. Tapahtuu tukos tuotantolinjassa, kun suurempi laite valmistuu hitaammin pienemmän laitteen edellä. Tilauksia ei tule tuotannolle tasaiseen tahtiin, mikä aiheuttaa kiiretilanteita ja hiljaisempia vaiheita. Tuotanto on saatava niin joustavaksi, että se sallii eri laitteiden läpimenoaikojen vaihtelut tai sitten laitteita on valmistettava varastoon, mikä ei ole suotavaa.

12.2 Mahdolliset muutokset kokoonpanomenetelmiin

Nykyisestä kokoonpanosta pois jäisivät alaosan putkitus ja sinkkien asennus. Tavoitteena on, että alaosa tulisi kokoonpanolinjalle valmiiksi putkitettuna ja sinkitettyinä. Lisäksi sähkösermien kokoonpano ja testaus tapahtuisi erillisissä tiloissa, joissa lämpötila on tasainen. Koska sähköosien toimitusaika on lyhempi, kuin mekaanisen osan komponenteilla, sähkösermit voidaan koota ja testata ennakkoon ja toimittaa koeajoon valmiina.

Myös potkurien kaavaus on kokoonpanolle epäsopiva prosessi. Potkurien pitäisi olla täysin mittatarkkoja, jotta ne voitaisiin heti puhdistuksen jälkeen asentaa potkuriakselille. Ilmeisesti potkurien epätarkkuus johtuu liian aikaisesta koneistuksesta valamisen jälkeen. Potkurien hionta ei kuulu kokoonpanolinjalle.

Nykyisin kokoonpano perustuu kansioissa oleviin räjäytyskuviin, joista katsotaan mallia kokoonpanoon. Käytännössä kansio on usein hukassa ja asentajien käännellessä sivuja ne irtoavat ja tahriintuvat. Optimaalisessa kokoonpanopisteessä olisi oma tietokone, jossa suuri näyttö, jossa kaikki kokoonpanokuvat ovat selkeästi esillä.

12.3 Muutosten käyttöönoton välivaiheet ja aikataulu

Valittua layoutia kannattaa soveltaa nykyiseen kokoonpanohalliin liitteen 8. mukaisesti ja kokeilla sen toimivuutta. Osaavan henkilön käsissä suunniteltua layoutia voidaan myös simuloida todenmukaisemmin. Ensin on määritettävä maksimaalinen koeajopukin kapasiteetti. On tehtävä testi, jossa mitataan yhden työnumeron koeajoon ja sen valmisteluihin kulunut aika. Näin saadaan tuotannolle todellinen tuotantoteho. Mikäli tehoa halutaan lisätä, on työtä tehtävä kahdessa vuorossa tai tilattava toinen koeajopukki.

Uutta tuotantotilaa on harkittava kun kapasiteetti halutaan yli 100 laitteen. Tämän opinäytetyön tuloksena saatu ideaalilayout ei ole nimestä huolimattaan virheetön, vaan tilanteen kehittyessä Steerpropin henkilöstön on kokoonnuttava yhteen ja keskusteltava uuden layoutin muovaamisesta sen hetken tarpeiden mukaiseksi. Uuden hallin rakentamisesta on keskusteltava rakennusyhtiöiden, nosturivalmistajien ja erityisesti kaupungin kanssa, jotta sen rakennuttaminen sujuisi mahdollisimman sujuvasti ja ilman vastoinkäymisiä.

LÄHTEET

Debashis S. 4.6.2009. 8 Wastes of Lean Manufacturing in a Services Context. Luettu 2.7.2015.

<http://www.processexcellencenetwork.com/lean-six-sigma-business-transformation/articles/8-wastes-of-lean-manufacturing-in-a-services-conte/>

Haverila M, Uusi-rauva E. & Kouri I. 2003. Teollisuustalous. 4. painos. Tampere: Tammer-paino

Haverila M, Uusi-rauva E. & Kouri I. 2009. Teollisuustalous. 6.painos. Tampere: Infacs Oy

Hillman, L. Lehtori. 2015 Layout-suunnittelu. Luento 3.3.2015. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere

Hollming-historia. 2015. Luettu: 30.6.2015. <http://www.hollming.fi/fin/yritys/historia/15>

Hänel Ltd. 2015. Paternostervarastot. Luettu 7.10.2015

<http://www.haenel.de/de/en/Products/Rotomat%C2%AE-Industrial-Carousels.html>

Kauppalehti. 2015. Steerpropin tunnuslukuja. Luettu 23.7.2015

<http://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/steerprop+oy/16127372>

Keskinen J. 2012. Kokoonpanolinjan kehittäminen. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Lapinleimu Ilkka, Kauppinen V. & Torvinen S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY

Logistiikan Maaailma. 2015. Imuohjaus. Luettu 23.7.2015

http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Ty%C3%B6nt%C3%B6ohjaus_ja_imuohjaus

Logistiikan Maaailma. 2015. Lean-ajattelu. Luettu 23.7.2015

<http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Lean-ajattelu>

Logistiikan Maaailma. 2015. Materiaalivirrat ja tuotannon ohjaustavat. Luettu 25.8.2015

http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Tieto-_raha_ja_materiaalivirrat#Materiaalivirta

Logistiikan Maaailma. 2015. Varastointi. Luettu 6.7.2015

www.logistiikanmaailma.fi/wiki/varastointi

Mark A. Vonderembse, Gregory P. White. Operations Management. Concepts, Methods and Strategies. 1996. 3.painos. South-Western Publishing

Mäkilä J. tuotantopäällikkö. 2014. Haastattelu 25.11.2014. Haastattelija Saarinen T. Rauma

Peltonen A. 1998. Opetushallitus. JOT-tuotanto. Luettu 7.7.2015

<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tehdas6.html>

Satateräs Oy. 2015. Teollisuusnosturit. Luettu 24.7.2015

<http://www.satateras.fi/tuotteet>

Suomen Riskienhallintayhdistys. 2015 SWOT-analyysin nelikenttä. Luettu 26.7.2015

<http://www.pk-rh.fi/index.php?page=swot>

Rakennusfakta. 2008. Uutta tehoa teollisuuteen. Luettu 7.10.2015

http://www.rakennusfakta.fi/14/pdcnewsitem/01/24/31/index_14.html

Tuottavuus- ja tuloksellisuustyö. 2015. 5S tuottavuuden ja työsuojelun välineenä. Luettu 6.7.2015

http://www.tuottavuustyö.fi/menestyva_tyopaikka/hyva_laatu/5_s_-laatujarjestelma

Turunen I. 2014. Systemaattinen layout-suunnittelu. Lappeenrannan teknillinen yliopist. Kandidaattityö.

13 LIITTEET

Liite 1. Nykyisen kokoonpanotilan materiaalivirrat

Liite 2. Keskustelut ja palaverit

Liite 3. Layout 1

Liite 4. Layout 2

Liite 5. Layout 3

Liite 6. Layout 4

Liite 7. Ideaalilayout

Liite 8. Vaihtoehtoinen layout

Liite 9. Ideaalilayoutin materiaalivirrat

Liite 10. Vaihtoehtoisen layoutin materiaalivirrat