

Tehdaslayoutin uudistaminen

Salla Turunen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Turunen, Salla	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 27.5.2015
	Sivumäärä 91	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: X
Työn nimi Tehdaslayoutin uudistaminen		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Hannu Kivistö, lehtori Miikka Parviainen, lehtori		
Toimeksiantaja(t) Jarmo Mäkinen, Nokka Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella ja analysoida muuramelaisen Nokka Oy:n tuotantoa, ja suunnitella tulosten perusteella ehdotuksia tehtaaseen uudeksi layoutiksi. Layoutin uudelleen suunnittelun tavoitteena oli nostaa tuottavuutta, parantamalla materiaalivirtausta, lyhentämällä läpäisyajoja ja vähentämällä tuotannossa esiintyvää hukkaa.</p> <p>Työssä perehdyttiin tuotannon tuottavuuteen ja sujuvuuteen oleellisesti vaikuttaviin tekijöihin sekä layout-suunnitteluun. Työ toteutettiin kartoittamalla nykytila tuotepäristä valittujen tuotteiden kohdalta, jonka jälkeen tuloksia analysoidiin käyttäen apuna systemaattisen layout-suunnittelun työkaluja, ja pohtimalla olemassa olevia ongelmakohtia. Tieto analysointia varten kerättiin toiminnanohjausjärjestelmästä tuoterakenteiden muodossa, tarkastelemalla tuotannon kulkua ja hyödyntäen etukäteistä tuntemusta tuotannon ja työvaiheiden kulusta. Analysoidun tiedon pohjalta laadittiin olemassa oleviin tuotantotiloihin layout-ehdotuksia.</p> <p>Työn tuloksena syntyi neljä erilaista layout-ehdotusta. Ehdotuksille suoritettiin arviointi, jonka tuloksena valittiin optimaalisin vaihtoehto. Arviointien perusteella muutoksilla voitaisiin saavuttaa tehokkaampi tuotanto, ja virtaus olisi huomattavasti sujuvampaa. Ehdotusten arviointi suoritettiin yhdessä toimeksiantajan ja tuotannon edustajien kanssa. Layout-ehdotukset perusteluineen luovutettiin toimeksiantajalle. Yritys voi halutessaan teettää simuloinnin layout-ehdotusten ja analysointien perusteella.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Tuotanto, kehittäminen, tuottavuus, layout-suunnittelu, materiaalivirta, läpäisy aika, hukka		
Muut tiedot		



Author(s) Turunen, Salla	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 27.05.2015
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 91	Permission for web publication: X
Title of publication Renewal of factory layout		
Degree programme Degree Programme in Mechanical and Production Engineering		
Tutor(s) Kivistö, Hannu, senior lecturer Parviainen, Miikka, senior lecturer		
Assigned by Jarmo Mäkinen, Nokka Ltd		
Abstract <p>The aim of the thesis was to observe and analyse the production in Nokka's factory in Muurame, and to plan proposal layout designs for the new layout of the factory. The purpose of the redesigning was to increase the productivity by improving the flow of material, cutting the span times and eliminating waste appearing in production.</p> <p>The thesis focused on layout planning and the critical matters affecting the productivity and the flow of production. The project was executed by studying the current state of the products chosen from the product families. Afterwards, the results were analysed using the methods of systematic layout planning and reflecting the problem areas. The information for the analyses was gathered from the enterprise resource planning program using the bills of material, observing the production and utilizing the preconceived knowledge of the production and the routing of the processes. The layout proposals were designed using the analysed information and converting them to fit the existing facilities.</p> <p>As a result, four different layout proposals were created. The proposals were evaluated, and based on the evaluation, the most optimal proposal was chosen. According to the evaluation, more efficient production and remarkably better flow could be achieved with the layout changes. The evaluation was executed together with the assignor and production representatives. The proposals with the analysis were given to the assignor. All the gathered information can be used to simulate the functionality of the layout proposals if necessary.</p>		
Keywords/tags (subjects) Production, development, productivity, layout planning, material flow, span time, waste		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
1.1 TOIMEKSIANTAJA	7
1.1.1 TOIMEKSIANTAJAN TUOTANTO	8
1.2 TYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET	9
1.3 AIHEEN RAJAUS JA TUTKIMUSMENETELMÄT	10
2 TUOTTAVA JA TEHOKAS TUOTANTO	11
2.1 LEAN-FILOSOFIAA	11
2.1.1 HUKAT TUOTANNOSSA	13
2.2 VIRTAUSTA TUOTANTOON	14
2.2.1 VAIHTELU.....	14
2.2.2 KAPASITEETTI	15
2.2.3 MATERIAALIVIRRAT.....	16
2.2.4 LÄPÄISYAIKA	18
3 TEHDASLAYOUTIN SUUNNITTELU	21
3.1 YLEISTÄ SUUNNITTELUSTA.....	21
3.1.1 LAYOUT-TYYPIT JA NIIDEN SOVELTUVUUDET	22
3.2 SYSTEMAATTINEN LAYOUT-SUUNNITTELU.....	25
3.2.1 MOTHERIN PERIAATTEET JA MENETELMÄMALLI.....	26

	2
3.2.2	TUOTANTOANALYYSI.....28
3.2.3	MATERIAALIVIRTAUKSET.....29
3.2.4	YHTEYSSUHDEKAAVIO.....34
3.2.5	YHTEYSSUHDEDIAGRAMMI.....36
3.2.6	TILAMÄÄRITTELYT38
3.2.7	TILA-YHTEYSSUHDEDIAGRAMMI.....40
3.2.8	DIAGRAMMISTA LAYOUTIKSI43
3.2.9	LAYOUTIN VALINTAVAIHE45
3.2.10	LAYOUTIN YKSITYISKOHTAISTAMINEN.....47
4	NYKYTILANNE YRITYKSESSÄ.....48
4.1	LAYOUT JA NYKYTILAN ONGELMAT48
4.1.1	HUOMIOITAVAT ASIAT50
4.2	NYKYTILAN KARTOITUS51
4.2.1	YKSITTÄISET ANALYYSIT VIRTAUKSESTA52
5	TAVOITETUOTANNON ANALYYSIT.....53
5.1	TUOTANTOANALYYSI.....54
5.2	VIRTAUKSET55
5.3	YHTEYSSUHDEKAAVIO57
5.4	YHTEYSSUHDEDIAGRAMMI59
6	TULOKSET JA KEHITYSEHDOTUKSET61

6.1	RATKAISUT JA MUUT KEHITYSEHDOTUKSET	61
6.2	LAYOUT-EHDOTUKSET	63
6.2.1	LAYOUT-EHDOTUS A	63
6.2.2	LAYOUT-EHDOTUS B.....	66
6.2.3	LAYOUT-EHDOTUS C.....	68
6.2.4	LAYOUT-EHDOTUS D	70
6.3	EHDOTUKSIEN ARVIOINTI	71
6.4	LAYOUTIN YKSITYISKOHTAISTAMINEN.....	73
6.5	YHTEENVETO EHDOTUKSISTA JA IDEOISTA.....	76
7	POHDINTA.....	77
	LÄHTEET	80
	LIITTEET	81
	LIITE 1. 4872-kuormaimen tuotannon kulku.....	81
	Liite 2. 1124-metsäperävaunun tuotannon kulku	82
	Liite 3. 2252-lumingon tuotannon kulku	83
	Liite 4. 1042-kuormaimen tuotannon kulku	84
	Liite 5. 106-metsäperävaunun tuotannon kulku	85
	Liite 6. Layout nykyisillä virtauksilla	86
	Liite 7. Mistä-mihin-kaavio	87
	Liite 8. Layout-ehdotus A.....	88

Liite 9. Layout-ehdotus B	89
Liite 10. Layout-ehdotus C	90
Liite 11. Layout-ehdotus D	91

KUVIOT

Kuvio 1 Kuormain-metsäperävaunupaketti.....	8
Kuvio 2 Tuote-määräanalyysi	28
Kuvio 3 Toimintoprosessikaavio	30
Kuvio 4 Tuotteistoprosessikaavio	31
Kuvio 5 Virtausmääräkaavio.....	33
Kuvio 6 Yhteyssuhdekaavio	35
Kuvio 7 Yhteyssuhdediagrammi	37
Kuvio 8 Virtauskaavio ja tilamääritykset.....	41
Kuvio 9 Tila-yhteyssuhdediagrammi	41
Kuvio 10 Palatekniikka	42
Kuvio 11 Nykyinen layout.....	48
Kuvio 12 Nykyiset materiaalivirrat.....	52
Kuvio 13 Kokonaistuotantomäärät	53
Kuvio 14 Tuote-määräanalyysit yhdistettyinä	54
Kuvio 15 Tuotannon yhteyssuhdekaavio.....	59
Kuvio 16 Tuotannon yhteyssuhdediagrammi	60
Kuvio 17 Layout-ehdotus A.....	64

Kuvio 18 Layout-ehdotus B.....	67
Kuvio 19 Layout-ehdotus C.....	68
Kuvio 20 Layout-ehdotus D	70
Kuvio 21 U-malli hitsauspisteessä.....	75

TAULUKOT

Taulukko 1 Mistä-mihin-kaavio	32
Taulukko 2 Hyötyarvomatriisi.....	46
Taulukko 3 Ote yhdistystä mistä-mihin-kaaviosta	56
Taulukko 4 Hyötyarvomatriisin arviointiasteikko	72
Taulukko 5 Arvioinnin hyötyarvomatriisi	73

SANASTO

Asetusaika	Aika, joka valmistettavan tuotteen tai erän vaihtamiseen työntekijältä kuluu
ATV-tuotteet	Mönkijään liitettävät tuotteet
Hukka	Kaikki, mistä asiakas ei lähtökohtaisesti ole valmis maksamaan, eli tehdään jotain, millä ei ole tarkoitusta
Imuohjaus	Vain tarpeesta aktivoituva valmistus tai hankinta
JIT	Just-In-Time, eli juuri aikaan valmistamista, tai ostamista
Lumilinko	Traktorisovitteinen työkone lumen poistoon
Läpäisy aika	Kuvaa aikaa joko tilauksesta toimitukseen, tai aikaa, joka kuluu tuotantoprosessin läpikäymiseen
Metsäperävaunu	Puutavaran kuljetukseen käytettävä perävaunu, joka liitetään yleensä traktoriin tai mönkijään
Puutavarakuormain	Puutavaran käsittely- ja nostolaite, käytetään usein yhdessä metsäperävaunun kanssa
Pullonkaula	Prosessin hitain resurssi tai toiminto, joka määrää prosessin kokonaisvauhdin
Resurssitehokkuus	Käytössä olevat resurssit ovat korkeasti kuormitettuja
Virtaus	Asioiden, tiedon tai ihmisen liikettä
Valmistelu aika	Aika, joka työn aloittamisen esivalmisteluihin kuluu

1 JOHDANTO

Nykypäivän globaaleilla markkinoilla kilpailu kiristyy lähes alalla kuin alalla. Säilyttääkseen kilpailuasemansa ja kannattavuutensa, sekä kyetäkseen parantamaan tuottavuutta, on yritysten pyrittävä jatkuvasti kehittämään toimintaansa. Jotta kehittämisellä päästään pureutumaan todellisiin ongelmakohtiin, vaaditaan nykytilan perusteellista tuntemista, ongelmien tunnistamista sekä juurisyiden paikantamista. Tuottavuuden peruspilareihin kuuluvat oleellisesti tuotannon tehokkuus ja sujuvuus, joten jatkuva kehittäminen on avainasemassa markkinoilla selviämässä. Tuotannon sujuvuuden kannalta, on tärkeää tiedostaa sen pullonkaulat ja karikot, sekä varmistaa sujuva virtaus. Näin ollen, on oleellista selvittää toimiiko tehtaan layout tuotannon vaatimalla tavalla, ja millä muutoksilla tuotanto saadaan toimimaan halutusti. Entisaikojen massatuotantoa voidaan toteuttaa enää ani harvassa konepajateollisuuden yrityksessä, jonka vuoksi moni yritys on ajautunut muokkaamaan tuotantotilojaan, kohti asiakasohjautuvuuteen perustuvaa toimintaa. Suuntaus asettaa täysin uusia haasteita myös layoutille, ja sen suunnittelulle.

1.1 TOIMEKSIANTAJA

Nokka Oy kuuluu pohjoismaiden johtaviin maatila- ja metsäkoneiden valmistajiin. Yritys on osa Nokka-Yhtiöt konsernia, yhdessä samassa toimipaikassa toimivan hydraulisylintereitä valmistavan Pematic Oy:n kanssa. Nokka-yhtiöt on vuonna 1967 perustettu perheyritys, joka sijaitsee Muuramen teollisuusalueella. (Yritysesittely Nokka Oy 2014.)

Nokka Oy:n tuoteisto koostuu tällä hetkellä traktoriin ja mönkijään liitettävistä työkoneista, kuten metsäperävaunuista, kuormaimista, lumilingoista, energiakourista sekä hakkurista. Nokalla panostetaan jatkuvasti myös uusien tuotteiden kehitykseen ja suunnitteluun. Yritys panostaa lisäksi jälkimarkkinointi- ja varaosapalveluun, jonka kautta on mahdollista saada kattavasti varaosia, jopa vuosikymmeniä sitten myytyihin tuotteisiin ja malleihin. (Mt. 2014.)

Nokan tarina on lähtöisin Viitasaarelta, jossa Jorma Nokkala valmisti ensimmäiset tuotteet kotitilansa metalliverstaassa, josta nykyiselle paikalleen yritys on siirtynyt vuonna 1970. Vuoteen 1979 asti tuotanto koostui pääasiassa erilaisista traktoriin liitettävistä työkoneista, jonka jälkeen alkoi myös metsäkoneiden valmistus. (Mt. 2014.)

Nokka Oy työllistää nykyisellään noin 12 toimihenkilöä ja keskimäärin 30 työntekijää. Nokan liikevaihto vuonna 2014 oli noin 8,6 M€, josta noin 60 % vientiä. Tuotteita valmistetaan kotimaahan ja vientiin, vientiä on ollut noin 25 maahan, tärkeimpiä viime vuosien vientimaita ovat olleet Itävalta, Belgia ja Norja. Nokan tuotteita löytyy myös Euroopan ulkopuolelta, esimerkkeinä Chile ja Kiina. Tuotteiden monipuoliset käyttöominaisuudet mahdollistavat niiden käytön hyvin erilaisissakin olosuhteissa, joten markkina-alue on lähes rajaton. (Mt. 2014.)

1.1.1 TOIMEKSIANTAJAN TUOTANTO

Nokka valmistaa omaa tuotteistoaan, eli lopputuotteet ovat loppukokoonpanon jälkeen valmiita toimitettavaksi käyttäjälle. Tuotteet ovat pääosin kooltaan suurehkoja, kuten kuvion 1 kuormain-metsäperävaunupaketista nähdään. Tuotteet myös rakentuvat keskenään hyvinkin erilaisista osista, joten materiaalinhallinta on haastavaa.



Kuvio 1 Kuormain-metsäperävaunupaketti (Nokka Oy 2014.)

Tuotteiston valmistaminen vaatii laajasti erilaisia resursseja, jonka vuoksi osia, materiaaleja ja komponentteja toimittavat toimittajat ovat tärkeässä asemassa. Myös yrityksen omasta tuotannosta löytyy useita resursseja, kuten osavalmistukseen soveltuvat koneet, hitsauslaitteet, maalaamo sekä loppukokoonpano. Hitsaus tapahtuu sekä käsin, että robottien avulla. Robotisointi on kuitenkin hyvin haastavaa kappaleiden fyysisten hitsattavuusominaisuuksien vuoksi. Hitsattavat kappaleet vaihtelevat keskenään suuresti, pienistä kädessä kulkevista osista, aina suuriin lumilingon ja metsäperävaunun runkoihin.

1.2 TYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET

Nokka Oy on toiminut Muuramessa jo yli neljä vuosikymmentä, jonka aikana yrityksen tuotanto ja tuotteisto ovat kokeneet lukuisia muutoksia. Muutoksista johtuen, tuotantotilojen layout ei välttämättä täysin enää vastaa nykyisiä tarpeita tuotannon tehokkuuden ja tuottavuuden vaatimusten kannalta. Tuotannon todellisesta sujuvuudesta, tai materiaaliirroista ei ole olemassa analysoitua tietoa, joten layoutin uudistaminen ilman tuotannon ja virtauksien tarkempaa tarkastelua ja tutkimista, on mahdotonta. Yritys on myös alkanut kehittää toimintaansa Lean- filosofian avulla, joten kehitys edellyttää kehitystoimenpiteitä myös tuotannossa.

Yrityksen asettamien tuotannon tehostamistavoitteiden pohjalta opinnäytetyön tavoitteeksi muodostui kartoittaa tuotannon nykytila, analysoida sitä ja tehdä sen pohjalta layout-ehdotuksia tuotannon yleislayoutiksi. Layout-ehdotuksien ja kerättyjen tietojen avulla, voidaan selvittää tuotannon kehitysmahdollisuuksia kokonaisvaltaisesti. Taustatietojen avulla voidaan myöhemmin myös tarvittaessa toteuttaa layout-ehdotuksien simulointi, mikäli se nähdään tarpeelliseksi. Tehdaslayoutin uudistamisella on tavoitteena parantaa tuottavuutta lyhentämällä läpäisyajoja, ja pyrkiä eroon tuotannossa tapahtuvasta hukasta. Muutoksilla halutaan myös parantaa ohjattavuutta, sekä saavuttaa joustava ja virtautettu yksittäistuotanto, joka soveltuisi yrityksen asiakasohjautuvasti toimivaan tuotantoon. Tuotannon kehittämällä pyritään

myös parantamaan kykyä pysyä toimitusajoissa, ja havaita ongelmat ajoissa. Näin olen opinnäytetyön kokonaistavoitteena on löytää ratkaisuja, joista yritys voi hyötyä taloudellisesti.

1.3 AIHEEN RAJAUS JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Samassa tehtaassa sijaitsee myös Pematic Oy, mutta opinnäytetyö on rajattu koskemaan ainoastaan Nokka Oy:n tuotantotilojen layoutia. Opinnäytetyöstä rajattiin pois myös mahdollinen jälkikäteen suoritettava layout-ehdotuksien simulointi, ja sitä koskevat asiat, sillä simuloinnin toteutus on vielä epävarmaa.

Tuotannon ja materiaalinvirtojen tarkastelun kohderyhmää rajattiin tuotteiden ja nimikkeiden suuresta määrästä johtuen. Rajaus suoritettiin niin, että otannalla saadaan mahdollisimman kokonaisvaltainen kuva tuotannosta. Valinnat suoritettiin tuoterakenteiden, valmistettavuuden, menekkien ja ohjaustapojen perusteella. Kohteeksi valikoituivat seuraavat tuotteet:

- 4872-puutavarakuormain
- 1124HD-metsäperävaunu
- 2252H-lumilinko
- 106HD-metsäperävaunu (ATV)
- 1042-puutavarakuormain (ATV)

Kustakin tuotteesta syntyvä selvitys kattaa tuoterakenteen sisältämien osien kulun tehtaassa, lukuun ottamatta täyttöpalvelussa olevia paljousnimikkeitä, joilla ei ole saldoseurantaa. Paljousnimikkeisiin kuuluu esimerkiksi ruuveja, muttereita ja muita vastaavia pienosia. Kohteeksi valitut tuotteet sisältävät kattavasti erilaisia nimikkeitä, niin että saadaan huomioitua toisistaan poikkeavia ohjaustapoja, työnkulkuja ja läpäisyajoja. Opinnäytetyö rajattiin käsittämään layout-suunnitteluprosessi yleis-layout-ehdotuksien luomiseen asti. Toteutus ja kustannuslaskelmat jätetään työn ulkopuolelle, resurssien, aikataulujen ja työn laajuuden vuoksi.

Opinnäytetyö on tyypiltään kehittämisprojekti, jossa sovelletaan pääosin kvalitatiivisen tutkimuksen menetelmiä. Aineistoa kerätään tarkoituksen mukaisesti, ja tarkoin valikoidusta otoksesta tuotannon nykytilan kartoittamiseksi, ja keskitytään todellisen tilanteen tutkimiseen, ilman nojautumista aiempiin tutkimuksiin, tai oletuksiin. Analyysien tietoja käsitellessä tilastolliseen muotoon, sovelletaan osin myös kvantitatiivista tutkimusta. Tuotannon nykyhetken tarkastelussa ja tuotantoa koskevien taustaja lähtötietojen keruussa käytetään kvalitatiivisia keinoja apuna, kuten empiiristä havainnointia ja havaintoaineiston etukäteistuntemusta. Ratkaisuja etsitään layout-suunnittelua, sekä tuotantoa ja sen toimivuutta käsittelevään kirjallisuuteen perehtymällä, soveltamalla tunnettuja layout-suunnittelun työkaluja, sekä havaintomateriaalia analysoimalla ja tarkastelemalla. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2013, 161–165, 182–186, 266–269.)

2 TUOTTAVA JA TEHOKAS TUOTANTO

2.1 LEAN-FILOSOFIAA

Lean-filosofian tausta ja juuret löytyvät 1900-luvun alkupuolelta Toyotan tehtaalta Japanista. Toyotalla heidän toimintafilosofiaansa kutsutaan nimellä Toyota Production System, TPS, mutta käsitettä kutsutaan länsimaissa yleisesti Leaniksi. Leanista on muodostunut paljon erilaisia käsityksiä ja kirjallisuutta, ja käsite on levinnyt yritysmaailmassa laajasti. Yritykset soveltavat Toyotan oppeja monin keinoin, tärkeää onkin ymmärtää, että kaikki yritykset eivät ole samanlaisia, eivätkä kaikki Lean-työkalut ja heidän ratkaisunsa sovi joka paikkaan samalla tavalla. Tämän vuoksi Toyotalla painotetaan, että asian ydin on siinä, että tunnistetaan ongelmat, pyritään löytämään ongelman aiheuttaja ja puututaan siihen välittömästi. Toimintaa kehitetään näin jatkuvasti. On tärkeää, että Toyotan ratkaisusta ei haeta helppoa pikaratkaisua karsimalla kaikesta, vaan ymmärretään perusajatus Toyotan kehityksen takana ja ajattelun yltäminen koko organisaation ja sen verkostoihin, ei ainoastaan tuotantoon.

Lean-ajattelua siis ei tulisi ajatella säästökuurina, vaan kestävän ja pitkäjänteisen kehityksen keinona, Toyotalla tämä tunnetaan termillä Kaizen. Esimerkiksi kustannussäästöjä saatetaan hakea vaihtamalla materiaaleja halvempaan, ajatellen sen olevan hukkan poistoa. Todellisuudessa silloin saatetaan tinkiä laadusta, ja sitä kautta asiakastytyvyydestä, joka taistelee täysin Lean-filosofiaa vastaan. Koska Lean-filosofian tulisi ulottua koko toimitusketjuun, huomioiden myös toimittajat, eivät esimerkiksi hankinnat halvemmän työvoiman maista edusta Lean-ajattelua moneltakaan kantilta, kuten ostoerien, toimitusaikojen, laadun, rahdin ja läpinäkyvän yhteistyön kannalta tarkasteltuna. (Modig, Åhlström 2013, 70–71, 141–146; Trent 2008, 7-8, 17–19, 21.)

Toyotalla kaikki lähti siitä, että sodan runtelemassa maassa resurssit olivat vähissä, eikä mitään ollut varaa hukata, joten elinehtona oli kehittää tuotanto, jossa hukkaa ei syntyisi, eikä vähäistä pääomaa hukattaisi valtaviin varastoihin. Tulisi valmistaa siis vain tarpeeseen, ja tehokkaasti. Tarpeeseen valmistamisesta, eli Just-In-Time-tuotannosta, tulikin yksi Toyotan tärkeimmistä filosofioista, jonka avulla pyritään virtaustehokkuuteen. JIT-tuotannon lisäksi Toyotalla haluttiin, että koko tuotanto kommunikoi tehokkaasti, sillä näin voidaan puuttua ongelmiin välittömästi. Tämän taustalla oli Toyotan perustajan isän tehokkuuden kehittämiseksi kehittämä järjestelmä, jolla saatiin tekstiiliteollisuudessa koko tuotanto seisahtumaan langan avulla, mikäli ongelmia ilmenei. Isän tehokkuusfilosofiaan perustuvaa tuotannon pysäyttämisen mahdollisuutta automaattisesti, tai ihmisvoimin kutsutaan Jidokaksi. Jidokan avulla kaikilla yrityksessä on jatkuvasti kokonaiskuva mitä tapahtuu, ja tieto ongelmista välittyy nopeasti. Välittömällä ongelmiin reagoinnilla pyrittiin karsimaan myös laatupoikkeamat, ja luomaan ajatusmalli, jossa seuraava vaihe on edellisen asiakas. Näin ollen kukaan ei päästä virheellistä tuotetta tai kappaletta etenemään, vaan pysäyttää tuotannon heti. (Modig, Åhlström 2013, 70–76; Trent 2008, 13, 21–22.)

Resurssipulan vuoksi haluttiin, että vain tilauksesta valmistamisen lisäksi virtausta tehostetaan koko tilaus-toimitusketjun osalta, jolloin myöskään keskeneräiseen tuotantoon, tai valmisvarastoon ei sitoutuisi niin paljon pääomaa, vaan koko ketju toimisi

imuohjautuvasti. Edellytyksinä imuohjaukselle olivat nopea tiedonkulku ja nopea läpäsyaika. Toyota pyrki poistamaan kaikki tekijät, jotka olivat esteenä näille edellytyksille. Näistä tekijöistä syntyi lista, jossa on määritelty asiat, jotka hidastivat tuotannon virtausta, ilman että niistä olisi hyötyä asiakkaalle tai tuotteelle. Näitä asioita kutsuttiin arvoa lisäämättömiksi, eli hukiksi. Hukiksi lasketaan asiat, joista asiakas ei ole valmis maksamaan, asiakas voi kuitenkin olla halukas maksamaan arvoa lisäämättömästä asiasta, kuten rahdista tai laaduntarkastuksesta, joten on myös huomioitava, että on olemassa arvoa lisäämättömiä asioita, ilman että ne ovat hukkia. (Modig, Åhlström 2013, 70–75, 102–104; Trent 2008, 12–13.)

2.1.1 HUKAT TUOTANNOSSA

Arvoa lisäämättömiä asioita ja hukkia löytyy kaikista yrityksistä, ja vaikka niistä ei täysin voikaan päästä eroon, kannattaa niitä ehdottomasti karsia. Toyotan filosofian mukaan tällaisia asioita ovat muun muassa kaikki sellainen tuotanto, jota asiakas ei halua, joka tehdään uudestaan tai laadullisesti tarpeettoman hyvin, eli vaatimustasoa paremmin. Tuotannon tulisi siten pyrkiä virheettömään tuotantoon ja valmistaa vain juuri mitä asiakas tahtoo. Hukka näkyy yrityksen toiminnassa esimerkiksi pitkänä läpäsyaikana, tai liian kalliina valmistuskustannuksina, hukasta kertoo myös huono materiaalinhallinta. Hukkana pidetään lisäksi siirtoja tai kuljetuksia, joita voitaisiin jollain tavalla vähentää uudelleen järjestelyillä, tai tuotannon kehittämällä. Turhaa liikettä voi olla niin materiaaleilla ja tuotteilla, kuin työntekijöilläkin. Turhaa liikettä, eli hukkaa, on myös esimerkiksi turha tiedonkulku. Sähköpostin lukemiseen ja selvittämiseen kuluu nykypäivänä paljon työaika, joten ei ole lainkaan yhdentekevää pohdita, mikä sähköpostiliikenne on todella tarpeellista. Kehittämällä toimintaa tulisi pyrkiä myös vähentämään varastointia, ja saada tuotanto virtaamaan tehokkaasti ja ilman turhia odotusaikoja. Toyota onnistui filosofiallaan luomaan virtaustehokkaan tuotannon jossa resursseja ei hukattu, panostamalla hukkien ja arvoa lisäämättömien asioiden karsimiseen ja laaduntarkkailuun, sekä soveltamalla Jidokaa. (Modig, Åhlström 2013, 75–76; Trent 2008, 12–14, 148–149.)

2.2 VIRTAUSTA TUOTANTOON

Leanin periaatteet pyrkivät kehittämään tuotantoa mahdollisimman virtaustehokkaaksi, jolloin perinteinen resurssitehokkuus laskee. Resurssitehokkuuden laskeminen kuulostaa kannattamattomalta, mutta keskittymällä virtaustehokkuuden kasvatamiseen, ei resurssitehokkuuttakaan täysin menetä. Hukkaa poistamalla kasvaa kehityksen edetessä vähitellen myös resurssien tehokkuus, ja ennen kaikkea tärkein, eli kokonaistehokkuus. (Modig, Åhlström 2013, 124–126; Trent 2008, 5-6.)

Kuinka tuotantoon sitten saa virtaustehokkuutta? Tuotannon virtaustehokkuuteen vaikuttavat muun muassa vaihtelu, käytössä oleva kapasiteetti ja sen kuormitus, materiaalivirtaus, läpäisyajat, tuotannon layout ja vaihtelu. (Trent 2008, 5-6.)

2.2.1 VAIHTELU

Vaihtelu on edellä mainituista monesti haastavin, sillä vaihtelua ei kukaan voi varmaksi ennustaa tai tietää. Vaihtelua aiheuttavat kysynnän ja tarjonnan vaihtelut, näihin puolestaan vaikuttavat markkinat, trendit, yleinen taloustilanne, sekä lukemattomat muut asiat. Jotta kysynnän vaihteluihin voisi täydellisesti varautua, tulisi tietää tarkalleen mitä, milloin ja paljonko asiakas ostaa. Tarjonnan vaihteluihin voisi varautua tietämällä etukäteen mitä, milloin ja kuinka paljon toimittajat voivat toimittaa. Käytännössä näihin vaihteluihin on mahdoton täysin varautua, joten tuotanto on usein hankinnan ja myynnin ennustusten varassa. (Stevenson 2009, 192–193; Tompkins, White, Bozer, Frazelle, Tanchoco & Trevino 1996, 307.)

Vaihteluun voidaan vaikuttaa myös yrityksen tuotepolitiikalla, joten suunnittelulla ja myynnillä on suuri vaikutus. Osien tai tuotteiden muutokset ja uudet variaatiot sotkevat aina hetkeksi tuotantoa. Moduloimalla tuotteita ja vähentämällä myytäviä tuotevariaatioita, saadaan vaihtelua vähennettyä, mikäli sovitusta tuotepolitiikasta pidetään kiinni ja valmistettavuus huomioidaan hyvissä ajoin. Laaja tuoterepertuaari ja sen vaatima suuri osien määrä näkyy suoraan myös yrityksen varastoissa, materiaalin käsittelykuluissa, sekä läpäisyajoissa. Suunnittelun ja myynnin yhteistyö on siten

edellytyksenä sille, että tuotantoon saadaan toistettavuutta ja virtaustehokkuutta voidaan parantaa. Näiden osastojen välinen yhteistyö, ratkaisut ja kyky ajatella kauaskantoisesti vaikuttavat yrityksen kykyyn sopeutua vaihteluun niin paljon, että se vaikuttaa aina tuotantotilojen suunnitteluun asti. Vaihtelua syntyy myös itse tuotannon sisällä, johtuen mahdollisista häiriöistä. Vaihtelulla on niin suuri merkitys tuotannon virtaavuuden kannalta, että sen vähentämiseen on syytä keskittyä. (Kumar, Suresh 2009, 139-141; Tompkins ym. 1996, 307–308; Modig, Åhlström 2013, 42–43.)

2.2.2 KAPASITEETTI

Tuotantosuunnitelma ja toimitusajat pohjautuvat käytössä olevaan kapasiteettiin. Kapasiteetilla tarkoitetaan kykyä tuottaa tuotteita, koskien koko tuotantoa, kuormitusryhmää, tai vain yksittäistä konetta. Kapasiteetin määrä ilmaistaan yleensä joko käytettävissä olevana aikana, tai tuotettuna määränä suhteessa ajanjaksoon, esimerkiksi 380 tuntia / kk, tai 100 l / h. Teoreettinen tuotannon kokonaiskapasiteetti on aina todellisuutta suurempi, sillä laskennallisesti käytössä olevaa kapasiteettia ei saada koskaan täydellisesti hyödynnettyä erilaisten häiriöiden vuoksi. Todellinen käytössä oleva kapasiteetti on yleensä noin 50–90 % teoreettisesta, toiminnan luonteesta riippuen. Sadan prosentin kapasiteetin käyttöasteen lähestymistä voi jopa pitää varoituksena tulevista ongelmista. Normaalisti käytössä olevaa kapasiteettia häviää esimerkiksi töiden valmisteluihin, konerikkoihin, materiaalipuutteisiin, sairauslomiin, odotuksiin sekä viallisten tuotteiden valmistukseen. Kaikkia häiriöitä ei luonnollisesti saada millään karsittua, mutta kehittämällä tuotantoa saadaan monissa yrityksissä saavutettua hyvinkin suuria parannuksia. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 223–225; Trent 2008, 163–164.)

Vaikka tuotantoa suunnitellessa tuleekin pyrkiä kapasiteetin suhteellisen korkeaan käyttöasteeseen, vaihtelut ja pullonkaulat tulee huomioida, jotta saadaan tuotannon virtaavuus säilytettyä. Kapasiteetin yhtäkkäinen nostaminen tarpeen vaatiessa on usein vaikeaa, sillä pahimmassa tapauksessa koko toimitusketjun pitäisi kyetä reagoimaan siihen. Jotta virtaustehokkuus voidaan taata, tulee käytössä olla lievästi yliku-

pasiteettia, jolloin ongelmien ilmenemiseen ja niiden korjaamiseen, tai vaihtelun aiheuttamaan kuormituspiikkiin voidaan reagoida heti ilman, että tuotanto häiriintyy ja virtaus katkeaa. Asiakkaan näkökulmasta kapasiteettipuskuri on siten edellytyksenä nopealle toimitusajalle ja toimitusvarmuudelle. Kapasiteettia ei tulisi tarkastella ainoastaan koskien koko tuotantoa, vaan myös hienojakoisemmin huomioiden eri valmistusyksiköt, tai työvaiheet. Mikäli kuormituksissa on paljon keskinäisiä eroja, voisi kysymykseen tulla lisätä kapasiteettia resurssiin, jossa kuormitussuhde on korkea. Lisäämällä kapasiteettia estetään resurssin muodostuminen pullonkaulaksi kuormituksen kasvaessa. Tasaisilla kuormituksilla, pullonkaulojen karsimisella ja vähentämällä vaihteluita, saadaan kokonaiskapasiteetti tehokkaammin hyödynnettyä. (Krajewski ym. 2013, 225–228; Stevenson 2009, 191–193; Trent 2008, 163–166.)

2.2.3 MATERIAALIVIRRAT

Materiaalivirtojen kulku vaikuttaa tuotannon kannattavuuteen monin tavoin. Optimaalisesti suunnitellussa tuotannossa materiaalivirta kulkee yksisuuntaisesti läpi tuotannon ilman, että se kohtaa matkallaan pullonkauloja tai turhia odotuksia, eli materiaali pysähtelee vain, kun sen jalostusarvoa kasvatetaan. Todellisuudessa täydellistä virtausta on vaihteluiden vuoksi mahdoton saavuttaa, ja toimitusvarmuuden ylläpitämiseksi on oltava varmuusvarastoja. Materiaalivirtojen kulku tuotannon läpi, mukaan lukien varastoinnit, tulisi kuitenkin järjestää pitäen siirtelyt minimissään, sekä välttämällä edestakaista tai poukkoilevaa liikettä. (Cedarleaf 1994, 14–17, 27–29; Sule 1994, 250–251.)

Yrityksen materiaalivirtauksen sujuvuutta voi usein arvioida havainnoimalla tuotantotiloja ja tuotantoa. Merkkejä huonosta materiaalivirtauksesta ovat muun muassa:

- Myöhässä oleva tuotanto
- Jatkuva kiireellisten töiden priorisointi
- Viallista, tai kesken jäänyttä tuotantoa ja osia odottaa jatkokäsittelyä, tai hävittämistä
- Yleinen sotkuisuus

- Kalliita koneita tai laitteita joutilaina
- Osapuutteista johtuvaa keskeneräistä tuotantoa
- Työntekijät joutuvat odottamaan kiireellisiä osia
- Toimittajien osia joudutaan tarkastamaan virheiden varalta
- Jonkin työvaiheen eteen kertyy keskeneräistä tuotantoa odottamaan

Edellä mainittuja piirteitä löytyy valitettavan usein yrityksistä, ja varoitusmerkkeihin tulisi suhtautua vakavasti, sillä materiaalivirran sujuvuus näkyy suoraan tuottavuudessa. Huono virtaus pidentää läpäisyajoja, nostaa työaikakustannuksia sekä hankintakustannuksia. Yleinen sotkuisuuskaan ei ole vain esteettinen tekijä, vaan aiheuttaa vaaratilanteita, hidastaa työskentelyä, aiheuttaa materiaalivahinkoja sekä osapuutteita. Vaikka toimintoja ja työvaiheita kehittämällä materiaalivirtoja saadaan tehostettua, niiden kulkuun vaikuttaa merkittävästi myös tuotannon layout ja sen järjestelyt. Mikäli layout ei palvele yrityksen tuotantoa, joudutaan kärsimään heikon virtauksen lieveilmiöistä. (Tompkins ym. 1996, 137–140, 162; Sule 1994, 253–259; Cedarleaf 1994, 14–17, 27–29.)

Materiaalivirran selkeyttämiseen ja sujuvuuteen on olemassa keinoja, mutta jotta tietäisi mitä parantaa, tulisi virran kulku ensin selvittää. Materiaalivirtojen tutkiminen on usein työlästä ja aikaa vievää, mutta sen avulla saadaan aikaan materiaalivirtauskaavio, jonka avulla voidaan helposti todeta materiaalien todellinen kulku tuotannossa, ja havainnoida missä hukkia syntyy. Tulee toki huomioida, että koska materiaaleja käsittelevät yleensä ihmiset, syntyy vaihtelua virroissa helposti. Analysoimalla virtoja saadaan kuitenkin suuntaa antavat tulokset, jotka ovat ensiarvoisen tärkeitä tuotannon kehityksen kannalta. Jatkuvan virtauksen edellytyksenä on muun muassa hankinnan onnistuminen, sillä osien ja komponenttien tulisi olla tuotannolla saatavilla oikeaan aikaan, jotta virtaus ei pysähdy matkalla. Muutoin työ joudutaan keskeyttämään ja keskeneräisen tuotannon määrä kasvaa. Onnistuminen vaatii hankintojen optimoimista, jotta ostoerät ovat järkeviä ja optimoitu juuri kyseiselle osalle tai materiaalille. Liian pienet ostoerät aiheuttavat ylimääräisiä materiaalin käsittelykuluja ja mikäli ajoitus epäonnistuu, myös tuotannon viivästymisiä. Viivästymisistä syn-

tyvät kustannukset ovat usein tiedostetumpia, kuin materiaalin käsittelykustannukset, jotka kuitenkin ovat myös erittäin merkittävä kuluerä. Liian pienten erien lisäksi, myös liian suuret erät ovat ongelmallisia. Ne vaikeuttavat materiaalivirran sujuvuutta ja sitovat pääomaa, sekä voivat pahimmillaan jäädä tuotteiden muuttuessa käyttämättä. On kuitenkin tärkeää huomioida, ettei varastoja tulisi ajaa alas ennen huolellista valmistautumista ja epävarmuustekijöiden karsimista, ettei tuotanto seisahtu osapuutteiden vuoksi. Tämän on kokenut myös Toyota, joka on yleisesti tunnettu vain tarpeeseen ja juuri oikeaan aikaan hankinnasta. Maanjäristyksen yllättäessä lähes koko autotuotanto seisahtui hyvin pitkälle viedyn JIT- ajattelun vuoksi. Varmuusvarastojen ollessa olemattoman pienet, osat loppuivat muutamassa päivässä, eikä uusia ollutkaan saatavilla toimittajien toimitusongelmien takia. Oikean määrän ja ajoituksen lisäksi, on materiaalien oltava laatuvaatimusten mukaisia. Laatu on tärkeässä asemassa muutoinkin virtaavuudessa, sillä mikäli tuotetta tai osaa joudutaan korjaamaan, kulkeutuu materiaali aina vastavirtaan ja siten aiheuttaa kustannuksia sekä hidastaa muuta tuotantoa. (Cedarleaf 1994, 14–15; Kumar 2009, 165–164; Trent 2008, 10, 21.)

2.2.4 LÄPÄISYAIKA

Tuotannon suurimpia haasteita on löytää tasapaino keskenään ristiriidassa olevien tuotannonohjauksen tavoitteiden, eli toimituskyvyn, vaihto-omaisuuden minimoimisen ja korkean kapasiteetin kuormitusasteen välillä. Kehittämällä yhtä edellä mainituista, kärsivät kaksi muuta osatekijää. Tähän ikuisuusongelmaan haetaankin nykyään usein ratkaisua tuotannon läpäisyajojen lyhentämisestä. Sen avulla voidaan kehittää tuotantoa ja parantaa tuottavuutta, ilman että muut osatekijät kärsivät. Lyhentämällä läpäisyajoja ja tehostamalla tuotannon materiaalivirtoja, voidaan päästä eroon monista olemassa olevista ongelmista, mutta myös vähentää varastoon sitoutunutta pääomaa, parantaa joustavuutta sekä helpottaa tuotannon ohjattavuutta. Tuotannon ohjauksen helpottuminen selittyy sillä, että keskeneräistä tuotantoa on vähemmän hallittavana ja ohjausimpulsseja vaaditaan vähemmän, myös häiriöt tulevat helpommin ajoissa esille. Joustava tuotanto, jossa läpäisyajat ovat lyhyitä, ei myöskään häiriinny niin helposti vaihteluista. Markkinoiden vaatimia toimitusaikoja

lyhyemmillä läpäisyajoilla ja tuotannon sujumisen takaavilla materiaalivarastoilla, saadaan säilytettyä asiakkaalle hyvä palvelutaso vaihteluista huolimatta. (Tompkins ym. 1996, 137–140, 162; Trent 2008, 78–80; Stevenson 2009; 696–697.)

Läpäisy aika koostuu jalostavan ajan lisäksi lukuisista muista tekijöistä, joiden osuus käytetystä ajasta on monilla tuotteilla suurempi, kuin itse jalostavan valmistuksen, tai käsittelyn aika. Muita aikoja ovat muun muassa odotusajat, asetusajat, valmisteluajat, siirrot ja muut vastaavat oheisajat. Läpäisy aika kulkee käsi kädessä materiaalivirtojen kanssa, joten oleellisena osana läpäisy aikojen lyhentämistä, on myös kehittää materiaalivirran sujuvuutta. Asiakas on lähtökohtaisesti valmis maksamaan vain jalostavasta työstä, eli siitä ajasta, jolloin tuotteen jalostusarvo kasvaa, kuten esimerkiksi hitsaus tai koneistus. Jalostavan työn osuuden karsiminen voi monesti olla haastavaa, etenkin jos työtä ei syystä tai toisesta voida automatisoida, tai prosessia muutoin nopeuttaa. Näin ollen karsimalla läpäisy ajasta kaikki turha ja ylimääräinen pois, voidaan saada jo huomattavia kustannussäästöjä aikaan, ilman että jalostavaan työaikaan tarvitsee puuttua. Jotta läpäisy aikojen lyhentämisestä saadaan todellista hyötyä, tulee myös varmistaa, että saavutettu ajansäästö ei häviä vaihteluihin. Vaihteluihin varautumiseen ja niiden karsimiseen tulisikin panostaa, sekä pyrkiä ennaltaehkäisemään niitä. Tämän vuoksi myös ennakoiva kunnossapito on tärkeässä asemassa, sillä kun laitteista ja koneista pidetään huolta ja niitä kunnostetaan ajoissa, ei tuotanto häiriinny konerikkojen vuoksi. Myös virheiden ennaltaehkäisyyn ja laatuun on kiinnitettävä entistä tarkemmin huomiota. Kun läpäisy aika on lyhyt, odottaa seuraava työvaihe virheetöntä kappaletta saapuvaksi määrättyä aikana, jolloin kunkin työntekijän on huolehdittava laadusta, eivätkä virheelliset kappaleet enää unohdu tuotantotiloihin lojumaan. (Stevenson 2009, 300, 696–697, 736–739; Krajewski 2013, 268–273.)

Läpäisy aikojen lyhentämiseksi tulee tietää tuotannon pullonkaulat, sillä pullonkaula määrittää koko tuotannon nopeuden. Pullonkaula voi muodostua jonkun resurssin riittämättömästä kapasiteetista, tai prosessin pitkästä läpäisy ajasta. Pullonkaulojen tunnistaminen voi joskus olla haasteellista, etenkin mikäli tuotantoketju on pitkä ja

koneilla korkeat kuormitusasteet. Vaihtelut voivat aiheuttaa myös sen, että pullonkaula ei ole aina sama prosessi, vaan muuttuu vaihtelusta riippuen. Tällaisessa tilanteessa pullonkauloja vastaan voi taistella pitämällä kuormitusasteet tarpeeksi alhaisena, jolloin on varaa nostaa kuormitusastetta ilman pullonkaulan muodostumista. Tasaamalla kuormituksia ja poistamalla pullonkauloja, mahdollistetaan tuotannon jatkuva virtaus. Saavutettu hyöty voi kuitenkin hukkaa liian suuriin eräkokoihin. Eräkokoja pienentämällä päästään eroon suurista välivarastoista ja odotusajoista työvaiheiden välillä, jolloin kappalekohtainen läpäisy aika lyhenee. Kappaleille, joiden asetusajat ovat kehittämisestä huolimatta merkittävän pitkiä, ei eräkokojen pienentäminen luonnollisestikaan ole perusteltua. Tämä pätee myös työvaiheisiin, kuten esimerkiksi pinnoituskäsittelyihin, joissa eräkohtainen läpäisy aika ja panostuskapasiteetti eivät usein puolla pieniä eriä. Eräkokojen pienentäminen ja läpäisyajan lyhentäminen vaatii keskittymistä työpisteiden toimivuuteen, materiaalivarastoihin ja asetusajojen lyhentämiseen, jolloin työnvaihdosta tulee nopeaa ja sujuvaa. Työpisteiden menetelmäkehitykseen panostamalla voidaan läpäisyajan lyhenemisen lisäksi vähentää materiaalihukkaa ja parantaa työturvallisuutta- ja ergonomiaa. Osat, koneet ja työkalut tulee olla helposti ja turvallisesti saatavissa ja aina paikoillaan, eikä niiden etsimiseen tai odottamiseen saa hukkaa aikaa. Apulaitteisiin ja -välineisiin panostamalla päästään myös puuttumaan asetusajoihin ja eränvaihtoihin tehokkaasti. Tuotannon ominaisuuksien lisäksi suunnittelulla on oleellinen osa asetusajojen lyhentämisessä, sillä suunnittelemalla kappaleet valmistettavuus huomioiden säästetään huomattava määrä aikaa. Lyhyet asetusajat nostavat tuotannon kykyä joustaa tilanteen vaatiessa, ja sitä kautta vähentää hukkaa. Optimoidusti pienennetyillä osto- ja valmistuserillä tasaisesti rullaava tuotanto on myös visuaalisesti helpommin valvottavissa, mikä on merkittävä etu tuotannonohjauksen kannalta. (Krajewski ym. 2013, 267–270, 299; Stevenson 2009, 296–297; Trent 2008, 10, 78–80.)

3 TEHDASLAYOUTIN SUUNNITTELU

3.1 YLEISTÄ SUUNNITTELUSTA

Layout määrittelee kuinka virtaus yrityksessä kulkee, oli kyse sitten asioista, ihmisistä tai tiedosta. Hyvin suunniteltu layout tukee toimintaa ja tekee virtauksesta sujuvan ja tehokkaan, pahimmillaan se taas hidastaa virtausta, tai jopa estää sen. Kun suunnitellaan täysin uutta yritystä tai toimipistettä, alkaa suunnittelu merkittävällä päätöksellä, tilojen sijainnilla. Sijaintia harvemmin vaihdetaan jälkikäteen, mutta itse layout yleensä elää ja muuttuu yrityksen muutosten mukana, niin kauan kun toimintaa on. Tehtaiden layouteja uudelleen suunnitellaan useitakin kertoja yritysten historiassa, sitä mukaa kun vanha ei enää vaihteluista johtuen palvele tarkoitustaan. Tuotantomäärät tai -tapa voivat ajansaatossa muuttua, ja siten tuottavuus kärsiä. Layout-suunnittelu lähtee usein liikkeelle kun yritys lähtee kehittämään tuotantoaan, ja huomataan, ettei ilman layoutiin puuttumista saada tarpeeksi muutosta aikaan. Layoutin uudistaminen voi tulla aiheelliseksi myös muuttuvien lakien tai säädösten takia. (Trent 2008, 82–84; Tompkins ym. 1996, 8; Stevenson 2009, 249.)

Tehtaan layout-suunnittelulla tavoitellaan yleensä kustannustehokasta ratkaisua, jossa materiaalin hallinta on helppoa, siirtymiset minimissään, läpäisyajat lyhyitä ja virtaus tehokasta. Resursseja ei myöskään haluta hukata, ja työskentelyn tulee olla turvallista ja tehokasta. Layout-suunnittelulla tavoitellaan oleellisesti myös kykyä säästää yrityksen strategiset tavoitteet, myös pitkällä tähtäimellä. Samat lähtökohdat ovat myös sijainnin valitsemisessa, mikäli kyseessä on uusi tehdas. Uusien tilojen kohdalla on pohdittava asioita koko tilaus-toimitusketjun kannalta, huomioiden toimittajat ja kohdemarkkinat, sekä niiden logistiset vaikutukset. Yritys voi myös joutua pohtimaan koulutetun työvoiman saatavuutta ja muita infrastruktuurisia tekijöitä, eli huomioitavia asioita on hyvin merkittävä määrä. Layout-suunnittelu voi siis tarkoittaa mitä vain olemassa olevien tilojen uudelleen suunnittelusta, aina tilanteeseen, jossa rajoitteita on vielä hyvin vähän. Mitä vähemmän rajoittavia tekijöistä suunnittelulla

on, sitä vapaammin voidaan lähteä tavoittelemaan ideaalitehdasta, optimaalisella sijainnilla. (Tompkins ym. 1996, 8; Trent 2008, 82–83; Kumar 2009, 61–64, 66, 81–82; Stevenson 2009, 250.)

Mikäli kyseessä on olemassa oleva tehdas, lähtee suunnitteluprosessi yleensä liikkeelle samoin kuin muut kehitysprosessit, eli ongelmien tunnistamisella ja tavoitteiden asettamisella. Jotta ongelmat saataisiin tarkemmin selville, on tuotantoa seurattava ja analysoitava. Nykyhetken tilannetta täytyy heijastaa yrityksen tuotantotavoitteisiin ja tulevaisuuden visioihin, ja sitä kautta löytää vastaus mihin layout-suunnittelulla pyritään. Kun tiedetään vaatimukset tuotannon suhteen, tulee pohtia erilaisia layout-tyyppejä ja niiden soveltuvuutta kyseiseen tuotantoon. Layout-suunnittelussa on erittäin tärkeää tuntea organisaation toiminta ja tuotteisto, ymmärtää tukitoimintojen toiminta, sekä niiden toiminnan vaikutukset tuotantoon. Layout-suunnittelu olemassa olevaan tehtaaseen on haastavaa, sillä joudutaan huomioimaan paljon rajoittavia tekijöitä, joihin ei välttämättä ole mahdollisuutta vaikuttaa. (Tompkins ym. 1996, 9, 70–71; Kumar 2009, 81–82; Trent 2009, 83–84.)

3.1.1 LAYOUT-TYYPIT JA NIIDEN SOVELTUVUUDET

Layoutit voi jakaa karkeasti perustyyppeihin, joita ovat tuotantolinjalayout, funktio-naalinen layout ja solulayout. Mikä kullekin yritykselle parhaiten sopii, riippuu yrityksen tuotantotavasta. Tuotantotavan valinta perustuu valmistettaviin tuotteisiin, niiden työnkulkuun, konekantaan sekä valmistusvolyymeihin. Tuotanto voi olla joko yksittäis-, sarja-, tai yhtenäistuotantoa. Yhtenäistuotannon voi jakaa vielä kahteen, riippuen onko kyse massatuotannosta jossa sarjat ovat suuria, vai prosessiteollisuuden jatkuvasta tuotannosta. (Stevenson 2009, 238–241, 250.)

Jäykin ja investointikustannuksiltaan kallein kolmesta vaihtoehdosta on tuotantolinja. Se soveltuu hyvin kohteisiin, joissa koneiden kuormitusasteet ovat korkeita ja valmistusvolyymit ovat suuria. Tuotantolinjalla valmistettavat tuotteet tai kappaleet ovat pitkälle standardoituja, ja variaatioiden määrä on vähäinen, jolloin massatuotanto on

mahdollista. Tuotantolinjan materiaalinhallinnassa käytetään yleensä automatisointia, ja materiaalivirrat ovat selkeitä ja virtaus nopeaa. Vaikka kuormitusasteet ovat korkeita, pullonkauloja ei hyvin suunnitellussa tuotannossa yleensä ole, koska järjestelmä on suunniteltu huomioiden kapasiteettien keskinäinen tasapaino. Onnistuneesti tasapainotetun tuotantolinjan keskeneräisen tuotannon määrä on myös pieni. Ohjattavuuden kannalta tuotantolinja on yksinkertainen ja vaatii vähän ohjausimpulsseja. Tuotantolinjalla saadaan aikaan lyhyet läpäisyajat ja suuret volyymit, jolloin investoinnit saadaan tehokkaasti jyvitettyä ja toimivaan järjestelmään on kannattavaa sijoittaa merkittäviäkin summia rahaa. Tehokkuuden varjopuolena ovat kuitenkin häiriöiden korkeat kustannukset ja järjestelmien alttius niille, häiriö voi seisauttaa koko tuotannon ja pahimmassa tapauksessa virheellisiä tuotteita ehtii syntyä suuria määriä ennen tuotannon pysähtymistä. Ennakoivaan kunnossapitoon panostaminen on tämän vuoksi äärimmäisen tärkeää, jotta tuotannon seisahtumisilta voidaan välttyä. Myös muutokset tuotteissa tulevat yleensä kustannuksiltaan korkeiksi, ja vaativat huolellista valmistautumista. Työtehtävät ovat usein yksipuolisia ja toistuvia, joten työntekijöiden osaamisen ja motivoituneisuuden, sekä hyvinvoinnin ylläpito voi olla haastavaa. Tuotantolinja ajatellaan yleensä suoraksi tehtaan läpi kulkeväksi linjaksi, josta toisesta päästä tullut materiaali poistuu toisesta päästä valmiina tuotteina. Tuotantolinja voidaan kuitenkin rakentaa myös solutuotannolle tyyppisempään U-malliin, jolloin saapuva ja lähtevä materiaalivirta sijaitsevat vierekkäin. Tämän kaltainen tuotantolinja soveltuu kohteisiin, jossa linjan keskinäinen kommunikointi on tarpeellista ja laitteisto sen mahdollistaa, tokikaan esimerkiksi paperitehtaalla tämä ei tule kysymykseen koneiden rakenteen vuoksi. (Stevenson 2009, 249–252; Kumar 2009, 83–84.)

Layout voidaan suunnitella myös funktionaaliseksi, jolloin valmistus tapahtuu resursseittain järjestetysti, eli työpisteet muodostetaan työvaiheen samankaltaisuuden perusteella, esimerkiksi sorvaamoksi tai sahaamoksi. Tämän kaltainen layout on edullinen rakentaa ja toimiva silloin, kun tuotannolta vaaditaan suurta joustavuutta, tuoteteisto on monipuolinen ja laaja, valmistusmäärät vaihtelevat, mutta volyymit ovat kuitenkin suhteellisen pieniä. Työntekijät ovat tyyppillisesti erittäin ammattitaitoisia,

joskaan eivät välttämättä moniosajia, sillä usein he työskentelevät vain oman resurssinsa parissa. Joustavuuden ansiosta voidaan valmistaa lähes kaikkea mihin olemassa olevat resurssit vain pystyvät, ja muutoksiin pystytään reagoimaan. Tuotanto ei myöskään ole altis häiriöiden aiheuttamille pysähdyksille, sillä korvaavia koneita ja laitteita on yleensä vapaana matalasta koneiden kokonaiskapasiteetin kuormitusasteesta johtuen. Suuri keskeneräisen tuotannon määrä tekee tuotannosta heikosti ohjattavaa ja siihen sitoutuu pääomaa, myös läpäisyajat ovat pitkiä, sillä kappaleet joutuvat vaihtelevien kuormitusasteiden vuoksi odottamaan koneille pääsyä. Materiaalivirta funktionaalisisessa layoutissa on poukkoilevaa, ja käsittelykustannuksia syntyy paljon turhasta liikkeestä. (Stevenson 2009, 252–254; Kumar 2009, 82–83.)

Kun tuotannolta vaaditaan sekä tehokkuutta että joustavuutta, eräänlainen väli-muoto tuotantolinjan ja funktionaalisen layoutin välillä on solulayout. Solulayout mahdollistaa sarjakokojen vaihtelun yksittäisistä kappaleista pieniin sarjoihin, ja sallii monimuotoisen tuotteiston valmistamisen. Tuotantosolussa asetusajat pysyvät yleensä pieninä, pienistä valmistuseristä huolimatta, sillä valmistettavat kappaleet ovat samoja tai samankaltaisia, ja koneisto ja välineistö muodostavat suhteellisen yksinkertaisen kokonaisuuden. Toimivan solun edellytyksenä on kuitenkin, että kappaleiden valmistuksen jakaminen kullekin solulle tehdään harkiten, ja apuvälineisiin panostetaan, muutoin asetusajojen saaminen lyhyeksi on vaikeaa. Työntekijän on kyettävä vaihtamaan työtä ja vaihetta nopeasti, ilman että valmistelu-aikaa kuluu hukkaan väärin jaotelluista töistä tai puutteellisista apuvälineistä johtuen. Kun solu on hyvin järjestetty, kappale kulkee solussa valmistusvaiheesta toiseen ilman odotuksia, jolloin läpäisyajat saadaan pysymään pieninä. Tuotantosolun materiaalivirtaus saadaan tehokkaaksi ja työskentely ergonomiseksi, järjestämällä solu U-mallin mukaisesti, jolloin työntekijä voi vaihtaa koneelta tai laitteelta seuraavalle, ilman materiaalin, välineiden tai työntekijän turhaa liikettä. Ideaalissa tilanteessa tuotantosolut on järjestetty perätysten niin, että siirtymä seuraavaan on lyhyt, kommunikointi helppoa, ja tuotannossa voidaan tarvittavalta osin soveltaa JIT-ajattelua käyttämällä työpisteiden välillä imuohjausta. Näin keskeneräisen tuotannon määrä on pieni, voidaan vähentää vaihto-omaisuuteen sitoutunutta pääomaa, ja kappaleiden läpivirtaus on

nopeampaa. Koneiden käyttöasteet solutuotannossa eivät ole huipussaan, jonka ansiosta koneiden aiheuttamia pullonkauloja tai odotteluajoja ei synny niin helposti. Solutuotanto soveltuukin tuotantoon, jossa ei haeta resurssitehokkuutta korkeista käyttöasteista, vaan virtaustehokkuutta ja nopeita läpäisyajoja. Solussa työskentelee yleensä joko yksi työntekijä tai pieni ryhmä, joten monipuolisen työnkuvan vuoksi työvoima on usein ammattitaitoista ja laaduntarkkailu helppoa. Työntekijöiden kannalta solu on mielekäs tapa työskennellä, sillä solut ovat hyvin itseohjautuvia, ja vaihtelevuus tuo mielekkyyttä työhön. Usein työntekijällä on mahdollisuus päättää itse työn toteuttamisesta, kunhan pysyy annetussa tuotantoaikataulussa. (Stevenson 2009, 255–257; Kumar 2009, 85–86; Sule 1994, 162.)

Edellä mainittujen kolmen layout-tyypin lisäksi layout-suunnittelussa sovelletaan niin sanottua yhdistelmälayoutia, eli layout-tyyppien yhdistelmää, mikäli mikään perustyypeistä ei palvele yrityksen tarpeita. Tehtaan layout voi koostua esimerkiksi tuotantosoluista ja kokoonpanolinjasta, jolloin kyseessä on yhdistelmä kahdesta tyyppistä. Edellisten lisäksi on olemassa myös poikkeuksellisempi layout-ratkaisu, joka voidaan laskea omaksi layout-tyypikseen. Tällainen on layout, jossa resurssit ja materiaalit viedään valmistettavan tuotteen luokse. Tämän kaltaista layoutia kutsutaan projektilayoutiksi, ja sellaisen suunnittelun kohteet ovat yleensä joko kooltaan, tai painoltaan sellaisia, ettei niiden valmistaminen muualla kuin käyttökohteessa tai sen välittömässä läheisyydessä ole kannattavaa. Projektilayoutia käytetään esimerkiksi laivanrakennusteollisuudessa, jossa laivaa rakentaessa niin koneet, työntekijät, materiaalit kuin tukitoiminnotkin tuodaan suoraan telakalle. Projektilayoutin suunnittelu on raskas ja aikaa vievä prosessi, ja käsittää myös normaalista suunnittelusta poikkeavia piirteitä. (Kumar 2009, 84–85; Stevenson 2009, 254.)

3.2 SYSTEMAATTINEN LAYOUT-SUUNNITTELU

Layout-suunnitteluun on olemassa monia menetelmiä, yksi vanhimmista niistä on Richard Mutherin kehittämä Systematic Layout Planning, SLP, joka usein toimii myös pohjana uudemmille menetelmille. Suoraviivaisuudesta huolimatta, SLP huomioi hyvin kattavasti layoutin toimivuuteen liittyviä tekijöitä. (Tompkins ym. 1994, 291,

295.) Mutherin menetelmä on kehitetty tavoitteena luoda suunnittelumenetelmä, jota voidaan soveltaa kaiken tyyppisiin laitoksiin ja tehtaisiin, menetelmän joka huomioi vaikuttavat tekijät kattavasti, ja jonka avulla voidaan käsitellä järkevästi suurta-kin tietomäärää. Menetelmän taustalla oli halu luoda selkeä ja vaiheistettu toiminta-ohje, perustuen käytännön elämän suunnittelukokemukseen ja sen tuomaan asiantuntemukseen layout-suunnittelusta. (Muther 1973, ix-x.)

3.2.1 MUTHERIN PERIAATTEET JA MENETELMÄMALLI

Mutherin menetelmän mukainen suunnittelu etenee limittäin joko neljässä tai viidessä vaiheessa, riippuen projektin suuruudesta. Viiden vaiheen suunnittelua käytetään, kun suunnitellaan suuria konstruktioita, jotka koostuvat useista tehdashalleista ja rakennuksista. Yleisesti voidaan kuitenkin soveltaa neljän vaiheen suunnittelua, jonka ensimmäinen vaihe on sijainnin määrittäminen. Mikäli kyseessä on layoutin uudistaminen jo olemassa olevassa kohteessa, kyseessä on käytettävien tilojen kartoittaminen. Seuraavassa vaiheessa tehtyjen analyysien tulokset kerätään yhteen, ja niiden pohjalta syntyy raakaversio layoutista. Kolmannessa vaiheessa raakaversiota tarkennetaan niin, että huomioon otetaan myös tukitoiminnot, sekä koneet ja laitteet. Viimeinen vaihe kattaa layout-ehdotuksen viimeistelyn ja hyväksynnän, joiden jälkeen suunnitellaan muutosten toteutus ja toteutetaan hyväksytty layout. Ensimmäinen ja viimeinen vaihe käsittävät paljon tekijöitä, jotka eivät varsinaisesti aina koske suunnittelijaa, kuten ratkaisut käytettävistä tilaresursseista ja layoutin muutosten toimeenpano. Ne ovat silti merkittävä tekijä layout-projektissa ja kuuluvat siihen oleellisesti, vaikka todellinen layoutin suunnittelu tapahtuu vaiheissa kaksi ja kolme. (Muther 1973, 1-8-1-11.)

Mutherin (1973, 1-1) mukaan kaikkien layoutien toimivuusongelmat johtuvat kahdesta perusasiasta, jotka ovat mitä tuotetaan, ja kuinka paljon tuotetaan. Koska toimivuus riippuu näistä kahdesta osatekijästä, ovat ne ensimmäisenä Mutherin viisi-osaisessa PQRST-mallissa. PQRST- malli muodostuu sanoista "Product", "Quantity", "Routing", "Supporting" ja "Time", jotka yhdessä muodostavat avaimen toimivaan layoutiin.

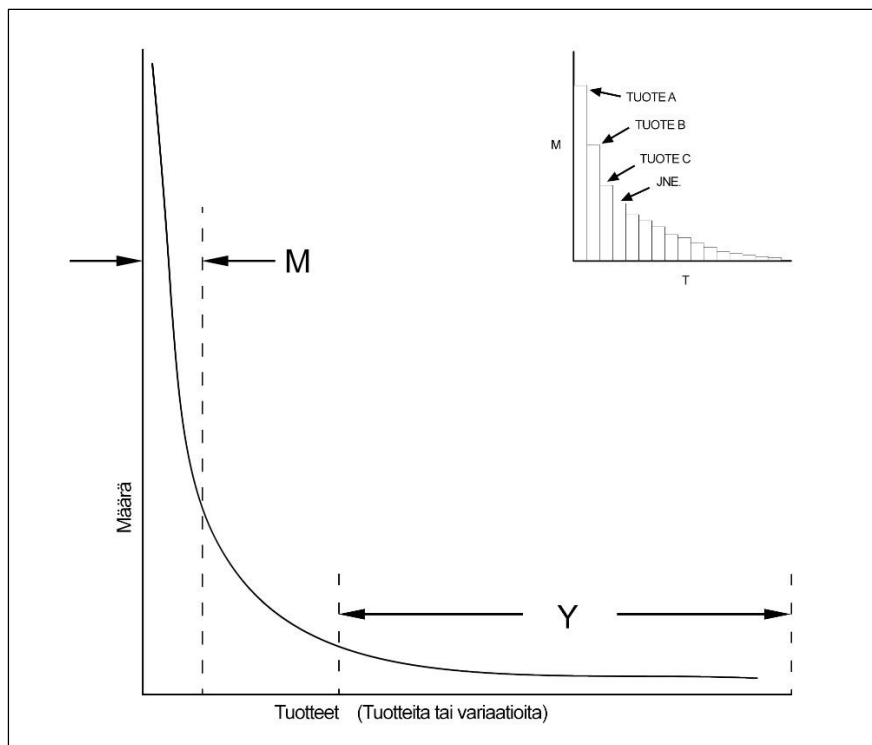
- "Product", mitä tuotetaan, käsittää kaiken raaka-aineista lopputuotteisiin
- "Quantity", paljonko tuotetaan, materiaalien kokonaismäärät
- "Routing", työnkulku ja prosessi
- "Supporting", tukitoiminnot
- "Time", ajat ja ajoitukset

Suunnittelu ei näin ollen ala lainkaan layoutiin paneutumalla, vaan ensin on tehtävä pohjatyöt tarkastellen tuotteita, tuotantomääriä ja tuoterakenteita. Layoutin suunnittelua varten on sen vuoksi saatava myös tieto yrityksen tulevaisuuden tuotantotavoitteista ja visioita. Kun PQRST-mallin mukaiset tiedot on kerätty, saadaan selville materiaalivirta ja prosessien yhteyssuhteet, jotka yhdistämällä saadaan aikaan yhteyssuhdediagrammi. Vasta tämän jälkeen selvitetään olemassa olevien tilojen tarpeet ja yhteyssuhteet. Tila-yhteyssuhdediagrammi muistuttaa jo karkeaa yleislayoutia, mutta lopullinen ehdotus siitä tulee vasta, kun se on käyty läpi erilaiset rajoitteet ja toimivuus huomioon ottaen. Lopuksi käydään ehdotukset läpi ja voidaan valita niistä sopivin, näin on nelivaiheisen suunnittelun vaihe kaksi suoritettu. (Mts. 1-1-1-5, 2-1-2-3.)

Vaiheessa kolme layoutiin lisätään koneiden ja laitteiden sijainnit, varastot, käytävät ja muut tarkentavat osatekijät. Vaikka layoutiin lisätään tarkentavat tekijät vasta, kun yleismalli siitä on jo suunniteltu, tulee vaiheita toteuttaa jonkin verran myös päällekkäin. Tähän syynä on se, että jokin osatekijä voi ominaisuuksiensa vuoksi vaatia erityishuomiota jo karkeassa suunnitelmassa. Kolmannessa vaiheessa tehdään myös tarkennetut layout-suunnitelmat yleislayoutiin sijoitetuille toiminnoille, joita ovat Mutherin määritelmän mukaisesti yhtenä vaiheena, tai resurssina pidettävät työpisteet. Toimintojen määrittäminen jo projektin alussa on tärkeää, sillä ne ovat tärkeässä osassa onnistuneessa layout-suunnittelussa ja analyysit tehdään niiden avulla. (Mts. 2-4-2-6, 3-8-3-9.)

3.2.2 TUOTANTOANALYYSI

Tuotantoanalyysin tehtävänä on selvittää, mikä tuotantomuoto ja layout-tyyppi kyseisille tuotteille soveltuu, selvittämällä yhteys tuotantomäärien ja tuotteiden, tai tuotevariaatioiden välillä. Tiedoista muodostuu kuvion 2 mukainen kuvaaja, jonka vasemmassa laidassa sijaitseville suuren volyymin tuotteille soveltuisi massatuotanto, ja oikean laidan matalan volyymin tuotteille yksittäistuotanto. Analyysistä voidaan myös päätellä, tulisiko tuotannossa soveltaa useita erilaisia layout-tyyppejä tai valmistustapoja, sillä kannattavuutta ei välttämättä saavuteta tuottamalla kaikkia samalla metodilla. Mikäli tulosten perusteella syntyy esimerkin kaltainen muoto, jossa erot ovat suuret, vaativat tuotteet sekä massa-, että yksittäistuotantoa, sen sijaan mikäli käyrä on huomattavasti loivempi, kertoo se kaikkien soveltuvan samankaltaiseen tuotantoon. (Muther 1973, 3-1-3-6.)



Kuvio 2 Tuote-määräanalyysi (Muther 1973, muokattu.)

Ennen analyysin tekoa, on oleellista tarkastella tuotteita, joita analysoidaan. Mikäli tuotteet ovat keskenään kovin erilaisia, joko ominaisuuksiltaan tai valmistettavuudeltaan, tulee kullekin tehdä oma analyysi, tai muutoin tuloksien perusteella on vaikea

luoda päätelmiä. Jako voi myös tapahtua toimintojen perusteella, jolloin analyysin tuotteiden tyyppi tai työnkulku on sama. Analyysissä tulisi myös huomioida se, että mikäli nykyhetken tuotantomäärät ja tulevaisuuden tuotantotavoitteet poikkeavat toisistaan, tulee analyysi suorittaa tulevaisuuden näkymien mukaan, jotta layoutista ei tule väärin mitoitettu. Tarkastelemalla tuotteiden trendejä ja viime vuosien kehitystä, tulee yrittää ennakoita mahdolliset muutokset tuotteissa tai tuoterakenteissa. Liian yksityiskohtaista tai tarkkaa tietoa ei analyysissä tulisi kuitenkaan käyttää, sillä näin toimien layout ei todennäköisesti kykene vastaamaan vaihteluihin. (Mts. 3-6-3-15.)

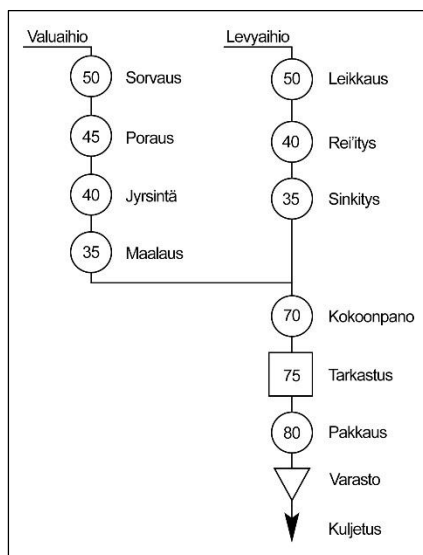
3.2.3 MATERIAALIVIRTAUKSET

Tuotantoanalyysin jälkeen tarkastellaan materiaalivirtoja ja niiden työnkulkua. Työnkulkua tulee tarkastella kriittisesti, ja pohtia, onko tuotantoprosessissa mahdollisesti jotain turhaa, joka voidaan jatkossa jättää pois kehittämällä toimintaa. Materiaalivirtausanalyysi kannattaa tämän vuoksi tehdä vasta, kun työnkulku on tarkastettu ja mahdollisesti paranneltu. Virtausanalyysi on Mutherin suunnittelumenetelmän kulmakiviä, joten on tärkeää keskittyä virtaustehokkuuteen, jotta suunnittelulla saavutetaan toimiva layout. (Muther 1973, 4-1.)

Ensimmäisenä analysoidaan prosessien läpi virtaavia materiaalivirtoja prosessikaavion muodossa. On täysin tuotannosta riippuvaista, millä analysointimenetelmällä materiaalivirtausta voidaan analysoida. Tuotantoanalyysistä voidaan kuitenkin osin jo päätellä, mikä prosessianalyysi kyseiseen tuotantoon soveltuu. Korkean volyymin ja vähäisen variaatiomäärän tuotannoille, jossa valmistettavia tuotteita, tai versioita on korkeintaan pari, sopii toimintoprosessikaavio. Toimintoprosessikaaviota voidaan käyttää myös tuotannossa jossa on muutamia tuotteita, tekemällä kullekin tuotteelle oma kaavionsa. Mikäli volyymit ovat suuria, mutta tuotteita on useita, tulee kyseeseen usean tuotteen prosessikaavio, tuotteistoprosessikaavio. Sen sijaan mikäli tuotteita on paljon, tuotteet kannattaa jakaa ryhmittäin, tai valita kustakin ryhmästä tuote analysoitavaksi, jaon jälkeen voidaan käyttää kumpaa vain edellä mainituista

menetelmistä. Mistä-mihin-kaavio soveltuu taas silloin, kun tuotteisto on merkittävän laaja, versioita paljon ja volyymit pieniä. (Mts. 4-2-4-4, 4-7.)

Toimintoprosessikaavioissa materiaalille tapahtuvia asioita kuvataan symboleilla, joita menetelmän mukaan on viisi. Materiaalin jalostamista kuvataan kaavioissa ympyrällä, liikettä nuolella, tarkastamista tai testaamista neliöllä, odotusta kuvaa puoli-kuu ja varastoimista kolmio. Symbolien ja viivojen avulla voidaan prosessikaavioissa kuvata materiaalin kulku koko tuotannon läpi, kuten kuviosta 3 voidaan päätellä. Symboleihin ja kulkemista kuvaavien viivojen yhteyteen lisätään tarkentavia tietoja, kuten määrät, ja mahdollisesti myös prosessiaikoja. Materiaalivirtojen suuruuden on oleellista näkyä kaaviossa, jotta myöhemmin voidaan määritellä prosessien yhteys-suhteita. Kaaviossa tulee huomioida myös jätteiden käsittely, mikäli tuotannosta aiheutuu paljon hukkamateriaalia, jonka käsittely vaatii tilaa. Muutoin tämä voi muodostua ongelmaksi tiloja määriteltessä. Prosessien välille jäävän materiaalin määrä voi olla huomattavan suuri, esimerkiksi ohutlevy tuotteita valmistettaessa. (Mts. 4-4-4-5, 4-7.)



Kuvio 3 Toimintoprosessikaavio (Muther 1973, muokattu.)

Mikäli tuotteita useita, lähemmäksi kymmentä, sovelletaan tuotteistoprosessikaaviota. Kaavio kokoaa yhteen eri tuotteiden prosessit visuaaliseksi kokonaisuudeksi, jota on helppo havainnoida, kuten kuviosta 4 nähdään. (Mts. 4-10-4-11.)

Toiminto	Osa tai tuote A	B	C	D	E
Leikkaus	①	①	①		①
Lovetus	②	②	②	①	
Vetäminen		③	④	②	③
Lävistys	③		③		②
Taivutus	④	④		③	④
Viimeistely		⑤	⑤	④	⑤

Kuvio 4 Tuotteistoprosessikaavio (Muther 1973, muokattu.)

Vasen pystysarake osoittaa työvaiheet, ylärivi tuotteet. Kaaviosta voidaan myös nähdä, mikäli jokin tuote palaa virrassa taaksepäin. Tällaisessa tapauksessa tuotantojärjestystä voi muokata saadakseen virtaukset sujuviksi. Huomioitavaa on, että mikäli vastavirtaan virtaus on yksittäistä ja volyyymi vähäistä, voidaan sen antaa tapahtua, jos sen avulla saadaan merkittävät materiaalivirrat kulkemaan suoraviivaisesti. Vastavirran haittoja voi vähentää myös esimerkiksi käyttämällä hyväkseen U-mallia tuotannon järjestelyssä, jolloin poikkeavien virtausten haitat jäävät vähäisemmiksi. (Mts. 4-10-4-11.)

Kun tuotemäärä sijoittuu tuotantoanalyysin kuvaajassa (ks. kuvio 2.) keskivaiheille, eli volyymit ovat kohtuullisia ja tuotteita on kymmeniä, sovelletaan edellä mainittua ryhmittelyä tai valintaa ennen toiminto- tai tuotteistoprosessikaavio tekemistä. Ryhmittelyn perusteena voi käyttää tuotteiden samankaltaisuutta, kun kyseisillä tuotteilla on samankaltainen valmistusprosessi, tällöin jo yhtä analysoimalla saadaan kattava kuva prosessinkulusta. Joissain tapauksissa ryhmittelyn kautta tehty valinta ei onnistu, joten voidaan myös käyttää testituotetta, valitsemalla tuotteet ilman ryhmittelyä. Tällöin voi olla kannattavaa valita tuote, joka on potentiaalisesti hankala, näin ollen mikäli sen virtaus saadaan toimimaan, toimii se helpompimpienkin tuotteiden

kohdalla. Hankalaksi tuotteen tekee yleensä muita suurempi tuotanto- tai työvaihemäärä, käsittelyn vaikeus tai jatkuvat laatuongelmat. (Mts. 4-13.)

Mistä-mihin-kaavion periaate tulee parhaiten esille tarkastelemalla kaaviota. Toisin kuin toiminto- ja tuotteistoprosessikaavioissa, se ei anna yhtä selkeää visuaalista kuvaa tuotteen kulusta tuotannossa, mutta siitä on luettavissa tuotteen kulku tuotannon läpi, ja kunkin prosessin kohdalta saa selville kyseisen prosessien läpi kulkevat virtausmäärät. Taulukossa 1 nähdään kaavion toimintaperiaate, ja kuinka suuria virtausmääriä toimintojen välillä kulkee. Virtausmäärien tarkastelussa on huomioitava, että määrään lasketaan yhteen kaikki tuotteet, jotka sen läpi virtaa, ja että virtausta voi olla kahteen suuntaan. Määrien tarkastelua voi helpottaa tekemällä kaksi erillistä mistä-mihin-kaaviota, toiseen merkitään tuotteiden kulku ja toiseen määrät. Vaikka mistä-mihin kaavio on lähinnä laajoille tuotteistoille ja vähäisille volyymeille ajateltu, voidaan sitä soveltaa myös kun käytetään ryhmittelyä tai valintaa analyysin koh-teissa. (Mts. 4-15-4-18.)

Taulukko 1 Mistä-mihin-kaavio (Muther 1973, muokattu.)

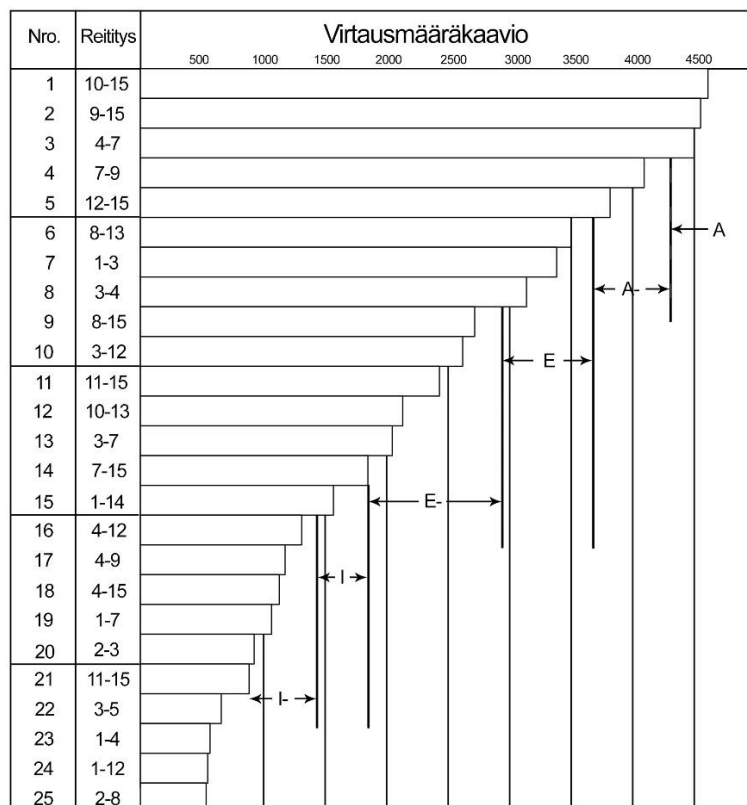
Aktiviteetti tai toiminto MIHIN				Aktiviteetti tai toiminto MISTÄ		
				Muovaus	Normalisointi	Koneistus
Muovaus	1	=	3/26	3/160	6/232	1/2
Normalisointi	2	–	=	–	–	7/262
Koneistus	3	–	–	=	–	–
Kokoonpano	4	–	–	–	1/20	–
Maalaus	5	–	1/2	–	–	7/414

Kun prosessien materiaalivirrat on saatu kartoitettua, tiedoista muodostetaan virtausmääräkaavio, joka havainnollistaa tehokkaasti missä suurimmat virtaukset tapahtuvat. Mutherin menetelmässä virtausmäärät on luokiteltu viiteen luokkaan, jotka

merkitään kirjaintunnuksilla joita ovat A, E, I, O ja U. Kirjainten merkitys tulee englannin kielestä:

- **A**bnormally high intensity of flow
- **E**specially high intensity of flow
- **I**mportant intensity of flow
- **O**rdinary intensity of flow
- **U**nimportant intensity of flow (Muther 1973, 4-19.)

Virtaa kuvaavat kirjaimet ilmaisevat siten virtausmäärät poikkeuksellisen korkeiksi (A), erittäin korkeiksi (E), tärkeiksi (I), normaaleiksi (N) tai merkityksettömiksi (U). Kirjaintunnuksen lisäksi voidaan ohessa käyttää myös miinusmerkkejä lisätarkennuksena. Näiden tunnuksen tarkoitus on helpottaa materiaalivirtatietojen käsittelyä, jotta suuria määriä numeerisia tietoja ei tarvitse käyttää tulevissa analyyseissä. Oheisessa kuviossa 5 on esitetty kaavion toimintaperiaate. (Mts. 4-19.)



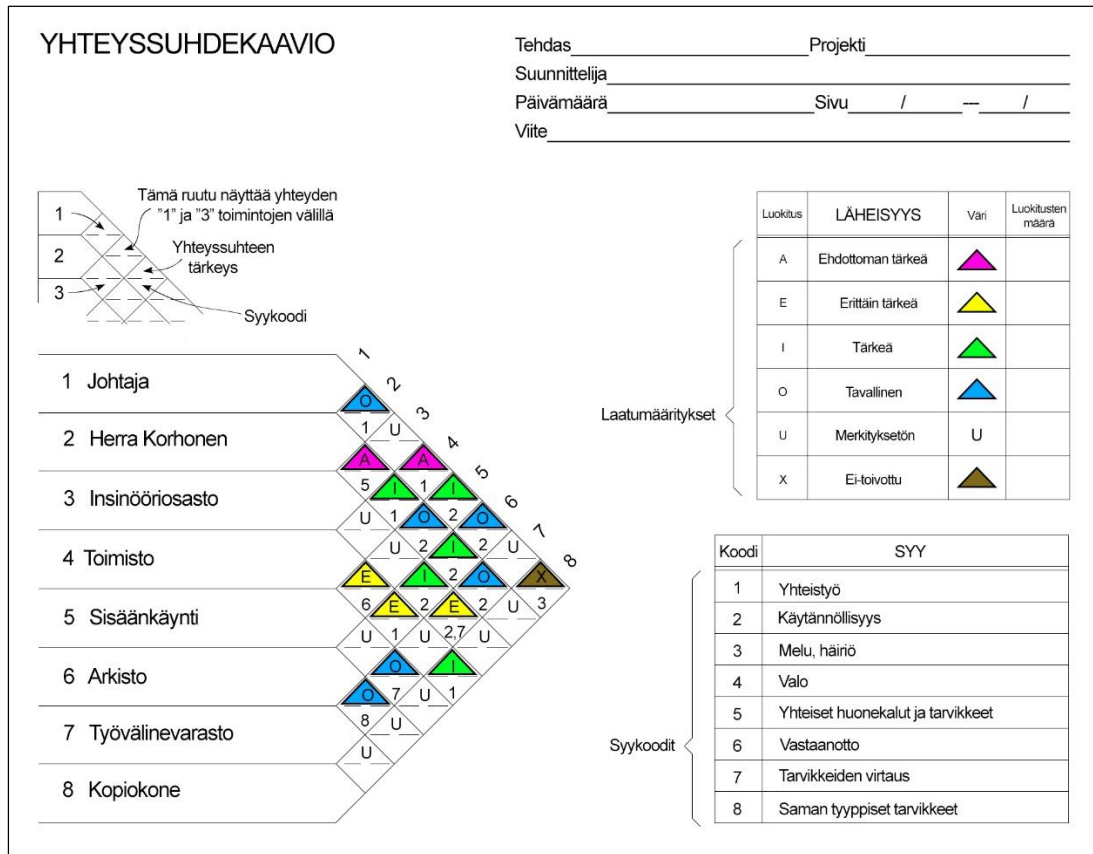
Kuvio 5 Virtausmääräkaavio (Muther 1973, muokattu.)

3.2.4 YHTEYSSUHDEKAAVIO

Layoutin suunnittelu keskittymällä pelkästään materiaalivirran kulkuun, voi aiheuttaa ongelmia toimivuudessa. Vaikka materiaalivirta on tärkeä osatekijä, riippuu täysin tuotannosta tai tuotteesta kuinka suuri sen tärkeys on, sekä siitä, kuinka nopeatempoista virtaus on. Harvoin tapahtuvan tai pienen virtauksen ei tarvitse olla yhtä sujuvaa, kuin nopeatempoisen. Materiaalivirran lisäksi layoutin toimivuuteen vaikuttaa myös tukitoimintojen vaikutus tuotantoon, sekä toimintojen väliset yhteydet ja vaikutukset tuotannon kulkuun. Peräkkäin tapahtuvat työvaiheet kuuluisivat materiaalivirtoja analysoimalla toistensa läheisyyteen, mutta toimivuuden, turvallisuuden tai häiriöiden takia se ei välttämättä kuitenkaan ole järkevää. Myös mitättömiltäkin vaikuttavien tukitoimintojen, kuten saniteettitilojen tai taukotilojen, sijainti on yleensä merkityksellistä suunnittelussa. Vaikka ne eivät vaikuta materiaalivirtaan suoraan, on niillä välillinen vaikutus tuotannon toimintaan. Myös toimistotilojen sijoittuminen on tärkeää yhteistyön ja kommunikoinnin vuoksi. Layoutin kokonaistoimivuuteen vaikuttavien tekijöiden runsaan määrän vuoksi on siten tärkeää tarkastella myös yhteys-suhteita. (Muther 1973, 5-1-5-2.)

Yhteyssuhdekaaviossa käytetään lyhenteitä, kuten virtausmääräkaaviossakin, selkeyden ja yksinkertaistamisen vuoksi. Kuviosta 6 nähdään, että kirjaimet A, E, I, O, ja U ovat tässäkin kaaviossa käytössä, ja niiden merkitykset lähes samat kuin virtausmäärissä, ehdottoman tärkeä (A), erittäin tärkeä (E), tärkeä (I), tavallinen (O) ja merkityksetön (U), yhteyssuhdekaaviossa näillä määritellään yhteyksien läheisyyden laatu. Näiden lisäksi käytössä on myös kuudes kirjain, X, jolla ilmaistaan että yhteys on ei-toivottu. Tarpeen vaatiessa voidaan käyttää myös merkintää XX, kun kahden yhteyden suhde on erittäin ei-toivottu. Kaavioon merkitään suhteen laadun lisäksi syykoodi, joiden selitykset kirjataan kaavion yhteyteen taulukkoon. Syykoodeja voi tarvittaessa merkitä yhteyssuhteet kohdalle parikin, mikäli tieto on oleellista. Kaaviosta saadaan informatiivinen, kun selitykset suhteiden laatumäärittelykselle ja luokitukselle ovat heti tarkastettavissa, ilman että kaavioon itsessään olisi lisätty tietoa, jolloin se olisi vaikeasti luettavissa. Koska taulukko on hyvin informatiivinen ja sisältää paljon

kirjain- ja numerokoodeja, käytetään menetelmän mukaisesti apuna myös värikoodeja. Värikoodeja käytetään kohdissa joihin on merkitty suhteen laatu, lisäämällä kirjaimien lisäksi kohtiin myös väreit. Näin kaaviosta tulee visuaalisesti havainnollisempi ja helpompi tulkita. (Mts. 5-2-5-6.)



Kuvio 6 Yhteyssuhdekaavio (Muther 1973, muokattu.)

Kuvion 6 yhteyssuhdekaavio kuvastaa toimistotilojen suunnittelua. Siitä nähdään, kuinka henkilöstön, osastojen, toimintojen ja tukitoimintojen väliset yhteyssuhteet ovat luettavissa kaaviosta. Yhteyssuhteiden laatu on merkitty ylemmällä nuolella, syykoodi alemmalla. Syykoodit ovat luonnollisesti tapauskohtaisia, mutta niiden taustalla voi olla jokin häiriötä aiheuttava tekijä, kuten meteli tai täriinä, tai välitöntä läheisyyttä vaativa yhteinen työväline tai kommunikoinnin tarve. (Mts. 5-2-5-5, 5-10-17.)

Kaavion tarkoitus on toimia kattavana aputyökaluna, josta löytyy yhteenvedona kaikki tieto ja perustelut yhteyssuhteista. Tämän vuoksi suhteen laadun luokittelussa tulee

olla kriittinen, ja syykoodit valittava tarkasti. Laatusuhteissa tulee tarkoin harkita läheisyyden tarvetta, sillä usein läheisyyksiä arvioidaan hieman tärkeämmäksi, kuin ne todellisuudessa ovat. On silti tärkeää että koko asteikkoa käytetään, sillä analysoinnista ei ole hyötyä mikäli eroja ei synny. Syykoodia ei ole järkevää olla liikaa, mutta oleellisia, kuten materiaalivirta, ei tule jättää huomioitta. Yhteyssuhdekaavion toimivuus on parhaimmillaan silloin, kun toimintaan liittyy materiaalivirtaa, useita toimintoja, tukitoimintoja ja yhteyssuhteita, joita on vaikea mitata. Apuna yhteyssuhteiden arvioinnissa voi tarvittaessa käyttää myös haastatteluita, kyselyjä tai palaveriteita, joissa suhteiden merkityksiä asianomaisille kartoitetaan. Kommunikointi ja näkökulmien kysyminen myös suunnitteluprosessin ulkopuolisten henkilöiden kanssa yhteyssuhdekaavion valmistuttua on kuitenkin se tärkein vaihe, sillä kaavion merkitys suunnittelun jatkovaiheissa on suuri. Käyttämällä yhteyssuhdekaaviota vältetään korostamasta liikaa materiaalivirran merkitystä, ja tiedostetaan tekijöitä, jotka muutoin jäisivät huomioon ottamatta. (Mts. 5-5, 5-10-5-17.)

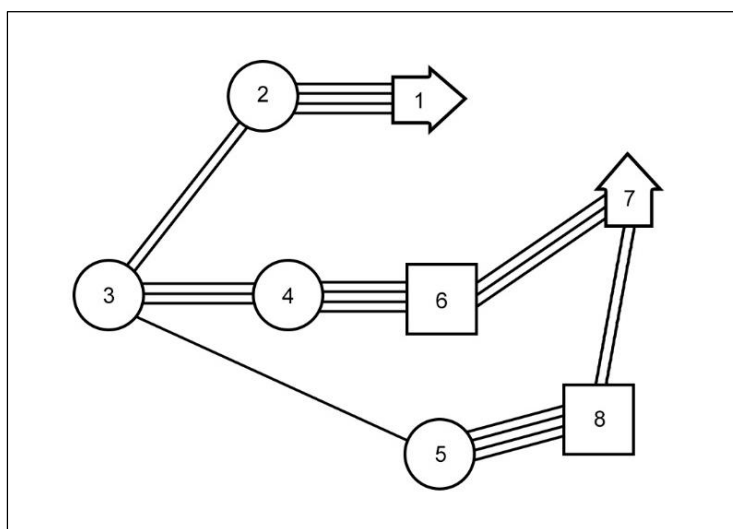
3.2.5 YHTEYSSUHDEDIAGRAMMI

Yhteyssuhdekaavion ja virtausmääräanalyysin jälkeen tiedoista tehdään diagrammi. Diagrammi muodostetaan merkitsemällä siihen toiminnot ja mahdolliset muut oleelliset tekijät, sekä niiden välisen yhteyssuhteen tärkeys ja materiaalivirran suuruus. Näin ollen yhdistetään aiemmin kerätyistä tiedoista oleelliset ja tärkeät. Diagrammia muodostaessa siitä tehdään useita variaatioita, niin kauan kun tulos tyydyttää. Diagrammin laatimisessa voi helpottaa se, että laatii jo olemassa olevasta tuotannosta ja sen layoutista diagrammin, sillä näin ongelmakohtat on helpompi hahmottaa. (Muther 1973, 6-1-6-3.)

Myös yhteyssuhdediagrammissa käytetään symboleja ja kooditusta selkeyden vuoksi. Mutherin menetelmässä käytetään American Society of Engineeringin standardoimia, merkintöjä, jossa toimintoja kuvataan eri kuvioilla. Esimerkiksi ympyrällä tarkoitetaan jalostavaa toimintoa, kärkikolmiolla varastointia, ja neliöllä testausta tai tarkistusta. Näin diagrammista voi nähdä suoraan, minkälaisen toiminnon yhteyttä numerokoo-

dilla tarkoitetaan. Toimintojen välisiä suhteita kuvataan suorilla viivoilla, tai sahalaitakuviolla. Viivojen määrä ja tyyppi määrittää suhteen laadun, neljän viivan yhteys on ehdottoman tärkeä, sen sijaan viivattomuus viittaa merkityksettömään yhteyteen. Sahalaita sen sijaan viittaa ei-toivottuun yhteyteen. Määrittäminen on itsessään vaivatonta, sillä luokittelu tapahtuu aiemmin tehtyjen analyysien tulosten perusteella, sekä samoilla tunnuksilla, myös samat värikoodit ovat edelleen käytössä. (Mts. 6-5-6-7.)

Toimintojen sijoittelu tapahtuu luokituksen mukaisessa järjestyksessä, lähtien liikkeelle toiminnoista, joiden läheisyys on erittäin tärkeää, edeten luokitus kerrallaan eteenpäin. Toimintoja lisätessä edellisten paikkaa joutuu todennäköisesti siirtämään, siten on kannattavaa tehdä seuraava vaihe aina uuteen pohjaan, jolloin suunnitelma pysyy siistinä ja ratkaisujen jalostuminen suunnittelun edetessä on sujuvampaa. Välimatkat toimintojen välillä kasvavat suunnittelun edetessä luokittelun mukaisesti, niin että luokasta luokkaan siirtyessä välimatka kaksinkertaistuu. Näin toimintojen yhteyssuhteiden luokitusten mukaiset vaatimukset säilyvät diagrammin laajetessa. Paikkojen muovautuessa kohdilleen, välimatkat voivat kuitenkin vielä hiukan muuttua kunhan suhteiden tärkeyksistä pidetään huoli, kuten kuvion 7 esimerkin diagrammista nähdään. (Mts. 6-10-6-14.)



Kuvio 7 Yhteyssuhdediagrammi (Muther 1973, muokattu.)

Tilavaatimuksia ei vielä tässä vaiheessa kuitenkaan huomioida, vaan keskitytään pelkästään yhteyssuhteisiin. Diagrammia laatiessa tulee huomioida myös toiminnot, joiden läheisyyttä vaaditaan useassa paikassa. Tämän kaltaiset toiminnot on todennäköisesti kannattavinta hajauttaa mikäli mahdollista, tai mikäli toiminnon siirtely ei ole ongelmallista, se voidaan jättää diagrammissa kokonaan sijoittelematta. Kun suunnittelija on laatinut viimeisen version yhteyssuhdediagrammista, nähdään millainen layout on toimintojen kannalta teoriassa toimivin, ilman että siinä on vielä huomioitu kaikkea, kuten varastohyllyjä, käytäviä ja muita vastaavia tekijöitä. Poikkeuksena on tilanne, jossa suunnittelu tapahtuu olemassa oleviin tiloihin. Tällöin voidaan joutua huomioimaan jo tässä vaiheessa asioita, joiden siirtäminen ei ole kannattavaa, kuten esimerkiksi hissit tai vastaavat kustannuksiltaan kalliit siirrettävät. Tämän kaltaiset asiat kannattaa ottaa huomioon jo edellisen vaiheen yhteyssuhdekaaviota suunnitellessa, jonka kautta ne tulevat huomioiduksi myös yhteyssuhdediagrammissa. Yleisesti ottaen diagrammin suunnittelu voi tapahtua joko olemassa olevat tilat huomioiden, tai täysin ideaalia ratkaisua hakien. Kumpi tapa on soveltuvampi, riippuu täysin kohteen muutoskyvystä. Muunneltavissa tiloissa kannattaa teoreettisesti parasta vaihtoehtoa hakea, mutta mikäli muunneltavuutta ei lainkaan ole, säästää aikaa huomioida tämä jo yhteyssuhdediagrammissa. (Mts. 6-10-6-14.)

3.2.6 TILAMÄÄRITTELYT

Virtojen ja yhteyssuhteiden analysoimisen jälkeen siirrytään tarkastelemaan tiloja ja niiden vaatimuksia. Lähtökohtaisesti analysoitavien toimintojen tulisi olla samoin jaoteltu, kuin jo aiemmin tehdyissä analyyseissä, jotta tieto on jatkokäsiteltävissä helposti. Tapoja tilavaatimusten määrittämiselle on viisi, joita voi käyttää joko rinnakkain tai valitsemalla niistä sopivimman. Rinnakkain käyttämistä voi soveltaa myös tulosten luotettavuuden varmistamiseksi, sillä tavat tukevat toisiaan. (Muther 1973, 7-1-7-2.)

Tarkin ja yleisimmin käytetty tapa on laskeminen. Laskemisen edellytyksenä on, että konekanta ja välineistö on kartoitettava ja listattava, tai käytettävissä on valmiiksi olemassa oleva listaus laitteistosta. Mikäli listaus on tehtävä laskemista varten, on

suositeltavaa tehdä se toimintokohtaisesti, jolloin tieto on luontevasti yhdistettävissä yhteyssuhdediagrammin tietoihin. Kerättyä tietoa voi hyödyntää myös myöhemmin tehtävässä yksityiskohtaisen layoutin suunnittelussa. Tilatarpeen laskemisessa huomioidaan halutun tuotantomäärän tuottamiseksi tarvittavien koneiden määrä, sekä niiden vaatimat työskentely- ja huoltotilat. On tärkeää huomioida myös vaihtelut ja niiden aiheuttamat häiriöt, sekä muutokset kapasiteeteissa. Näin ollen tarvittavien koneiden ja laitteiden määrässä huomioidaan, ettei laskennallinen kuormitusaste ole liian korkea. Työpisteiden lisäksi lasketaan varastojen, toimistojen ja muiden oheistoimintojen vaatimat tilat. (Mts. 7-2-7-8.)

Laskennan jälkeen toiseksi tärkein ja käytetyin tapa tilamääritykselle on muuntaminen, jolla tarkoitetaan olemassa olevien tilojen muuntamista uuden layoutin tarpeiden mukaiseksi. Muuntaminen on käytännöllinen tapa kun kyseessä jo toiminnassa oleva yritys ja aikataulu nopea, se soveltuu myös erittäin hyvin silloin kun toimintojen välisten töiden ja työnkulkujen erot ovat suuret, tai tarkkojen tuotantomäärälaskelmien tekeminen vaikeaa. Määritys tapahtuu tarkastelemalla nykyhetken tuotannon todellista tilatarvetta, suhteuttamalla se annettuihin tuotantotavoitteisiin, ja lopuksi sovittamalla tarve ja käytettävät tilat yhteen. (Mts. 7-8-7-10.)

Tiloja voidaan määrittää myös käyttämällä etukäteen määriteltyjä standardeja, mikäli vastaavanlaiseen yritykseen on sellaisia laadittu. Tämä edellyttää kuitenkin, että pääsee tutustumaan perusteellisesti määritysten taustalla oleviin lähtötietoihin ja varmistaa niiden samankaltaisuuden suunniteltavan kohteeseen, eikä näihin tietoihin ole aina mahdollisuutta päästä käsiksi. Tämä määrittelytapa voi kuitenkin tulla kyseeseen, mikäli kyseessä on suuri yritys, joka on luonut omat tilastandardinsa, joita voidaan käyttää uusien toimipisteiden layout-suunnittelussa hyväksi. (Mts. 7-11-7-12.)

Joissain tapauksissa voi tilamäärityksen tekemiseksi olla tarpeellista suorittaa toiminto-, tai työpistekohtainen raakaversio layout-suunnittelu jo tässä vaiheessa. Tarkoitus ei ole viedä suunnittelua kovin yksityiskohtaiseksi eikä lopulliseksi, mutta esi-

merkiksi erittäin suuret, kalliit, räätälöidyt, tai automatisoidut koneet tai laitteet voivat vaatia tämän kaltaista lähestymistä tilantarpeen määrittämiseksi. (Mts. 7-12-7-14.)

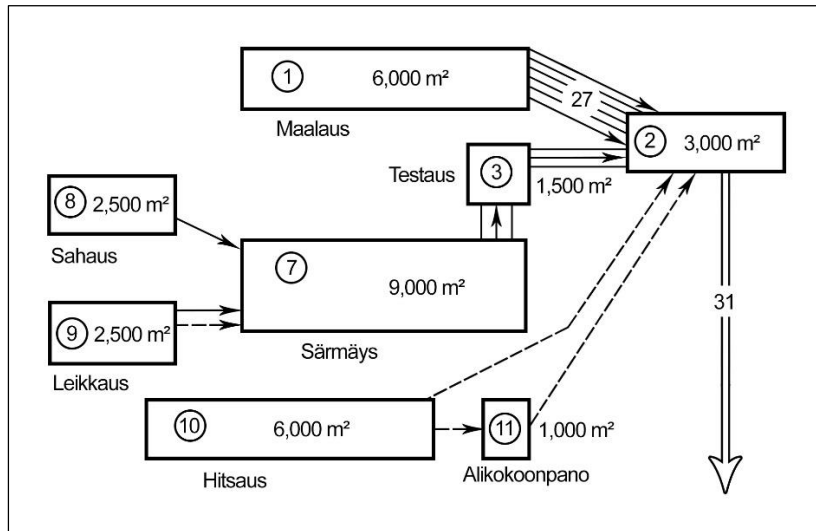
Viimeinen viidestä määrittelytavasta perustuu kehityssuuntauksien ja tulevaisuuden näkymien vaatimiin tilatarpeisiin niin, että tarpeen määrittämiseen käytetään suhdelukuja, joka voi olla esimerkiksi tuotettu kappalemäärä per neliometri. Suhdeluku muodostetaan menneiden vuosien toteutumien perusteella, ja tilojen tarve lasketaan suhteuttamalla siihen tulevaisuuden tavoitteet. Tapa soveltuu heikon tarkkuutensa vuoksi yleensä vain kohteisiin, jotka ovat helposti muokattavissa. (Mts. 7-14-7-15.)

Tilojen osalta ei pelkästään neliövaatimusten määrittäminen riitä, vaan myös toimintojen muut ominaisuudet tulee huomioida. Toiminto voi vaatia esimerkiksi vesipistettä tai paineilmaa, tai olla fyysisiltä ominaisuuksiltaan hyvin poikkeava, näin ollen tilamäärittelyiden jälkeen voidaan laatia taulukko, josta tulee ilmi sekä tilojen koko-, että ominaisuusvaatimukset. Tämän kaltaisesta yhteenvertauslaulukosta on apua suunnittelun edetessä, eikä suunnittelijan tarvitse pitää niin suurta määrää yksittäisiä analyyskejä esillä. Tilojen vaatimukset eivät kuitenkaan ole se määrittävä tekijä suunnittelussa, vaan lopullisen ratkaisu syntyy käytettävissä olevien ja vaadittavien tilojen välisestä tasapainottamisesta. Koska tilaa käytettävää tilaa on yleensä vähemmän kuin mitä ideaalisuunnitelma vaatisi, haastavinta tehtävässä on löytää oikeat kohteet tilan pienentämiseksi ja sijoittaa toiminnot tiloihin toimivasti, niin että tuotantotavoite voi toteutua, ilman hukkatilojen muodostumisia. Tarvittavien ja käytettävissä olevien tilojen tasapainottaminen ei aina yrityksistä huolimatta onnistu, eikä lisäinvestointejaakaan tiloihin voida tehdä. Tällöin ratkaisuja voi hakea kehittämällä toimintaa, tuotantoa tai sen prosesseja suuntaan, jossa tilantarve on pienempi. (Mts. 7-15-7-20.)

3.2.7 TILA-YHTEYSSUHDEDIAGRAMMI

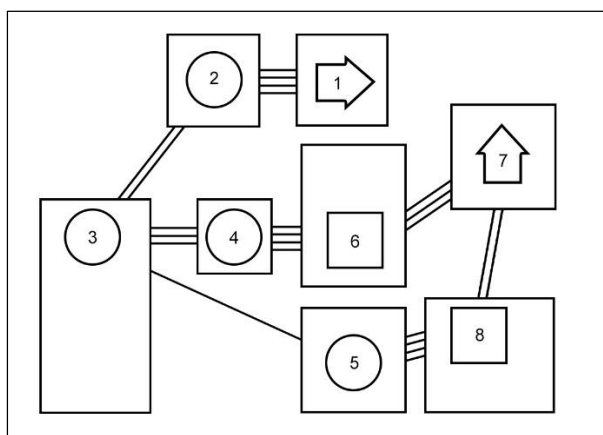
Seuraavaksi kerätyt tiedot yhdistetään tila-yhteyssuhdediagrammiin, jonka toteuttamiseen on kolme tapaa, yhdistää tilat joko virtauskaavioon, yhteyssuhdekaavioon tai yhteyssuhdediagrammiin. Kaikissa kolmessa tavassa aiemmin laadittuun kaavioon tai

diagrammiin lisätään tilavaatimukset kasvattamalla merkittyjen toimintojen koot sopivassa mittakaavassa oikeaan suhteeseen, esimerkki tästä nähdään kuviossa 8, jossa koot ovat sekä nähtävissä, että numeroin kirjattuna.



Kuvio 8 Virtauskaavio ja tilamääritykset (Muther 1973, muokattu.)

Kyseisessä kuviossa nähtävä tila-yhteyssuhdediagrammi on muodostettu materiaali- virtaan pohjautuen, toisin kuin kuviossa 9, jossa yhteyssuhdediagrammi toimii pohjana, ja kokomäärittelyt perustuvat ruutujen mittakaavaan.

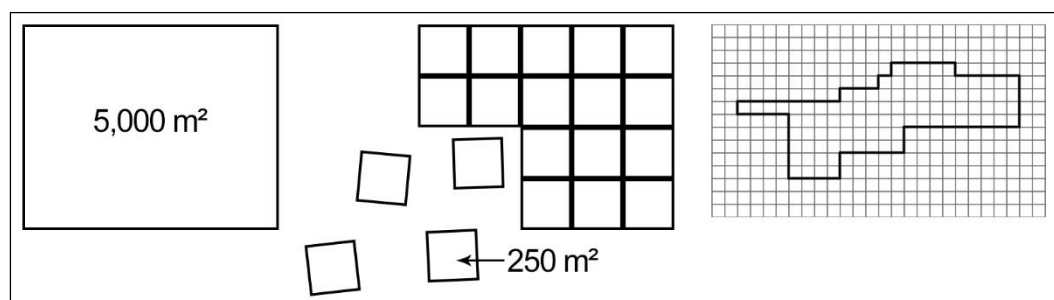


Kuvio 9 Tila-yhteyssuhdediagrammi (Muther 1973, muokattu.)

Valinnan määrittelee, onko yrityksen toiminnan kannalta tärkeintä materiaali- virta, yhteyssuhteet, vai molemmat. Myös tässä vaiheessa voidaan diagrammi muodostaa

olemassa olevien tilojen layoutin pohjalle aikaa säästääkseen, mutta edelleen se aiheuttaa riskin, että kannattavia parannusideoita jäisi kehittymättä. Tällaisessa tapauksessa tulee punnita rajoitteiden määrää ja lopullisuutta, ja pohtia kumpi tapa on kannattavampi. Riippumatta toteuttaako diagrammin olemassa olevaan pohjaan vai ei, diagrammiin voi kuitenkin lisätä tarkentavia tietoja ja huomioitavia asioita, etenkin mikäli suunniteltava layout ei ole erittäin mittavan kokoinen, jolloin lisätiedot voivat tehdä kaaviosta sekavan. (Muther 1973, 8-1-8-4.)

Kun diagrammi on muodostettu, aletaan siitä kehittämään alustavia layout-järjestelyjä yhdistelemällä ja muokkaamalla tiloja, joko suoraan hahmottelemalla layouteja tehden piirroksia, tai käyttämällä tekniikkaa, jossa tilat pilkotaan kokoa esittäviin paloihin, ja layout rakennetaan palapelin tavoin hakien kullekin toiminnoille optimaalinen muoto ja sijoittelu. Mikäli layoutia hahmotellaan suoraan, tulee mittakaava huomioida tarkkaan, apuna esimerkiksi ruudutus. Palatekniikkaa käyttämällä mittakaava säilyy automaattisesti, sillä kun palat on kerran oikeaan kokoon tehty, ei niiden siirtely ei vaikuta pinta-alaan, kuten kuviosta 10 voi todeta. Tehokas keino voi myös olla käyttää kumpaakin tekniikkaa, jolloin luonnostelun ja viimeistelyn voi suorittaa piirroksen avulla, ja luonnoksen muokkaamisen ja testaamisen palatekniikan avulla. Versioiden dokumentointi on tärkeää suorittaa huolella, etenkin palatekniikka käytettäessä, jotta edellisten versioiden vertaaminen ja muokkaaminen pysyy hallinnassa. Näin voidaan myös suorittaa vertailuja luonnosten välillä ja löytää niistä parhaat puolet. Tässä vaiheessa ei suunnittelussa oteta vielä kaikkia vaikuttavia tekijöitä huomioon, joten hahmotelmien laatimisessa ei ole kannattavaa olla liian tarkka jatkossa todennäköisesti tulevien muutosten vuoksi. (Mts. 8-4-8-15.)



Kuvio 10 Palatekniikka (Muther 1973, muokattu.)

3.2.8 DIAGRAMMISTA LAYOUTIKSI

Teoreettisesti tila-yhteyssuhdediagrammi on toimintojen toimivuuden kannalta layoutiksi optimaalinen, mutta koska siinä ei ole vielä huomioutu rajoitteita ja muita vastaavia tekijöitä, vaatii se muokkaamista. Muokkaaminen on suunnitteluprosessin luovim osa, jossa teoreettista pohjaa muovaamalla alustavasta layoutista kehittyvät layout-ehdotus. Muokkaamisessa huomiota vaativat asiat ja niiden painotukset riippuvat luonnollisesti yrityksestä ja sen toiminnan laadusta. (Muther 1973, 9-1.)

Muther (1973, 9-1) listaa asioita, joita huomioitavat asiat usein koskevat:

- Materiaalinhallinta
- Varastointitilat
- Tilojen olosuhteet ja ympäristö
- Henkilöstövaatimukset
- Rakennusten ominaisuudet
- Palvelut, hyödykkeet ja niiden saatavuus
- Menettelytavat ja valvonta
- Toimintojen tarkennettujen layoutien muoto

Huomiota vaativat kohteet tunnistetaan ja valitaan, jonka jälkeen niitä analysoidaan. Analysointitapa on täysin riippuvainen kohteen laadusta, se voi olla esimerkiksi kohdetta tarkkailemalla suoritettu mittaaminen tai kartoittaminen, tai yleistä ongelmanratkaisua syy-seuraus-suhteita tutkimalla ja kehittämällä niihin ratkaisu. Edellä oleva listaus sisältää yleisimpiä huomiota vaativia asioita, mutta ei suinkaan kaikkia, vaan listaus riippuu täysin yrityksestä, tämä vuoksi muokkauksen suorittamista käsitellään esimerkkien avulla. (Mts. 9-2.)

Materiaalivirtauksen merkitystä on analysoitu suunnitteluprosessin aiemmissa vaiheissa. Mikäli se on luokiteltu merkittäväksi, on materiaalinhallinta todennäköisesti myös yksi muokkauksen huomioita vaativista kohteista, kuten hyvin monessa tuotan-

nollisessa yrityksessä yleensä on. Tila-yhteysdiagrammi on rakentunut materiaalivirrat huomioiden, mutta lähtökohtana on ollut suurin mahdollinen virtaus, joka ei aina kuitenkaan ole käytännössä paras materiaalinhallinnan kannalta. Parhaimman ratkaisun materiaalin reititysratkaisuksi saa jatkoanalysoimalla virtauksia toimintojen välillä, ja päättämällä niiden perusteella millainen reititys on toimivin. Reititystavat voi jakaa karkeasti kolmeen eri tapaan, suoraan, kanavoituun ja keskitettyyn reititykseen. (Mts. 9-2-9-7.)

Reititystavan valintaan vaikuttaa ennen kaikkea virtauksen suuruus ja välimatkat. Keskitetyssä reititystavassa materiaali virtaa käyden toimintojen välillä keskitetyssä pisteessä, joten reititystapa tulee kysymykseen pienillä virtausmäärillä ja vakioiduilla työkuluilla. Keskitettynä pisteenä voi myös toimia esimerkiksi laaduntarkastus, testauspiste, tai muu vastaava vaihe, jonka kaikki kappaleet käyvät läpi. Pienen virtausmäärän vuoksi tämän kaltaisessa layoutissa voivat myös välimatkat olla suuria. Suurilla materiaalivirtauksilla sen sijaan välimatkat tulisi olla pieniä, jolloin kyseeseen tulee suora reititystapa. Suora tapa soveltuu myös silloin, kun materiaalivirran tulee olla nopeaa. Reitityksen voi järjestää myös kanavoiduksi, jolloin kaikki materiaali virtaa samaa reittiä läpi layoutin. Kanavoitu reititys soveltuu tilanteisiin, joissa virtaus ei ole suurta ja toiminnot voivat olla kaukana toisistaan. Virtauksen tulee koostua hyvin samankaltaisen työnkulun omaavista materiaaleista, muutoin kanavoitu reititys ei ole järkevä. Erilaisia reititystapoja voi yhdistellä, sillä virtaus voi koostua hyvin erilaisista virtauksista, jolloin sama reititys ei sovellu kaikille. Tämän vuoksi virtauksia tulee vielä analysoida tarkemmin, analysointitapa valitaan tuotteiston, sekä virtausmäärien perusteella. Analysoinnissa huomioidaan virtauksen suuruus ja välimatkojen pituus. Virtausta voidaan tutkia esimerkiksi joko selvittämällä materiaalin kulku koko prosessin läpi, reitin läpi kulkeva virtaus, tai alueen tai toiminnon läpi kulkeva virta. Materiaalin kulkureittiä prosessin läpi voidaan kartoittaa silloin, kun kyse on vain muutamasta tuotteesta tai tuoteperheestä, sillä menetelmä on erittäin työläs. Suurelle määrälle analysointiin on kannattavaa käyttää reitin virtauksen analysointia, etenkin mikäli työnkulut ovat toisistaan poikkeavia. Myös toimintojen tai alueen virtauksen analysointi soveltuu monipuolisemmalle tuotteistolle ja työkuluille. Koska materiaalinhallinta on merkittävä kustannustekijä, on virtauksen reitityksen säätäminen ja

hallintamenetelmien kehittäminen virtauksen sujuvuuden parantamiseksi on kannattavaa. Materiaalinhallinnan sujuvuuteen vaikuttavat myös esimerkiksi siirtämisessä käytettävät välineet ja laitteet, sekä täyttömenetelmät ja kulkuväylät. Vaikuttavia tekijöitä on paljon, joten suunnitteluvaihe on tehtävä huolella ja valintoja punnittava. Tämä pätee erityisesti uusiin tiloihin, joissa esimerkiksi materiaalin siirtomenetelmät ovat vielä lähes vapaasti valittavissa. Analysoinnin jälkeen virtaukset voi lisätä suoraan tila-yhteyssuhdediagrammiin, jolloin layoutin soveltuvuus virtaukselle on selkeästi nähtävissä. (Mts. 9-2-9-15, 11-4-11-5.)

Materiaalinhallinnan lisäksi teollisissa yrityksissä on myös muita hyvin tyypillisiä muokkauksessa tarkastelua vaativia kohteita, kuten varastointi ja rakennuksien ominaisuudet ja kulkuväylät, joista jälkimmäiset koskevat lähinnä olemassa olevia tiloja. Mikäli investoinnit eivät ole esteenä, voi tiloja yleensä muokata, mutta on olemassa myös ominaisuuksia, joiden muokkaaminen on hyvin vaikeaa. Esimerkiksi rakennuksen kantavat rakenteet tai liikennejärjestelyt voivat olla muutoksien ulottumattomissa, jolloin niiden tarkempi huomiointi on tässä vaiheessa suunnittelua tärkeää. Toiminnassa olevalla yrityksellä voi olla myös muita kuin fyysisiä rajoittavia tekijöitä, jotka pitää huomioida suunnittelussa, liittyen esimerkiksi tuotannonohjaukseen tai prosessin kulkuun. Tila-yhteyssuhdediagrammin muokkaus ja ratkaisujen teko vaatii paljon eri vaihtoehtojen puntaroimista, eikä täydellisesti toimivaa vaihtoehtoa välttämättä löydykään. Versioita luoden etsitään parhaat vaihtoehdot, jolloin päästään seuraavaan suunnittelun vaiheeseen. (Mts. 9-9-9-18.)

3.2.9 LAYOUTIN VALINTAVAIHE

Yleislayoutin suunnittelun viimeinen vaihe on valita muokatuista vaihtoehdoista paras. Merkittävä tekijä layoutin valinnassa on tietysti myös kustannukset. Vaihtoehtojen kustannusvertailu pohjautuu yleensä joko kokonaiskustannuksiin, tai muutoksen aikaisiin kustannuksiin, riippuen projektin laadusta ja siitä onko kyseessä uudisrakennus, vai kehitysprojekti. Kustannuslaskemien tekeminen ja niiden vertailu vaihtelee myös yrityksen talous- ja verotuskäytäntöjen mukaan, näin ollen yhtä tapaa ei voida

nimetä. Kuitenkaan puhtaasti kustannusten pohjalta ei layoutin valintaa tulisi suorittaa, sillä layoutin muutos vaikuttaa oletettavasti hetkellisten muutoskustannusten lisäksi jatkossa myös kannattavuuteen, jonka vuoksi vaihtoehtojen vertailua kannattaa suorittaa muutoinkin. Vaihtoehtoja voi vertailla hyvinkin yksinkertaisesti, tai analysoida tarkemmin. Valinnan voi suorittaa pelkästään ehdotusten hyötyjä ja haittoja vertailemalla, tai tarkentamalla arviointeja luokittelemalla niiden hyötyjen ja haittojen vaikutusten tärkeyden. Hyötyarvomatriisin avulla päästään pureutumaan vaihtoehtojen yksittäisiin ominaisuuksiin tarkemmin ja kattavammin. (Muther 1973, 10-1-10-5, 10-12-17.)

Hyötyarvomatriisi muodostetaan listaamalla asiat, jotka ovat merkittäviä layoutin valintaperusteita, ja antamalla niille luokitteluarvot. Taulukossa 2 nähdään, kuinka hyötyarvomatriisin muodostaminen tapahtuu. Matriisiin valitut asiat on pisteytetty asteikolla 1-10 niin, että suurempi arvo merkitsee tärkeyden kasvamista. Kunkin layoutvaihtoehdon kohdalta löytyy edellistä analyysistä tuttu kirjainluokittelu, jonka painoarvokertoimet ovat 0-4. Pisteytetty arvo kerrotaan painoarvolla, jolloin saadaan hyötyarvo selville. Kunkin sarakkeen alaosasta löytyy layoutin sama kokonaisarvo. Valintaperusteita ovat tyypillisesti virtauksiin, käytettävyyteen, tilankäyttöön, muokattavuuteen ja hallittavuuteen liittyviä asioita. Vaikka matriisin luokittelu tapahtuukin osin mielipiteisiin, näkemyksiin ja kokemuksiin perustuen, saadaan sillä aikaan pätevä vertailu vaihtoehtojen välillä. (Mts. 10-3-10-11.)

Taulukko 2 Hyötyarvomatriisi (Muther 1973, muokattu.)

Vertailtavat tekijät		Painoarvo	Arvioinnit ja painoarvot		
			Layout A	Layout B	Layout C
1	Joustavuus	2	1 E	1 I	2 E
2	Materiaalin virtaus	8	3 E	2 A	2 I
3	Kulkuyhteydet	9	1 A	3 E	2 I
4	Ohjattavuus	7	2 E	4 E	3 O
5	Kustannukset	5	4 E	4 E	3 I
Yhteensä			69	93	74

Tulosten luotettavuuden kannalta olisi tärkeää, että arvioinnit suoritettaisiin asia kerrallaan, ei layout kerrallaan. Näin vältetään muodostamasta vääristäviä ennakkokäsitelmiä, ja pystytään keskittymään yhden asian arviointiin, koskien kaikkia vaihtoehtoja tasapuolisesti. Hyötymatriisin arvioinnissa on parempi olla mukana työryhmä, sen sijaan, että sen tekee yksittäinen ihminen. Näin toimien arvioinnissa tulee asioita pohdittua kattavammin, ja tuloksista saadaan luotettavampia. Layoutin valitseminen hyötyarvomatriisin avulla on huomattavasti analyyttisempi tapa valita layout, jolloin valinnalle on esitettävissä selkeät perusteet, sen sijaan että se on valittu pelkkiä hyötyjä ja haittoja pohtimalla. (10-8-10-11.)

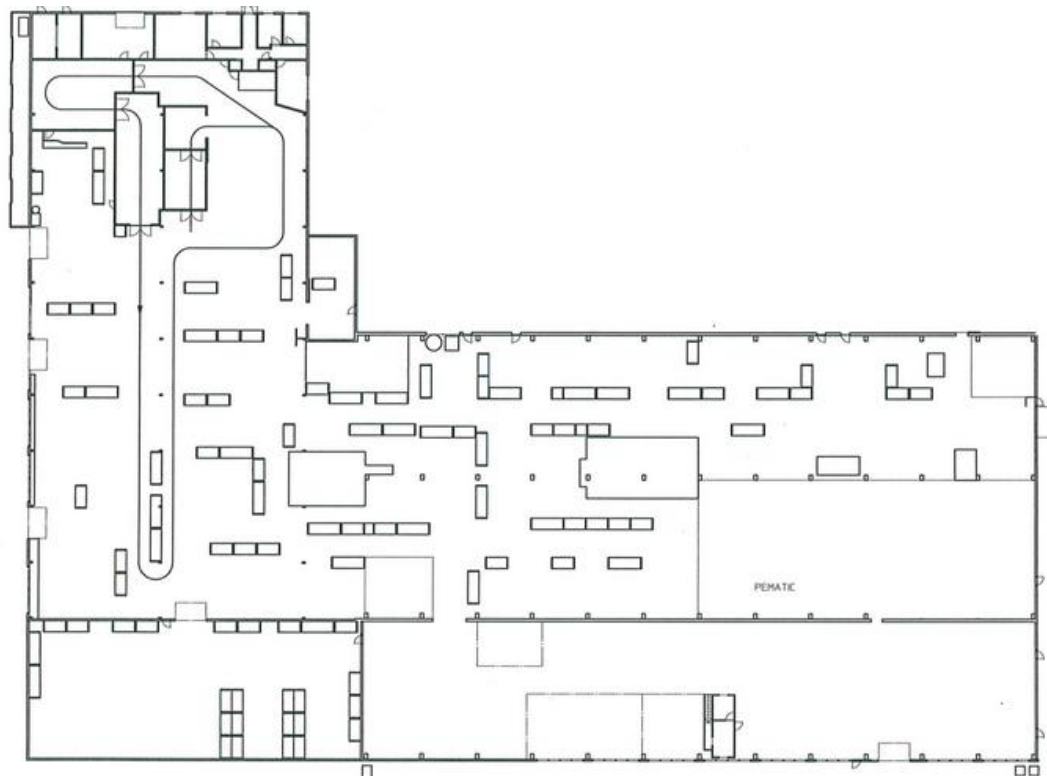
3.2.10 LAYOUTIN YKSITYISKOHTAISTAMINEN

Layout-suunnittelun kolmannessa vaiheessa ryhdytään tarkentamaan toisen vaiheen tuloksena syntyneitä layoutia, joka ehdotuksista valittiin. Tarkentamisella tarkoitetaan yleislayoutiin sijoitettujen toimintojen ja alueiden yksityiskohtaisemman layoutin suunnittelua, jossa myös koneet ja laitteet saavat sijaintinsa. Layoutin yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on hyvin tärkeää olla osallisena myös henkilöitä, joilla on näkemyksiä tarkennettavan kohteen käytettävyydestä ja toimivuudesta, jotta vältetään suunnittelemaista epäkäytännöllisiä tiloja. Suunnittelussa yksityiskohtaisempia layouteja, voidaan käyttää täysin samoja työkaluja kuin mitä yleislayoutin suunnittelussa, ja hyödyntää osin aiemmin kerättyä tietoa. Ennen suunnittelun aloittamista kannattaa kuitenkin pohtia eri alueiden yksityiskohtaisemman layoutin tärkeyttä ja tarkkuutta, ja suunnitella ne aloittaen tärkeimmästä. Näin ollen vältetään tekemästä turhaa työtä kohteissa, joiden layoutin tarkkuus ei ole oleellista. Kun jokainen tarpeellinen kohta on suunniteltu, voidaan tulla tilanteeseen, että alkuperäistä yleislayoutia voidaan vielä joutua muokkaamaan. Tämän vuoksi on toivottavaa, että yksityiskohtaisetkin suunnitelmat ehditään tekemään ennen muutostöiden, tai rakentamisen aloittamista. Kun kaikki tarvittava on suunniteltu, käynnistyy viimeinen vaihe Mutherin menetelmästä, jolloin suunniteltu ja hyväksytty layout toteutetaan. (Muther 1973, 11-1-11-12.)

4 NYKYTILANNE YRITYKSESSÄ

4.1 LAYOUT JA NYKYTILAN ONGELMAT

Tehtaan pohjapiirros on nähtävillä kuviossa 11. On huomioitavaa, että myös Pematic Oy:n tuotantotilat näkyvät samassa layoutissa, eli koko alue ei ole suunnittelun kohteena.



Kuvio 11 Nykyinen layout

Tehtaasta Nokan tuotannon käytössä olevan alueen pinta-ala on noin 3600 m². Alueesta 740 m² on maalaamon ja maaliradan käytössä, ja loppukokoonpanojen yhteispinta-ala on 470 m². Käytävät vievät 512 m² ja varastohyllyt 237 m². Kaikki mitat ovat tarkistusmittaamattomia mittoja. Loput 1640 m² tiloista jakautuvat osavalmistuksen ja hitsauksen kesken. Lisäksi käytössä on 530 m² kokoinen katettu, ja suljettavissa oleva tehtaaseen liitetty varastotila, jonka pinta-alasta noin 87 m² on hyllyalaa. Tehtaalla on myös katettu avovarasto, joka toimii teräsvarastona. Pematicin tilat löytyvät

layoutin oikeasta alareunasta, alueelta, johon hyllypaikkoja ei ole merkitty. Karkeasti ajateltuna materiaalivirtaus kulkee tuotannon alkupäästä saapuen, ja loppukokoonpanosta poistuen, näin ollen virraten tehtaan läpi. Ongelmana kuitenkin on, että saapumisen ja lähtemisen välillä materiaalin kulku on sekavaa, ja materiaalinhallinta vaikeaa.

Työpisteiden sijoittelun vuoksi joudutaan suuria kappaleita kuljettamaan kohtuullisen pitkiä matkoja, jolloin siirtämiseen kuluu aikaa, ja siitä aiheutuu turhia potentiaalisia vaaratilanteita. Joitakin kappaleita valmistetaan vaihtuvissa työpisteissä, jolloin osia ja hitsauskiinnittimiä joudutaan siirtelemään paljon. Tästä johtuen niiden etsintään ja käsittelyyn hukkuu paljon aikaa. Materiaalinhallinnan sekavuuden vuoksi osia myös häviää tuotantoon. Hallittavuuteen vaikuttaa osaltaan myös osien ja kappaleiden toisistaan poikkeavat koot, sillä pienet osat hukkuvat helposti suurten osien joukkoon. Myös materiaalin vastaanotto on tällä hetkellä ongelmallista, sillä vakioituja varastopaikkoja ei kaikelle ole, jolloin osien sijainti saattaa olla ainoastaan vastaanottajan muistin varassa.

Materiaalinhallintaan liittyvät ongelmat ovat yrityksessä yleisesti tiedossa, ja tulevat ilmi myös havainnoimalla tuotannon toimintaa päivittäin. Ongelmien olemassa olosta kielii myös keskeneräisen tuotannon määrä, yleinen sotkuisuus, myöhästelyt osapuutteiden vuoksi sekä kiireellisten töiden priorisoinnin tarve. Ongelmia on pyritty ratkaisemaan kehittämällä varastopaikkajärjestelmää, mutta hajaantuneen tuotannon ja vakiintumattomien työpisteiden takia se ei ole onnistunut.

Heikon virtauksen ja materiaalinhallinnan vuoksi, läpäisyajat ovat pitkiä ja kesken-eräistä tuotantoa on paljon. Tämä tulee selkeästi ilmi tuotannonjohdolle, ja vaikeuttaa aikataulujen suunnittelua. Tuotannon myöhästymistä tapahtuu paljon, jolloin toimitusajoissa on hyvin vaikea pysyä. Pitkät läpäisyajat ja kesken-eräinen tuotanto yhdessä vaihtuvien valmistuspaikkojen kanssa, aiheuttavat sekaannuksia myös nimikkeiden saldoissa. Hankinnan on vaikeaa ajoittaa ja määrittää ostoerät oikein, sillä toi-

minnanohjausjärjestelmän antamiin saldoihin ja aikatauluihin ei voi luottaa. Tuotannonjohto, työnjohto, tuotanto ja hankinta hukkaavat paljon aikaa tarkistaen tuotannon tilannetta, sekä materiaalin saapumisen ajoituksia.

4.1.1 HUOMIOITAVAT ASIAT

Tuotannon toimintojen asettamia rajoitteita, tai suunnitteluprosessissa huomioitavia asioita löytyy muutamia. Huomioitavaa sijoittelun kannalta, on toimintojen välisten yhteyssuhteiden lisäksi siirrettävien kappaleiden ja materiaalien koko. Tämä on huomioitava niin työpisteiden, maaliradan, kuin vastaanoton kannalta. Suurien kappaleiden kohdalla on tärkeämpää huomioida koko, kuin virtauksen määrä, sen sijaan pieniä kappaleita on helpompi liikuttaa suurtakin määrää trukilla. Tämä tulee tuotannossa selkeästi ilmi, esimerkiksi tarkastellessa metsäperävaunun runkoa.

Nykyisen layoutin aiheuttama heikko kommunikaatio tuotannon sisällä kaipaa ehdottomasti parannusta, sillä työntekijät joutuvat kulkemaan työpisteiden välillä pitkiäkin matkoja, jolloin aikaa kuluu hukkaan. Toimintojen välisen kommunikaation tarvetta on pohdittava niin kunkin toiminnon kohdalta, kuin yleisesti koko tuotannon kannalta. Tuotteisto koostuu niin monesta variaatiosta, että on äärimmäisen tärkeää, että jokainen vaihe on täsmälleen ajan tasalla mitä kulloinkin on menossa, ja millaisilla muutoksilla. Nykytilanteessa sekaannuksia syntyy usein, etenkin kun tuotantojärjestystä joudutaan muuttamaan materiaali puutteiden vuoksi, tai tilauksiin tulee muutoksia.

Nykyisen layoutin haittapuolena ovat myös maalaamosta leviävä maalipöly, joka laskeutuu loppukokoonpanoon kertyen tuotteiden ja kappaleiden pinnalle aiheuttamien ylimääräistä putsaustyötä. Maalaamo edeltävä pesutila ei myöskään ole nykyisellään toimiva, sillä pesusta leviää liuotinta sisältävää vesihöyryä ilmaan, eikä sen hengittäminen ole turvallista. Sijoittelussa on siksi huomioitava turvallisuus, maalaaamon aiheuttama maalikäry sekä maalipöly, unohtamatta maaliradan käytettävyyttä. Maalattujen tuotteiden siirtely on pidettävä minimissään maalivaurioiden välttä-

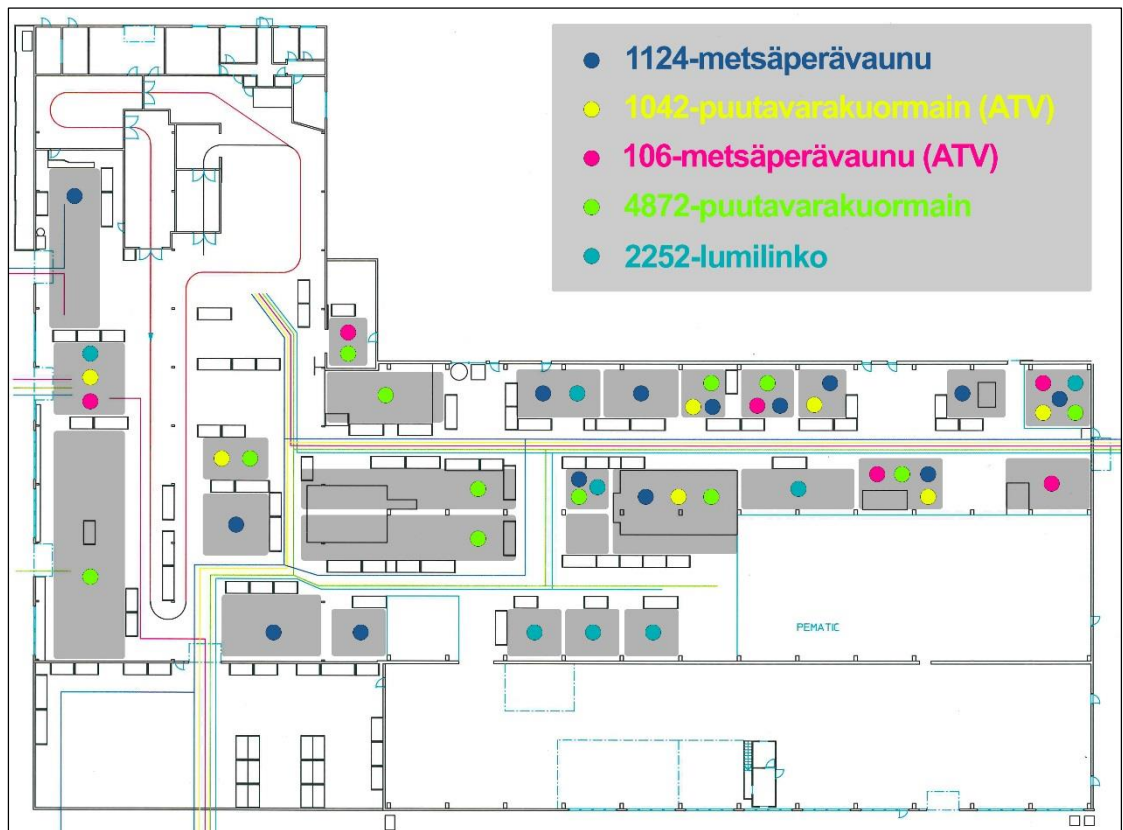
miseksi, etenkin suurilla kappaleilla. Maalaamon kunnossapitotoimenpiteiden ja jätehuollon kannalta sen sijoittamisessa on huomioitava vaivaton pääsy ulos, joten ulkoseinän läheisyys on tärkeää.

Tuotteiden valmistamisen osalta on huomioitavaa, että lumilinkojen valmistaminen on hyvin kausiluonteista. Niiden valmistaminen tapahtuu yleensä erätuotantona, ja vain muutamana kuukautena vuodesta. Haastavuutta lisää myös ajankohdan vaihtelu, joten tuotantokapasiteetin tasoittaminen vaihtelun huomioiden on vaikeaa. Lumilinkojen kohdalla haastavuutta virtauksen sujuvuuteen tuo myös niiden suuri koko.

4.2 NYKYTILAN KARTOITUS

Tarkastelun kohteeksi valittujen tuotteiden valmistusprosessin kulkua ja materiaalivirtoja kartoitettiin, ennen varsinaisen suunnittelutyön aloittamista. Pohjatietojen avulla saatiin selville, mitä suunnittelussa tulee huomioida, ja lopullisille tuloksille saatiin vertailupohjaa.

Nykyiseen layout-pohjaan merkittiin tuotekohtaiset virtaukset, sen mukaan, kuinka tuotteen osat tuotannossa kulkevat. Kartoitus tapahtui läpikäymällä tuotteiden tuoterakenteet läpi valmistettavien osien ja vastaanoton kautta saapuvien osien osalta. Myös vastaanoton käyttämiä varastopaikkoja tarkasteltiin. Kuviosta 12 nähdään yleiskuva tuotteiden virtauksien kulusta tuotannossa, kyseinen kuvio on nähtävissä myös liitteenä 6. Kuvion mukaisesti layoutia katsoessa, virtaus kulkee pääosin oikealta vasemmalle. Materiaalivirtaukset ovat merkittyinä tuotekohtaisesti kukin eri värillä, tarkastelun helpottamiseksi. Värikoodein nähdään myös työpisteittäin, minkä tuotteiden osia siellä valmistetaan.



Kuvio 12 Nykyiset materiaalivirrat

Tuotekohtaisesti tarkasteltuna voidaan huomata, että pääsääntöisesti tuotanto on hajaantunutta, joka selkeästi aiheuttaa ongelmia materiaalinhallinnan ja ajoituksen yhtenäisyyden vuoksi. ATV-tuotteiden työpisteet tekevät tässä poikkeuksen, sillä niiden työpisteet yhtenäistettiin jo opinnäytetyötä edeltäneessä projektityössä. Nykytilan ongelmana on kuitenkin, että niissä valmistetaan myös muiden tuotteiden osia.

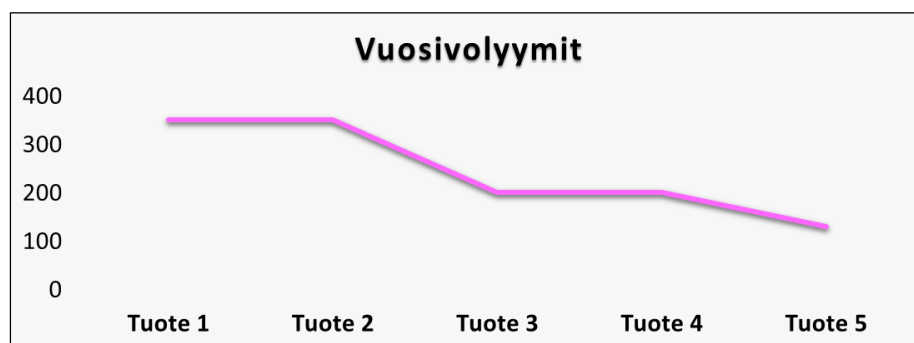
4.2.1 YKSITTÄISET ANALYYSIT VIRTAUKSESTA

Tarkempien analyysien tekoa varten tuoterakenteet käytiin vielä nimike kerrallaan läpi. Rakenteista seulottiin täyttöpalvelun toimittamat paljousnimikkeet pois, jotta jäljelle jäivät vain valmistettavat osat, sekä sellaiset ostettavat nimikkeet, jotka vastaanotto ottaa vastaan. Tuoterakenteista tarkistettiin myös, esiintyykö sama nimike eri tuotteissa, ja kuinka se vaikuttaa virtaukseen. Kun tuoterakenteet oli tutkittu, tehtiin niiden pohjalta analyysit, jossa jokaisen valmistettavan tai vastaanottoon saapuvan osan kulku tarkistettiin.

Liitteistä 1-5 nähdään yksinkertaistettuna versiona, kuinka tuotteiden tuotantoprosessi etenee, aina vastaanotettavista osista, loppukokoonpanosta lähtevään tuotteeseen asti. Kunkin vaiheen kohdalta nähdään kyseisestä toiminnosta eteenpäin lähtevien osien, tai kappaleiden määrä. Mutherin (1973, 4-1.) mukaan analyysijä varten työkulku ja prosessit on hyvä tarkistaa ja tehdä vaadittavat parannukset, ennen analyysien suorittamista, jotta saatu tieto olisi hyödyllistä myös jatkoanalyysissä. Näin ollen tuotannon toiminnot jaoteltiin nykytilanteen sijaan sen mukaan, että kullakin kappaleella olisi vakioitu työpiste. Osat jaoteltiin toimintoihin tuoteperheittäin, valmistustavan tai saman loppukokoonpanon perusteella. Virtausanalyysien jatkokäytön kannalta olisi ollut hyödytöntä käyttää määrittelemättömiä työpisteitä. Kuten liitteistä voidaan päätellä, on tuotannon sujuvuuden kannalta materiaalivirtauksen sujuvuus erittäin tärkeää suuren osamäärän vuoksi. Myös ohjauksen kannalta haasteellista taaksepäin virtausta tapahtuu, niin työvaiheina, kuin alihankintaan siirtymisinä.

5 TAVOITETUOTANNON ANALYYSIT

Koska tuotannon kartoituksessa käytettiin rajattua kohderyhmää, joka edustaa osien ja valmistuksen suhteen myös muita tuoteryhmien tuotteita, otettiin analyysiin koko tuoteryhmän kokonaistuotantomäärät, jotka on esitetty kuviossa 13. Tavoitteelliset tuotantomäärät saatiin toimeksiantajalta. Käsittelemällä kokonaisvolyymejä, valmistusvolyymeistä saatiin parempi kokonaiskuva.

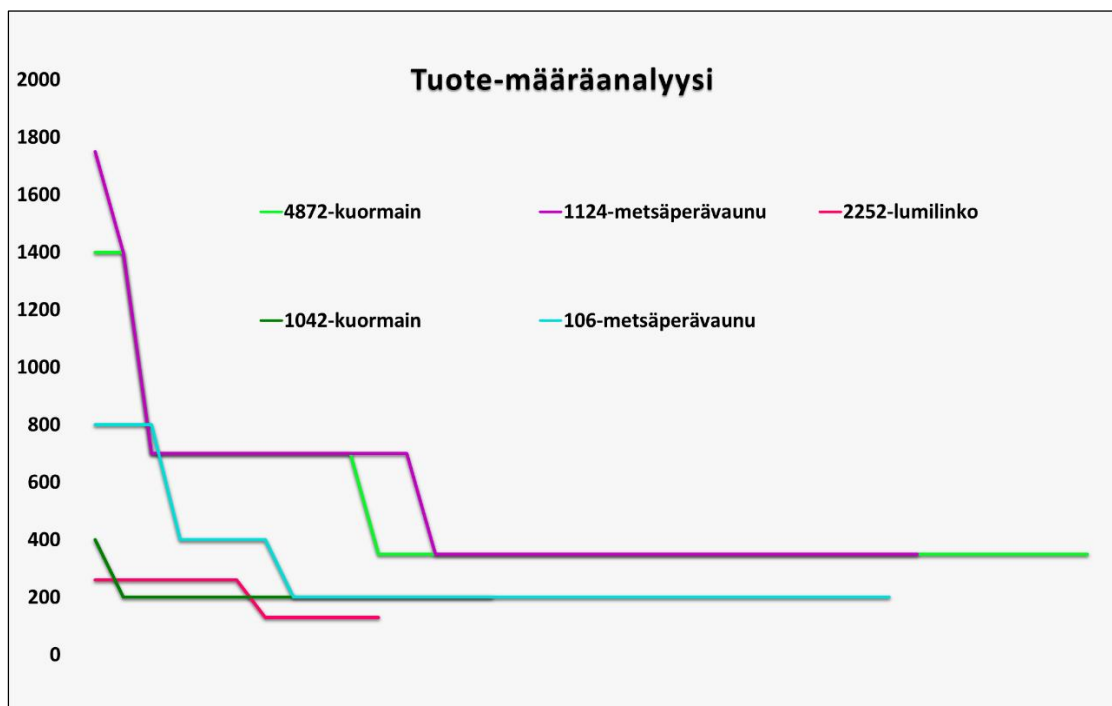


Kuvio 13 Kokonaistuotantomäärät

5.1 TUOTANTOANALYYSI

Tuote-määräanalyysiä varten tuoterakenteesta karsittiin ostettavat osat pois, jolloin analyysi pohjautuu vain valmistettaviin osiin, tai osakokonaisuuksiin. Yhteisiä valmistettavia nimikkeitä viiden kohdetuotteen kesken löytyi kaksi kappaletta, näiden kohdalla huomioitiin kokonaisvalmistusmäärä, ei tuotekohtainen.

Jokaisesta tuotteesta tehtiin tuotekohtainen analyysi tarkempaa nimikekohtaista tarkastelua varten. Lopuksi tiedot koottiin yhteen kaavioon, jotta nähdään eri tuotteiden analyysien eroavaisuudet tai yhtäläisyydet. Kuvion 14 kaaviosta nähdään, että kaikkien tuotteiden kuvaajien muoto on hyvin samankaltainen. Ainoastaan lumilinkin kuvaaja viittaa siihen, että kaikille osille soveltuu sama tuotantotapa.



Kuvio 14 Tuote-määräanalyysit yhdistettyinä

Muiden neljän tuotteen osalta voidaan todeta, että tuotteet sisältävät pienen määrän osia, joita on järkevää valmistaa suuremmissa erissä. Suurimmalle osalle osista soveltuu kuitenkin yrityksen tavoittelema yksittäistuotanto. Nimikkeissä, joille ana-

lyysien mukaan soveltuvat suuremmat valmistuserät, on paljon osia, jotka käyvät sinkityksessä alihankintaprosessina. Käynti alihankinnassa luo aina riskin vaihtelusta aiheutuviin ongelmiin, kuten myöhästymiseen. Se myös aiheuttaa ylimääräisiä ohjausimpulsseja ja materiaalinkäsittelykuluja, useilla yrityksillä on myös minimimaksu, joka peritään, vaikka alihankintaerä olisi pienempi. Näistä syistä johtuen, eräkokojen pitäminen yksittäistuotannon sijasta kohtuullisen kokoisena on perustelua.

Suuremman volyymin nimikkeissä on myös nimikkeitä, jotka ovat kooltaan hyvin pieniä, eikä niiden valmistaminen yksittäin ole asetus- ja valmisteluajkojen puitteissa järkevää. Etenkään, kun huomioidaan materiaalinkäsittelykuluista syntyvä hukka, ja pienten erien aiheuttamat ylimääräiset tarve-, tai ohjausimpulssit muille toiminnoille. Tällaisille osille kohtuulliset valmistuserät, yhdistettynä optimoituun saldohälytysrajaan takaavat kannattavan valmistuksen. Niihin sitoutuva pääoma on pieni, suhteessa pienien erien valmistuskustannuksiin sivukuluineen.

5.2 VIRTAUKSET

Tarkasteltavien tuotteiden osien kulkua analysoitiin materiaalivirtausanalyysin avulla, jonka lopputulos on esitetty liitteessä 7, ote analyysistä on myös nähtävissä oikeissa taulukossa 3. Analyysillä on yhdistetty kaikkien viiden tuotteen osien materiaalivirrat yhteen, jolloin nähdään yhteenvetona helposti, kuinka paljon kulkua on eri toimintojen välillä. Analysoitua tietoa käytettiin avuksi seuraavassa vaiheessa, kun luotiin yhteyssuhdekaaviota. Analysointitavaksi valikoitui Mutherin menetelmän kolmesta vaihtoehdosta Mistä-mihin-kaavio, sillä toimintoja, osia ja variaatioita on paljon ja valmistusvolyymit suhteellisen pieniä.

Taulukko 3 Ote yhdistystä mistä-mihin-kaaviosta

Toimintoon														
Toiminnosta	Vastaanotto	Sahaus/poraus/leikkaus	Särmäys	Koneistus	Sorvaus	ATV-kuormain	ATV-vaunu	MV-silloitus	MV-osahitsaus	MV-hitsaus	Telihitsaus	Linkohitsaus	Robotti W	Robotti J
Vastaanotto	?	?	?			19200	22600	17500	17150	6300	16450	7540	7000	16450
Sahaus/poraus/leikkaus		?	?	2800		400	2800	1750	350	2450	2800	260		350
Särmäys							5600	350	0	350			700	
Koneistus											700			700
Sorvaus						200		2100	700					
ATV-kuormain					200									

Mistä-mihin analyysistä voidaan päätellä, ettei yhteyssuhteita tarkastellessa ollut tarpeellista merkitä välttämättä lähettämöä, sillä tieto sen yhteydestä loppukokoonpanoihin oli tiedossa, ja tiedon avulla se voitiin huomioida suunnittelussa. Ihmetystä analyysissä voi herättää valmistusketjun alkupään työvaiheiden kohdalla olevat kysymysmerkit, asiaan on kuitenkin looginen selitys. Kokemus on osoittanut, että näiden kyseisten toimintojen kohdalla ei analyysin antama virtausmäärä pidä yrityksessä paikkaansa. Toimittajilta saapuu materiaalia, josta puuttuu esimerkiksi reikiä tai särmäyksiä, joko laiterikkojen, ajanpuutteen tai huolimattomuuden vuoksi. Nämä virtaukset eivät näy analyysissä, joten tarkkojen määrien merkitseminen ei olisi ollut luotettavaa.

Teräsvaraston kautta sahalle tai leikkurille saapuvaa tavaraa käsitellään myös yleensä eri yksikössä, joko metreittäin tai kiloittain. Tämän vuoksi määrien merkitseminen mistä-mihin-kaavioon ei ollut kannattavaa. Näiden toimintojen avulla tehdään myös osia täysin viallisina saapuneiden osien tilalle, mikäli osilla on kiire. Näin ollen kyseisten toimintojen kohdalla vaihtelut vaikuttavat materiaalivirtaukseen huomattavan paljon, ja todellinen virtaus on analyysin tulosta suurempi. Tiedossa oli kuitenkin vas-

taanoton ja kyseisten toimintojen välisen materiaalivirtauksen tärkeys ja yhteyssuhteiden laatu, joten virtausanalyysin puutteellisista tiedoista huolimatta yhteydet voitiin huomioida ja tarkentaa seuraavissa analyyseissä.

Myös vastaanoton merkitys tulee selkeästi esille mistä-mihin-kaaviosta, mutta koska vastaanotto vaikuttaa kaikkiin toimintoihin ja se suoritetaan osin hajautetusti, se jätettiin seuraavissa analyyseissä, eli yhteyssuhdekaaviossa ja yhteyssuhdediagrammissa huomioimatta. Merkitsemisen pois jättämisellä kaaviosta ja diagrammista saatiin selkolukuisempia. Selkeyden lisäksi pois jättämiseen oli toinenkin syy, virtauksen mittaaminen kappalemäärissä mistä-mihin-kaaviossa, joka olisi aiheuttanut vääristyneitä tuloksia yhteyssuhdeanalyyseissä. Kuten huomioitavissa tekijöissä mainittiin, joissain tapauksissa virtauksen tyyppi on merkittävämpi tekijä, kuin virtauksen määrä, näin ollen virtausta oli tarkasteltava tarkemmin.

Vastaanotosta saapuvan materiaalivirran merkittävyys kullekin työpisteelle huomioitiin kuitenkin ehdotuksien suunnitteluvaiheessa. Suunnittelussa käytettiin apuna nimikkeiden siirreltävyyden, kuljetustavan ja koon etukäteistuntemusta. Mistä-mihin-kaavioon on merkitty myös sinkityksessä käyvien nimikkeiden määrä, vaikka kyseessä on alihankintatoiminto. Tämän avulla voitiin todentaa virtauksen suuruus valmistusvolyymien kannalta. Alihankinnassa käyntiä koneistettavan ja karkaistavan osan kohdalla ei kaavioon merkitty, sillä tämän kappaleen kannalta virtauksen määrä on pieni ja tyypiltään helppo. Haaste ei siis kyseisen kappaleen kohdalla ole virtauksen kulussa tuotannon sisällä, vaan materiaalinohjauksessa ja -ajoituksessa, näin ollen alihankintakäynti ei ole merkityksellinen tekijä virtauksen reitityksen kannalta.

5.3 YHTEYSSUHDEKAAVIO

Yhteyssuhdekaaviossa huomioitiin tuotannon toiminnot, jättäen toimistoissa sijaitsevat toiminnot tällä erää huomioimatta. Syynä tähän ovat olemassa olevat toimistotilat, joiden keskinäistä järjestystä voidaan tarvittaessa muuttaa. Yhteyssuhteiden laattiminen toimistotilojen toimintojen ja tuotannon toimintojen kesken olisi myös ollut pääosin kannattamatonta. Tehdastilojen muodon vuoksi ei optimaalista sijoittelua

olisi saatu aikaiseksi. Tuotannonjohdon, suunnittelun, hankinnan ja lähettämön keskinäinen kommunikointi on äärimäisen tärkeää. Kaikkien näiden tilojen siirto ei nykyisissä tiloissa ole vaivatonta, ottaen huomioon niiden merkittävän yhteyden tuotannon kanssa. Haastavaksi asian tekee myös se, että suunnittelun, myynnin ja tuotannonjohdon yhteys on myös merkittävä, unohtamatta myynnin ja yrityksen johdon välistä yhteyttä. Näin ollen toimistojen uudelleensijoittelu vaatisi kohtuuttoman suuria muutoksia tehtaassa. Layout-ehdotuksia suunniteltaessa yhteyssuhteet toimistoihin kuitenkin huomioitiin, niiden nykyisten sijaintien mukaisesti.

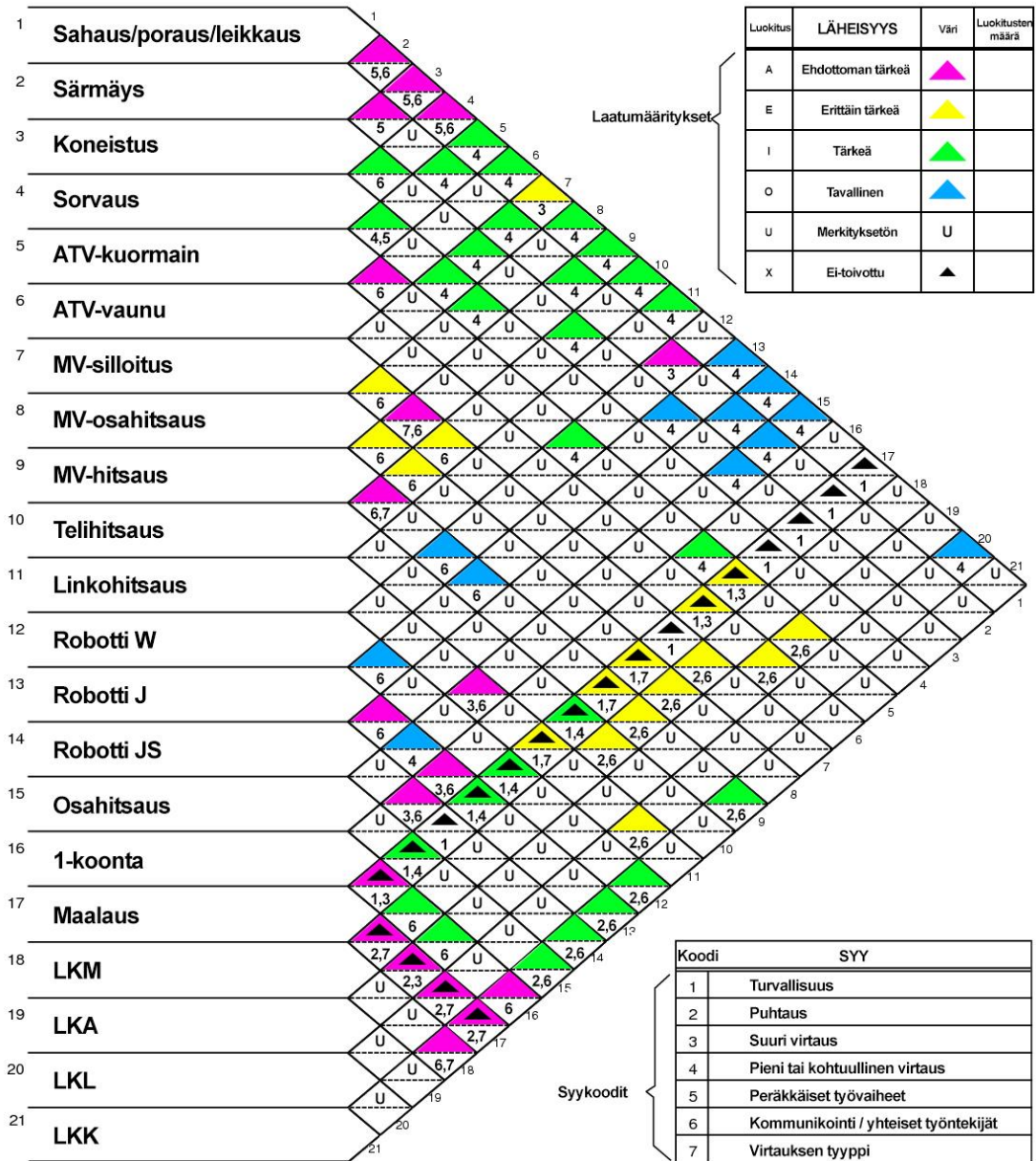
Mistä-mihin-kaavion tulosten mukaisesti vastaanotto jätettiin kaaviossa huomiomatta, kuten todettu. Muiden toimintojen kannalta pohdittiin yhteyssuhteiden laatuja ja merkityksiä. Yhteyssuhdekaavion syykoodeiksi valittiin seuraavat oleelliseksi katsotut tiedot:

- Turvallisuus (Maali-, tai liuotinhöyry)
- Puhtaus (Metalli-, tai maalipöly)
- Suuri virtausmäärä
- Kohtuullinen tai pieni virtausmäärä
- Peräkkäiset työvaiheet
- Kommunikoinnin tarve tai yhteiset työntekijät
- Virtauksen tyyppi (Kappaleiden suuri koko)

Värikoodeja muokattiin ei-toivotun yhteyden osalta niin, että koodina on musta sisäkolmio, jolloin ei-toivotun yhteyden lisäksi, myös vaadittava yhteys saadaan tarvittaessa näkyviin. Näin toimittiin, koska toimintojen yhteydet voivat olla molempia yhtä aikaisesti. Nokan tuotannon kohdalla tämän kaltainen toiminto on maalaamo, jonka yhteys hitsaustyöpisteisiin sekä loppukokoonpanoon on ristiriitainen. Analyysin perusteella luodut yhteyssuhteet ovat nähtävillä oheisesta kuvion 15 yhteyssuhdekaavioista.

YHTEYSSUHDEKAAVIO

Tehdas Nokka Oy Projekti Opinnäytetyö
 Suunnittelija Salla Turunen
 Päivämäärä 05 / 2015

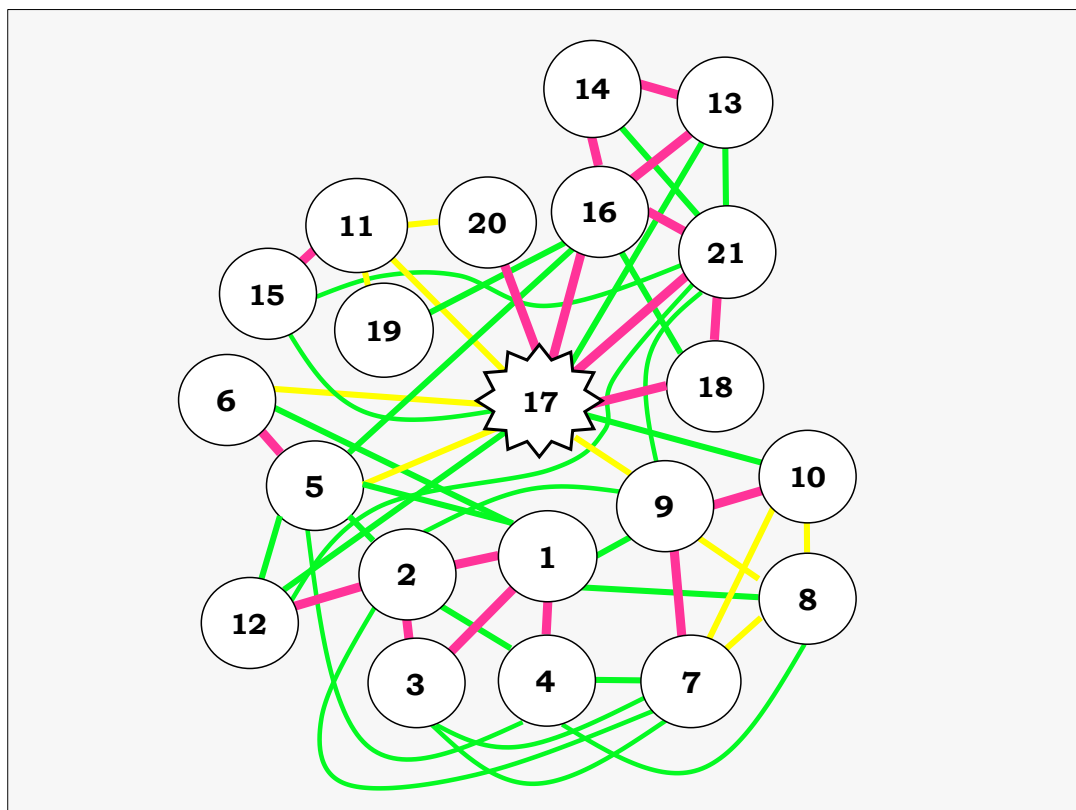


Kuvio 15 Tuotannon yhteyssuhdekaavio

5.4 YHTEYSSUHDEDIAGRAMMI

Kohdeyrityksen valmiit tilat ja hankalasti yhdisteltävissä oleva maalaamo, aiheuttivat haasteita yhteyssuhdediagrammin luomiseen. Maalaamo on diagrammissa merkitty tämän vuoksi sahalaitaisella kuviolla. Tiedossa oli, että toteutettavaksi soveltuva

layout-ehdotusta ei saada aikaan huomioimatta todellisia tehdastiloja, ja olemassa olevia rajoitteita. Diagrammi oli kuitenkin hyödyllinen apuväline, sillä se havainnollistaa selkeästi, mitkä toiminnot tullaan layout-ehdotuksissa sijoittamaan toistensa läheisyyteen. Luotu yhteyssuhdediagrammi on esitettynä kuviossa 16. Diagrammista nähdään, että Mutherin menetelmän mukaisten viivamerkintöjen sijaan, yhteyssuhdetta merkittiin menetelmän mukaisten värikoodien perusteella kuvion selkeyden vuoksi. Luotuun yhteyssuhdediagrammiin merkittiin yhteyksien suuresta määrästä johtuen, ainoastaan ehdottoman tärkeät (punainen), erittäin tärkeät (keltainen) ja tärkeät yhteydet (vihreä).



Kuvio 16 Tuotannon yhteyssuhdediagrammi

Yhteyssuhdekaaviosta ei luotu tila-yhteyssuhdediagrammia, vaan toimintojen vaatimat tilat huomioitiin layout-ehdotuksissa suhteuttaen tilat nykyisiin toimintojen tiloihin. Eli tilamääritykset tehtiin käyttämällä Mutherin menetelmän muuntamista. Nykyisten tilojen riittävyys, tai riittämättömyys, suhteutettiin tavoitetuotannon tarpeeseen ja siten voitiin suunnitella toimintojen sijainnit layout-ehdotuksiin.

6 TULOKSET JA KEHITYSEHDOTUKSET

6.1 RATKAISUT JA MUUT KEHITYSEHDOTUKSET

Analyysien pohjalta jokaisen toiminnon kannalta huomioitavat asiat tuotannossa saatiin kartoitettua, ja toiminnot jaoteltua järkevästi. Suunnitelmat tehtiin virtausanalyysiä varten jaoteltujen kiinteiden työpisteiden mukaan, jotta materiaalinhallinta helpottuisi. Materiaalinhallinnan ja -virtauksen sekä sujuvan tiedonkulun tehostamiseksi, työpisteitä sijoitettiin tuotekohtaisesti toistensa läheisyyteen. Tämän avulla pyrittiin helpottamaan ajoitusten synkronoimista.

Mistä-mihin-kaavion osoittama vastaanoton materiaalivirta osoittaa, että tuotannon läpi kulkeva trukkiliikenne on merkittävän suurta. Trukkiliikenne tuotannon seassa vähenisi, mikäli vastaanotto voitaisiin hajauttaa ja hyödyntää useita sisäänkäyntejä. Näin nykytilanteen tuotannon läpi tapahtuva edestakainen ajelu vähenisi, ja turhan liikkeen lisäksi myös turvallisuus kasvaisi. Kuljetusten ja siirtojen optimoimiseksi, nostureiden sijainnit ja määrä tulisi tarkistaa, sekä muutoin kartoittaa siirtoapuvälineiden toimivuus ja helppokäyttöisyys. Investoimalla tuotannon sujuvuuteen, saadaan jatkossa vähennettyä hukkaa ja tehostettua virtausta.

Suunnitelluissa layouteissa hyllyjen vaatimat tilat on huomioitu toiminnoittain, eli ne sisältyvät suunnitelmassa toiminnoille varattuihin tiloihin. Suunnitteluvaiheessa pyrittiin huomioimaan myös uuden tuotteen valmistaminen ja kokoonpano, vaikka kyseinen tuote ei opinnäytetyöhön varsinaisesti kuulunutkaan. Ratkaisussa tuote on kuitenkin pyritty huomioimaan, jotta tuloksia voidaan hyödyntää myös uuden tuotteen tuotannon käynnistyessä.

Yhteyssuhdekaavion mukaan maalaamo on ristiriitainen yhteyssuhde, ollen yhtä aikaa ei-toivottu ja merkittävä yhteys. Tilanne on haastava, mutta rakentamalla uusi maalaamo saataisiin tilannetta korjattua. Uudet maalaamot saadaan rakennettua tiiviimmiksi ja ilmanvaihto paremmaksi. Näin ollen maalaamosta saataisiin myös turval-

lisempi. Valaistus maalaamossa korjaantuisi samalla, sillä nykyisen maalaamon valaistus on puutteellinen, jonka vuoksi syntyy maalausvirheitä. Maalirataa voisi myös lyhentää, sillä nykyisin käytettävällä maalilla se on mahdollista nopean kuivumisen ansiosta.

Analyysien pohjalta yhteyssuhteita löytyi niin paljon, että niiden kaikkien toteuttaminen samoissa tuotantotiloissa on mahdotonta. Tästä johtuen suunnittelussa pyrittiin keskittymään tärkeimpien yhteyssuhteiden optimoimiseen, ja käytännön asioiden huomioimiseen. Layout-ehdotuksia luotiin neljä erilaista, joista yhdessä pyrittiin minimoimaan selkeästi kustannuksia aiheuttavat muutokset, kuten maalaamon siirtäminen. Yleisesti rajoitteita pyrittiin huomioimaan vain pakollisten osalta. Kaikissa neljässä vaihtoehdossa Nokan tuotannon puolella sijaitseva Pematic Oy:n robotti siirrettiin pois. Sen sijainti haittasi huomattavasti sujuvan virtauksen saavuttamista, sillä tilat ovat muutenkin rakenteellisesti haastavat. Suunnitelmissa oli lähtökohtana luoda tuottava tehdas ilman, että muutettavissa olevat rajoitteet haittaavat ratkaisujen löytymistä.

Ehdotuksissa haettiin tuotannolta ohjattavuutta ja käytännön toimivuutta. Myös vaihteluista aiheutuvat kapasiteettien kuormitusasteiden muutokset pyrittiin huomioidaan, pyrkien sijoittamaan sellaiset toiminnot lähekkäin, jotka voivat tasata toistensa kuormitushuippuja. Kaiken kaikkiaan pääasiallinen tavoite oli tehostaa monin tavoin virtaustehokkuutta ja mahdollistaa läpäisyajan lyhentäminen. Virtaustehokkuutta haluttiin niin materiaalivirtaukseen, työntekijöihin, kuin elintärkeään tiedonkuluun.

Tiedonkulun tehostamiseksi ja yleisen työilmapiirin parantamiseksi, kaikkiin neljään vaihtoehtoon sijoitettiin tuotannontyöntekijöille taukotila. Nykyisessä tehtaassa ei varsinaista taukotilaa ole, vaan työntekijät käyttävät tarkoitukseen hajautetusti lounasravintolaa, pukuhuonetta tai vastaavia tiloja. Ajatuksena oli, että mikäli käytössä olisi taukotila, voitaisiin sen välittömään läheisyyteen tehdä tuotannon tietopiste. Tietopisteenä voisi toimia esimerkiksi taukotilan ulkoseinä, jossa olisi aina ajan tasalla oleva tuotantosuunnitelma, mahdolliset asiakaskohtaiset poikkeustilaukset ja muut

tärkeät tuotannon kulkuun ja ajoitukseen liittyvät asiat. Tietopisteen tiedot päivitetäisiin joka päivä, ja sen käytössä olisi mukana tuotannonjohdon lisäksi myös suunnittelu, hankinta ja myynti. Näin tiedonkulkua saataisiin tehostettua, ja tuotannon työntekijöillä olisi selkeä tieto tilauksien valmistuksen etenemisestä ja virheellisen tiedon kululta välttäisiin. Jotta myös lounasravintolaa käyttävien työntekijöiden tulisi varmasti seurattua tietopistettä tehokkaasti, sijaitisi tietopisteen läheisyydessä töiden ja tuntien raportointia varten olevat tietokoneet. Myös tarvikkeita sisältävät täyttöpalvelun kaapistot sijaitisivat samassa yhteydessä. Kaapistojen vaatimat tilat on huomioitu tyhjänä tiloina layout-ehdotuksissa. Yhdistämällä nämä asiat, kaikkien työntekijöiden olisi helppo pysyä ajan tasalla, ja tiedonkulku saataisiin toimimaan tehokkaammin.

6.2 LAYOUT-EHDOTUKSET

Seuraavassa on esiteltynä suunnitellut layout-vaihtoehdot perusteluineen. Perusteluiden oheen on liitetty layoutit kuvioina havainnollistamisen vuoksi, mutta jokainen layout-ehdotus on myös nähtävissä suurempana liitteissä 7-11 tarkemman tarkastelun helpottamiseksi.

6.2.1 LAYOUT-EHDOTUS A

Vaihtoehto A kääntäisi materiaalivirran täysin toisinpäin, kuin nykytilanteessa. Maalaamo ja maalirata siirtyisivät tehdastilojen keskivaiheille, ja maalirata lyhenisi. Loppukokoonpanot siirtyisivät tehtaan toiseen päähän nykyisen teräsvaraston tilalle, josta lastaus voisi tapahtua suoraan sillasta rekan kyytiin. Tätä varten tulisi nykyinen liuska joko purkaa, tai vastaavasti täyttää suoraksi, jotta lastaaminen onnistuisi suoraan trukilla rekkaan. Tällöin välttäisiin myös talvella jäisellä alustalla lastaamiselta. Tässä vaihtoehdossa myös yrityksen jälkimarkkinointi- ja varaosatoiminto hyötyisi virtauksen kääntämisestä, sillä osien noutomatka lyhenisi merkittävästi. Tämä pätee myös B-ehdotukseen. Varaosapalvelu sijaitisi tässä ja B-ehdotuksessa aivan loppukokoonpanojen vieressä.

Tässä vaihtoehdossa maalaamon pesu- ja maalaushöyryt olisi kohtuullisen helposti eristettävissä liuskeverhoilla, eikä maalirata katkaise trukki liikennettä tehtaan läpi. Maalaamon siirtymisen seurauksena protopaja siirtyisi hiukan, säilyttäen edelleen suoran yhteyden ulos. Siirtymisen etuna kuitenkin olisi, että protopajasta olisi yhteys tuotannon alkupään toimintoihin. Ennen kaikkea tästä olisi etua, kun tarkastellaan protopajan yhteistyötä sorvauksen kanssa. Sorvauspisteen työntekijä valmistaa sorvauksen lisäksi, myös lähes kaikki yrityksen hitsauskiinnittimet, ja työskentelee näin ollen usein yhdessä protopajan työntekijän kanssa. Layoutissa heidän työpisteensä sijaitsisivat perätysten ja yhdessä työskenteleminen olisi vaivatonta, ja sorvauspisteen tärkeät yhteyssuhteet toisiin toimintoihin säilyisivät. Malliltaan sorvauksen ja protopajan yhteiskäytössä oleva alue on suunniteltu niin, että siinä on mahdollista valmistaa hitsauskiinnittimiä metsäperävaunun rungoille, viemättä liikaa tilaa protopajalta.

Tuotannon alkupään toimintojen, sahauksen, porauksen, leikkauksen, särmäyksen ja koneistuksen työpisteet siirtyisivät nykyiseen alihankintavarastoon. Varastotila täytyisi näin ollen muuttaa lämpimäksi tilaksi. Alihankintavaraston tämän hetkinen käyttöaste ja virtaus eivät puolla sen säilyttämistä ennallaan, vaan tilan muuttaminen tuottavaksi olisi kannattavampaa. Tilaan tulisi sijoitettua teräsvarasto, jotta myös raaka-aineet saataisiin pysymään lämpiminä. Tähän on syynä se, että esimerkiksi putkitavara on puhallettava lämpöisenä, tai se ruostuu välittömästi lämpimään tultuaan. Lämpimään teräsvarastoon rakennettaisiin myös huone hiekkapuhalluslaitteelle, niin että puhallettavat materiaalit voidaan rullarataa pitkin siirtää suoraan teräsvarastosta hiekkapuhallukseen, ja siitä suoraan sahalle. Näin vähennettäisiin nostureiden turhaa käyttöä. Hiekkapuhalluslaitteen saaminen sisätiloihin olisi tärkeää, sillä sen toiminta lakkaa kylmässä ilmassa.

Tuotannon alkupään läheisyyteen sijoitettaisiin särmäyksen läheisyyttä vaativa robotti siirtojen minimoimiseksi, ja läpäisyajan lyhentämiseksi. Robotilla työskentelevä työntekijä näkisi jo katsomalla, koska särmäys on valmis, ja voisi aloittaa työn välittömästi. Hitsauspisteiden sijoittelussa oli kaiken kaikkiaan punaisena lankana se, että

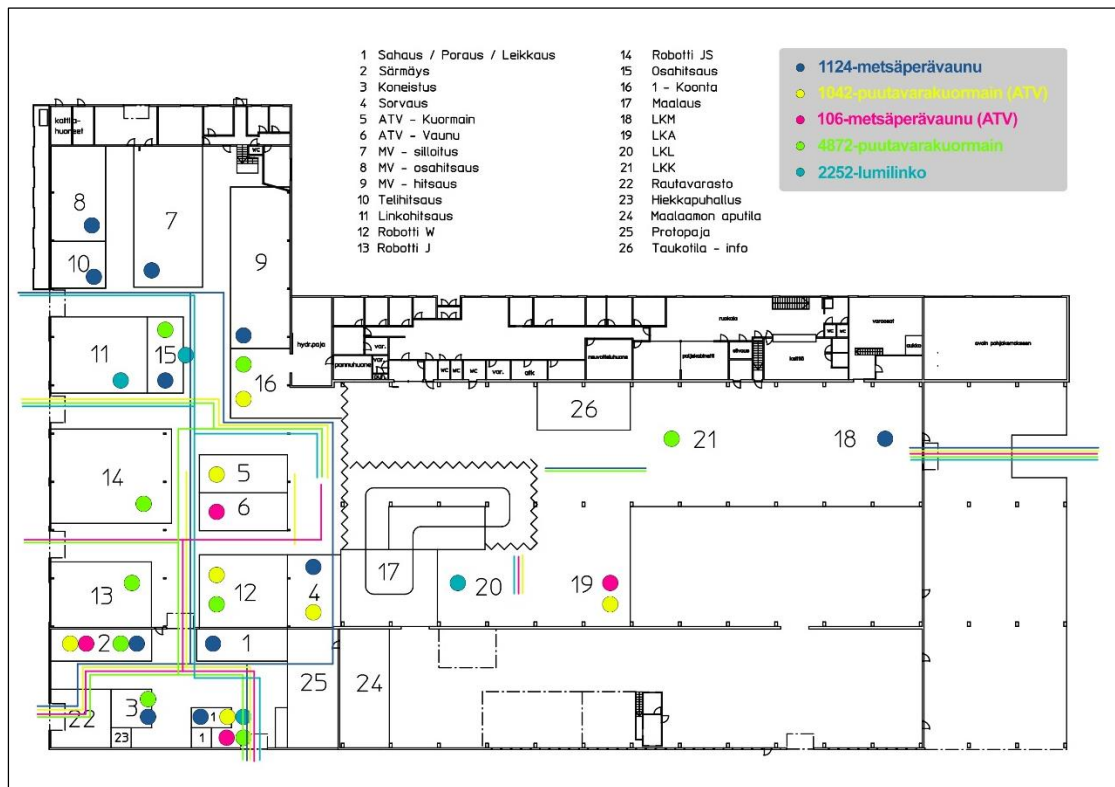
toisilleen tärkeiksi luokitellut yhteyssuhteet voivat kommunikoida tehokkaasti, ja siirrot minimoidaan. Esimerkiksi kuormaimen hitsauspisteet ja esikokoonpano ovat toistensa välittömässä läheisyydessä. Samoin toimittiin metsäperävaunuun liittyvien toimintojen kanssa, kaikki metsäperävaunun osat hitsataan peräkkäisissä virtauksen mukaan järjestetyissä työpisteissä. Työpiste, jossa runko hitsataan valmiiksi, sijaitsee niin, että siitä on suora käytäväyhteys maalaamoon.

Linkohitsauspisteiden viereen on sijoitettu osahitsauspaikka, jonka tarkoituksena on toimia kuormituksen tasaajana linkovalmistuksen aikana, ja muutoin pienosien valmistuspaikkana. Näin kausiluonteiselle linkohitsaukselle ei varata turhaa tilaa muuna aikana vuodesta. ATV-hitsaustoimintojen sijainnista linkohitsauksen läheisyydestä on myös apua, sillä pienosahitsausta voi suorittaa myös siinä, linkovalmistuksen alkaessa.

6.2.2 LAYOUT-EHDOTUS B

Vaihtoehto B muistuttaa monilta osin vaihtoehtoa A, sillä maalaamo, loppukokoonpanot ja tuotannon alkupään toiminnot ovat sijoitettuina samoin. Muutoksen löytävätkin kaikki hitsaustoimintojen järjestyksestä. Metsäperävaunun hitsaus on sijoitettu keskitetysti yhteen päättyyn, kuten kuviosta 18 (Liite 9) nähdään.

Linkohitsaus ja osahitsaus ovat vierekkäin metsäperävaunupaikkojen läheisyydessä, kuten A-vaihtoehdossakin. Kuormaimen hitsauspaikat ovat myös tässä toistensa, sekä esikokoonpanon läheisyydessä. Niin A- kuin B-vaihtoehdossakin, esikokoonpano on pyritty sijoittamaan myös metsäperävaunun runkohitsauksen lähelle, vaikka materiaalivirtaa näiden välillä ei ole. Syynä tähän on kommunikaatio, sillä esikokoonpanon ja metsäperävaunun hitsauksen välinen tiedonkulku tehostaisi ajoitusten synkronoimista, ja vähentäisi keskeneräisen tuotannon määrää loppukokoonpanossa.



Kuvio 18 Layout-ehdotus B

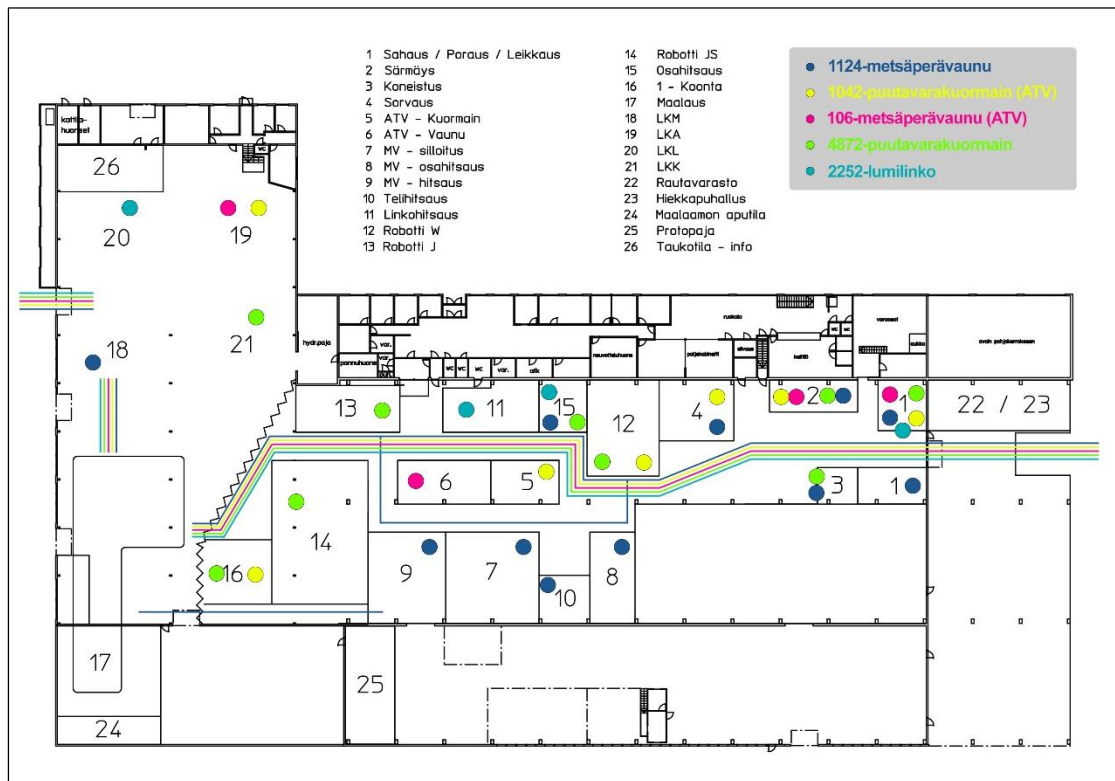
A- ja B-vaihtoehtoja yhdistää osin yhteisen layoutin lisäksi materiaalinhallinnan parantaminen, ja turhan liikkeen karsituminen, tehokkaammin kuin vaihtoehtoissa C ja D. Tähän on syynä tehokkaasti hajautettu vastaanotto. A- ja B-vaihtoehtoissa tuotannossa liikkuva trukkiliikenne vähenisi, sillä toiminnot joihin on merkittävästi eniten, tai tyypiltään hankalaa virtausta vastaanotosta, ovat sijoitettuna ovien läheisyyteen. Näin ollen materiaalia ei tarvitsisi enää ajaa tuotannon läpi, vaan siirtymät olisivat lyhyitä. Loppukokoonpanon siirryttyä toiseen päähän tehdasta, voisi kuvion mukaisesti katsoen tehtaan vasemmassa päässä seinustalla sijaitseva rengasvarasto valjastaa vastaanoton käyttöön, mikäli lavoja tarvitsee saada sateensuojaan purkamisen ajaksi.

Tuotannon virtavuuteen oleellisesti vaikuttavat tuotannonjohto, hankinta ja suunnittelu sijaitsevat A- ja B-vaihtoehtoissa lähellä hitsaustoimintoja. Tästä olisi merkittävää etua, sillä ongelmatilanteet liittyvät useimmiten juuri näihin toimintoihin.

Vaikka tiedon kulun tehostamista on haettu myös jatkuvasti ajan tasalla olevalla tietopisteellä, on tärkeää, että virheellisistä tai puutteellisista osista, tai muista häiriöistä johtuvat katkokset tuotannossa olisivat välittämättömästi selvitettävissä.

6.2.3 LAYOUT-EHDOTUS C

Layout-ehdotus C poikkeaa maalaamon ja maaliradan sijoituksessa muista vaihtoehdoista. Maalaamo, ja sen aputiloja varten tulisi rakentaa lämmintä tilaa nykyisen ali-hankintavaraston toiseen reunaan. Maalirata on tässä vaihtoehdossa suunniteltu hiukan pidemmäksi kuin A- ja B-vaihtoehdoissa, tehtaen kantavien rakennepalkkien sijainnin vuoksi. Liuskeverhoseinä erottaa hitsauspuolen maalaamosta ja loppukokoonpanoista. Kuviosta 19 (Liite 10) nähdään, että kokoonpanon tila lisääntyisi tässä vaihtoehdossa huomattavasti, ja nykyisestä ahtaudesta päästäisiin eroon. Myöskään kaukoliuontoisen lumilingon kasaus ei aiheuttaisi ylimääräisiä järjestelyitä, ja uuden tuotteen kasaukselle olisi helppo järjestää tilaa.



Kuvio 19 Layout-ehdotus C

Tämän layoutin huonona puolena on ohjattavuus ja tiedonkulku, sillä tuotannon alkupää ja hitsauspisteet sijaitsevat kaukana tuotannon kannalta tärkeistä toiminnoista, kuten tuotannonjohto, suunnittelu ja hankinta. Näin ollen ei parannusta ongelmien myöhäiseen havainnoimiseen olisi välttämättä saavutettavissa. Asia on kuitenkin huomioitu sijoittamalla taukotupa ja tietopiste loppukokoonpanon yhteyteen, lähelle olennaisia toimistotiloja. Näin tiedonkulkua voitaisiin tehostaa muutoin heikommasta sijoittelusta huolimatta. Kommunikointi yhteyssuhteiltaan merkittävien hitsaustoimintojen välillä tehostuisi sijoittelun ansiosta kuitenkin, joka olisi jo etu verrattuna nykyiseen tilanteeseen.

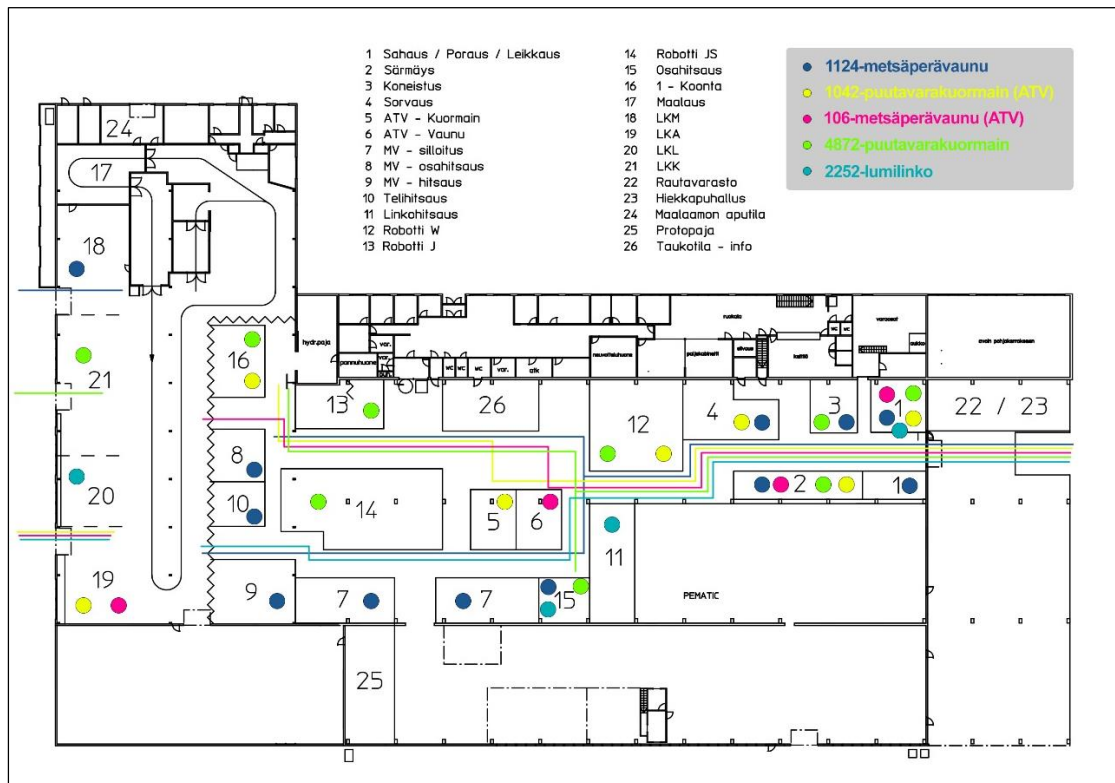
Hitsaustoiminnot ja tuotannon alkupää on sijoitettu yhteyssuhteiden mukaan, järjestäen tärkeät suhteen lähekkäin. Lähekkäin sijaitsevien työpisteiden ansiosta turha liike toimintojen välillä vähenisi. Hukan vähentäminen turhaa liikettä karsien, ei C-vaihtoehdossa onnistu kuitenkaan yhtä tehokkaasti kuin virtauksen toisinpäin kääntävissä A- ja B-vaihtoehdoissa. Vastaanotosta saapuvan materiaalin jakamiseksi syntyy edelleen edestakaista ajoa, eikä vastaanoton hajautetusti toteuttaminen onnistu.

Myös tässä vaihtoehdossa linko-, osa- ja ATV-hitsaustoiminnot ovat lähekkäin, jotta tuotanto voi tarvittaessa joustaa vaihteluiden mukana. Teräsvarastoon rakennettaisiin lämmintä varastotilaa, jotta laite olisi käytettävissä ympäri vuoden. Hiekkapuhalluslaite säilyisi tällöin nykyisellä paikallaan, mutta ympärille rakennettaisiin seinät.

Tässä vaihtoehdossa protopaja säilyy vanhalla paikallaan, joten yhteistyö sorvauspisteiden työntekijän kanssa ei olisi yhtä tehokasta kuin A- ja B-vaihtoehdoissa. Sorvaustoiminnon kiinnittimien valmistaminen on kuitenkin huomioitu, järjestämällä toiminnolle tilaa sen mukaan, että siinä olisi mahdollista valmistaa metsäperävaunun rungon kiinnitin.

6.2.4 LAYOUT-EHDOTUS D

D-vaihtoehto on muutoksiltaan vaihtoehtoista vähäisin, kuten kuviosta 20 (Liite 11) on nähtävissä. Siinä maalaamo ja maalirata säilyvät ennallaan, kuten myös alihankintavarasto ja protopaja. Myös kaksi kolmesta robotista pysyy entisillä sijoituspaikoillaan. Lämmintä tilaa tässä suunnitelmassa tulisi rakentaa vähiten vaihtoehtoista. Ainoastaan teräsvarasto saisi uuden lämpimän tilan, kuten vaihtoehdossa C, jotta hiekkapuhalluslaite ja puhallettavat materiaalit saataisiin lämpimään. Etuna tässä vaihtoehdossa on sen selkeästi alhaisimmat muutuskustannukset.



Kuvio 20 Layout-ehdotus D

Ohjattavuus ja tiedon kulku säilyisivät tällä ratkaisulla oletettavasti edelleen heikkoina. Hukan karsiminen vähentämällä kulkua olisi myös haastavaa pitkien välimatkojen vuoksi. Parannusta nykyiseen tilanteeseen on haettu muuttamalla hitsaustointojen paikkoja, yhteyssuhteiden mukaan. Suuria parannuksia tuotannon virtaavuuteen ja hukan karsimiseen, sillä ei todennäköisesti saavutettaisi.

Metsäperävaunun hitsauspisteet saatiin sijoitettua niin, että kommunikaatio tehostuisi, ja siirrettävä välimatka lyhenisi huomattavasti nykyisestä. Maaliradan läheisyydestä on tässä ehdotuksessa selkeästi etua metsäperävaunun kannalta. Runko saadaan suoraan hitsauksesta nostettua rataan, kuten nykytilanteessa. Ainoa siirtyvä hitsausrobotti siirrettiin myös tässä vaihtoehdossa lähelle särmäystä, jotta niiden välinen yhteys toimisi ja siirrot olisi lyhyitä. Samoin linkohitsauksen, osahitsauksen ja ATV-hitsauksen työpisteet sijoitettiin lähelle, aiemmin mainitun vaihtelun tasaamisen vuoksi. Tiedonkulun lisäämiseksi taukotila ja tietopiste on sijoitettu lähes keskivaiheille tehdasta. Myynnille ja johdolle tietopiste sijaitsisi lähellä.

Parannuksena nykyiseen tilanteeseen, maaliradan ja hitsaustoimintojen väliin sijoitettaisiin liuskeverhot kuten muissakin suunnitelmissa, jotta höyryjen, kaasujen ja pölyn kulkeutuminen toimintojen välillä estettäisiin. Tämä mahdollistaisi myös esikokoonpanon siirtämisen lähemmäksi maalaamaa, kun liuotinhöyryjen leviäminen saataisiin estettyä. Loppukokoonpanojen kannalta tämä suunnitelma toisi muutosta ainoastaan toimintojen sijoittelujärjestykseen, mutta tila ei lisääntyisi. Näin ollen linkojen ja uuden tuotteen valmistuksen alkaessa tilasta tulisi ahdas. Maalirata estää tilan kasvattamisen, ja ahtautta on havaittavissa jo lähtötilanteessa. Näin ollen tavoitetuotannon valmistaminen loppukokoonpanossa voisi osoittautua haastavaksi.

6.3 EHDOTUKSIEN ARVIOINTI

Saavutettujen tuloksien toimivuutta arvioitiin laatimalla hyötyarvomatriisi. Jotta lähtötilanteen ja ratkaisujen välinen ero tulisi selvimmän esille, arvioitiin myös nykyinen tilanne hyötyarvomatriisissa. Muista poiketen, nykyiselle layoutille suoritettiin koko arviointi ensin, jotta sen toimivuudesta saatiin arvio ennen ehdotuksien näkemistä. Tällä haettiin mahdollisimman puolueetonta suhtautumista ehdotuksiin, ja luotettavampia arviointituloksia.

Hyötyarvomatriisiin arvioinnissa oli mukana työryhmä, joka koostui toimeksiantajan lisäksi sekä hitsauksen, että kokoonpanon työntekijöistä. Näin ehdotuksien arvioinnissa saatiin mahdollisimman kattavasti erilaisia asioita huomioitua, joten hyötyarvomatriisin tulokset saivat lisää luotettavuutta.

Hyötyarvomatriisiin valittiin seuraavat seitsemän arvioitavaa tekijää.

- Tilankäytön tehokkuus
- Virtauksen kokonaisvaltainen sujuvuus
- Yhteyssuhteiden toimivuus
- Tuotannon ohjattavuus ja kommunikoinnin sujuvuus
- Kulku ja layoutin selkeys
- Joustavuus ja muokattavuus
- Muutosten toteutettavuus yleisesti

Jokaisen tekijän toteutumista tai toimivuutta kussakin layoutissa arvioitiin taulukon 4 asteikon mukaisesti. Toimeksiantaja antoi arvioitaville tekijöille painoarvot, jonka jälkeen työryhmä aloitti arvioinnin.

Taulukko 4 Hyötyarvomatriisin arviointiasteikko

Painoarvokertoimien arviointiasteikko		
A	Lähes täydellinen	4
E	Erittäin hyvä	3
I	Merkittäviä etuja	2
O	Ok, normaaleja etuja	1
U	Merkityksettömiä etuja	0
Painoarvojen arviointiasteikko		
0-10	0=ei tärkeä, 10=erittäin tärkeä	

Kaikki ehdotukset arvioitiin ja pisteytettiin tekijöiden perusteella, jonka jälkeen yhteispisteet laskettiin. Taulukossa 5 nähdään arvioinnin tulokset. Arviointi suoritettiin Mutherin menetelmän mukaisesti, arvioimalla tekijä kerrallaan kaikki layout-ehdotukset, sen sijaan, että olisi arvioitu kokonaisuudessa yksi layout kerrallaan, lukuun

ottamatta jo mainittua nykyisen layoutin arviointia. Näin arvioinnista saatiin objektiivisempi, eivätkä syntyvät mieltymykset tiettyä vaihtoehtoa kohtaan vaikuttaneet arviointiin merkittävästi.

Arvioinnin kokonaispistemääriin syntyi selkeitä eroja. Vanha layout sai huomattavan alhaiset pisteet, ehdotuksista vaihtoehto C sai matalimmat pisteet, ja ehdotus A korkeimmat. Koska nykyinen layout jäi pisteissä selkeästi muista, voidaan todeta kaikkien neljän ehdotuksen olevan oletettavasti nykytilannetta toimivampia.

Taulukko 5 Arvioinnin hyötyarvomatriisi

Vaihtoehtojen arviointi												
Vertailtavat tekijät		Painoarvo	Layout-vaihtoehdot ja niiden arvostelut									
			Layout A		Layout B		Layout C		Layout D		Vanha layout	
1	Tilankäyttö	5	3	E	2	I	3	E	3	E	3	E
2	Virtauksen sujuvuus	10	3	E	4	A	2	I	4	A	1	O
3	Yhteyssuhteet	7	4	A	3	E	2	I	2	I	1	O
4	Ohjattavuus ja kommunikointi	7	3	E	3	E	1	O	1	O	1	O
5	Kulku ja selkeys	10	4	E	3	E	2	I	2	I	0	U
6	Joustavuus ja muokattavuus	6	1	O	1	O	1	O	0	U	0	U
7	Muutosten toteutettavuus	5	1	O	1	O	2	I	4	A	0	U
Pistemäärä yhteensä			145		133		92		116		39	

Hyötyarvomatriisi osoitti, että näkökulmat kunkin layoutin toimivuuteen olivat hyvin samankaltaisia kuin ehdotuksien esittelyssä on arvioitu, vaikka arvioinnin suorittivat suunnitteluun osallistumattomat henkilöt. Layoutin suunnitteluprosessi tapahtui koko opinnäytetyön ajan yksin toimien, jotta toimeksiantajalle ei syntyisi ennakkokäsityksiä niiden toimivuudesta tai toimimattomuudesta. Tästä johtuen voidaan päätellä, että tuloksien luotettavuus kasvoi hyötyarvomatriisin avulla.

6.4 LAYOUTIN YKSITYISKOHTAISTAMINEN

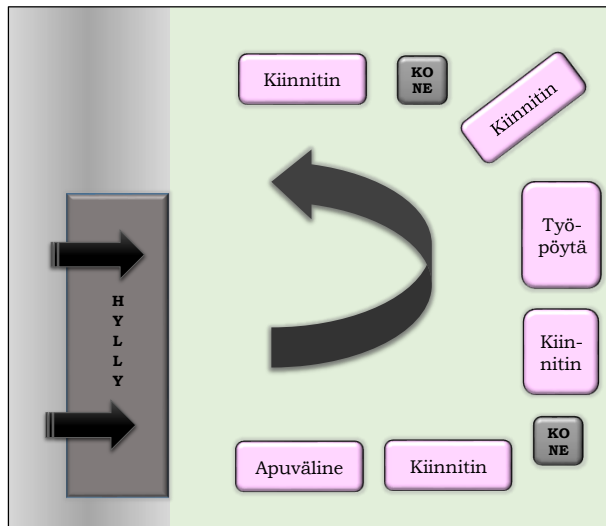
Koska opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella layout-ehdotuksia, ei toimintokohtaisia layouteja vielä tarkennettu. Yksityiskohtaisen layoutin suunnittelu on varsin aikaa vievää, joten sitä ei ole järkevää suorittaa ennen kuin ehdotuksista on valittu to-

teutettava vaihtoehto, ja käytössä olevat resurssit ovat tiedossa. Yksityiskohtaistaminen on tuottavuuden kannalta oleellinen asia, joka vaikuttaa oleellisesti läpäisyajojen lyhentämiseen, hukkaan, virtaukseen ja kykyyn toimia joustavasti, eli samoihin asioihin kuin layoutin toimivuuskin. Tämän vuoksi molemmat suunnitteluvaiheet ovat edellytyksenä uudistamisessa onnistumiselle. Näin ollen voidaan jo ennen layoutin valintaa suunnitella, kuinka toimintokohtaisten layoutien suunnittelu aiotaan toteuttaa.

Toimintojen sisäinen layout vaihtelee riippuen toiminnon valmistusprosessista, ja valmistettavista kappaleista. Kokoonpanojen layout on periaatteeltaan yksinkertainen, sillä yhdellä kertaa kasataan yhtä tai kahta tuotetta, riippuen koottavasta tuotteesta. Näin ollen välineet ja tarvikkeet ovat sijoiteltuna kokoonpantavan kappaleen ympärille. Sama pätee suurten kappaleiden hitsauspisteisiin, jossa käytettävä kiinnitin sijaitsee työpisteen keskellä. Tämän kaltaisissakin layouteissa on kuitenkin kehitettävää, sillä toimivuuteen vaikuttaa moni asia, eikä ole yhdentekevää kuinka välineet ja tarvikkeet on sijoiteltu.

Tuottavuuden kannalta tärkeimmät toimintokohtaiset layout-suunnittelua vaativat toiminnot Nokan tuotannossa ovat hitsauspisteet, sillä suurin osa tuotannon läpäisyajasta kuluu niissä. Toimintokohtaisia työpisteitä tulisi kehittää niin, että työskentely olisi sujuvaa ja läpäisyajat lyhenevät asetus- ja valmisteluajojen lyhentämisen kautta. Kehittämisen apuna voidaan työpisteissä käyttää kehitysmallia, jonka toimivuutta on jo testattu positiivisin kokemuksin aiemmin mainitun projektityön pilottikohteissa, ATV-tuotteiden työpisteissä. Pilottikohteiden kohdalla työskentelyn sujuvuus parani, ja materiaalinhallinta helpottui, näin ollen tehokkuus kasvoi. Kehitysmallin avulla osien yksittäisvalmistuksesta saatiin ajansäästön ansiosta kannattavampaa. Osien valmistus voidaan aloittaa hyvin nopeasti ja työn voi aloittaa helposti myös eri henkilö, kuin edellisellä kerralla, sillä kaikki on valmiina ja helposti löydettävissä. Aiemmin valmistelutöihin, kaiken tarvittavan etsimiseen ja työpisteelle siirtämiseen hukkui turhaa aikaa. Myös materiaalin vastaanotossa työskentelevän henkilön on nyt helpompi tehdä työnsä. Työntekijöiden kokemukset kehitysmallista ovat näin ollen myös positiivisia.

Työpisteen kehitysmalli toimii seuraavasti. Edellytyksenä kehitysmallin toimivuudelle, valmistettavat kappaleet kohdistetaan valmistettavuuden, tai tuoteperheen mukaan valitulle työpisteelle. Kukin työpiste järjestetään niin, että apuvälineet, laitteet ja koneet on sijoitettu sen mukaisesti, että niitä ei tarvitse siirtää työn aloittaakseen. Hitsaustyöpisteissä esimerkiksi tämä tarkoittaa kiinnittimien ja hitsauskoneiden sijoittelamista sen mukaan, että työpisteelle määritellyt tuotteet voidaan valmistaa ilman suurempia järjestelyjä. Solumuotoiseen tuotantoon voidaan usein soveltaa U-mallisen tuotantosolun periaatetta, jolloin työpisteiden käyttö on tehokasta, ergonomista ja ylimääräinen liike karsiutuu pois. Kuviossa 21 nähdään esimerkki hitsauspisteen järjestelystä. (Turunen 2014, 26–29, 31–33.)



Kuvio 21 U-malli hitsauspisteessä (Turunen 2014.)

On tärkeää myös varmistaa, että tehokkaan työskentelyn esteenä eivät ole puutteelliset olosuhteet. Esimerkiksi hitsauskoneen tai nosturin lisäämisellä, voidaan työn tai kappaleen vaihtoa työvaiheelta toiselle nopeuttaa huomattavasti. Puutteelliset tai huonosti toimivat apuvälineet, kuten hitsauskiinnittimet, voivat hidastaa tuotantoa merkittävästi. Optimoimalla tuotantosolun laitteiden, koneiden ja apuvälineiden määrän, sijainnin sekä ergonomisen käytettävyyden, tilankäytöstä tulee myös tehokasta. Työpisteen sisällä turha siirtely ja väliaikaisvarastointi vievät tilaa enemmän, kuin suunnitellusti järjestettyinä. On oleellista myös säilyttää työpisteissä ainoastaan sen valmistaman tuotteiston vaatimat laitteet, apuvälineet, koneet, työkalut ja osat,

eikä mitään ylimääräistä. Näin ollen järjestelyyn ja etsimiseen ei huku aikaa, vaan kaikki tarvittava on paikoillaan. Siisti työpiste lisää myös työturvallisuutta ja viihtyvyyttä oleellisesti. Siisteyttä tuotantotiloihin lisää myös toimivan layoutin tehostama materiaalivirtaus, jonka avulla keskeneräisen tuotannon määrä vähenee, ja materiaali sijaitsee sille kuuluvalla työpisteellä. (Turunen 2014, 26–29, 31–33.)

Yksittäisten työpisteiden sisäisen layoutin kehittämisen tueksi, olisi kannattavaa laskea hyllykorkeutta tuotantotiloissa sijaitsevista hyllystöissä. Ylimpien hyllyjen käyttäminen aiheuttaa haasteita nostureiden käytössä, tapaturmariskin, sekä mahdollisuuden osien häviämiseen. Vaikka perinteisesti ajatellaan korkeiden hyllyjen olevan taloudellisia säästyvän lattiapinta-alan perusteella, ei niiden käyttö ole käytännön syistä kannattavaa. Kun kuormalava osineen nostetaan ylimmälle hyllylle väliaikaisesti pois tieltä, on hyvin todennäköistä, ettei osia löydetä kun niitä seuraavan kerran tarvitaan. Tämän kaltaisia tilanteita tapahtuu tuotannossa usein. Tästä aiheutuu turhia materiaalinkäsittelykuluja, hukkaan menevää työaikaa, ja mahdollisesti kaksinkertaiset materiaalikustannukset.

6.5 YHTEENVETO EHDOTUKSISTA JA IDEOISTA

Layout-ehdotuksista A ja B vaikuttavat tuottavuuden ja virtaustehokkuuden kasvattamiseksi toimivimmilta. Niiden virtaussuunta ja vastaanoton hajauttamisen mahdollisuus edesauttavat virtausta, ja tuotannosta saa huomattavasti selkeämmän ja suoraviivaisemman. Yhdessä työpistekohtaisen kehittämisen kanssa, valmistuskustannusten voidaan olettaa alenevan ja läpäisyajan lyhenevän. Kun materiaalinhallinta parani ja tuotannon keskeneräisen tuotannon määrä vähenisi, helpottuisi tuotannonohjaus, ja myös hankinnan olisi helpompaa onnistua tehtävässään. Tietopisteen yhteinen ylläpito eri toimintojen välillä helpottaisi myös kaikkien toimintaa, ja edistäisi yritystä Lean-ajattelun soveltamisessa. Suunnittelussa on muutoinkin hyödynnetty paljon Lean-ajattelumaista viestinnän ja virtauksen tehostamista, huomioiden kuitenkin tuotteiston ja käytännöllisyyden. Tämän vuoksi soveltamalla analyyttisiä menetelmiä, yhdessä Lean-ajattelumaisten keinojen kanssa, saatiin etenkin A- ja B-vaihtoehdossa yhteyssuhteiden toimivuus huomioitua kattavasti.

7 POHDINTA

Layout-suunnittelussa käsitellään erittäin laajasti tuotantoon liittyviä asioita, asioita, jotka ovat jo itsessään varsin laajoja. Opinnäytetyön aihe oli sen vuoksi tuotantoon suuntautuvalla ja siitä aidosti kiinnostuneelle opiskelijalle erittäin mieleinen. Kiinnostus aiheeseen kumpusi myös työskentelystä kohdeyrityksessä, sillä tuotannon parissa työskennellessä kehitysideoita ja parannuskohteita tulee mieleen päivittäin. Tuotteiston, osien ja nimikkeiden tunteminen olikin edellytyksenä suunnitteluprosessille. Analyysien teossa oli selkeästi hyötyä, että tuntee toiminnot ja tuotantoprosessit, sillä työn pystyi suorittamaan itsenäisesti. Mitä pidemmälle opinnäytetyö eteni, sen tärkeämmäksi tämä osoittautui.

Tuotannon virtauksien kartoittaminen oli yksi päätavoitteista, yhdessä layout-ehdotusten luomisen kanssa. Virtauksien analysoiminen oli varsin työlästä ja vaati tarkkuutta, koska kohderyhmän tuotteet koostuvat niin suurista osamääristä. Viiden tuotteen otannalla, läpikäytäviä nimikkeitä oli tuoterakenteissa yhteensä lähes kaksi ja puoli tuhatta, joten työ oli aikaa vievää. Nykytilan virtauksien selvittäminen oli kuitenkin analyysien kannalta välttämätöntä, eikä tuloksia olisi ilman taustatyötä saatu aikaan.

Vaikka tuotannon toimintojen väliset virtaukset saatiin perustellusti kartoitettua, ei toiveena ollut layout-piirrosta kaikkien osien kulusta yhdistettynä onnistuttu tekemään. Tähän syynä valtava osamäärä, jonka merkitseminen layoutiin osoittautui mahdottomaksi. Jokaisen rakenteeseen kuuluvan nimikkeen kulku on kuitenkin yritykselle luovutettuun tiedostoon virtausanalyyseistä merkitty, joten nimikekohtainen kulku on kartoitettu ja tarkistettavissa tiedostosta.

Opinnäytetyön tärkeimmät tavoitteet saavutettiin, eli nykytilan kartoitus, virtausanalyysit ja ennen kaikkea layout-ehdotukset. Ehdotuksien lisäksi työssä esitetään myös muita parannuskeinoja, joilla tuotantoa ja yrityksen toimintaa voidaan kehittää. Tuotannon läpäisyaikojen lyhentämistä ja virtaavuuden tehostamista voidaan siten tavoitella myös ilman layoutin muutosta.

Opinnäytetyöllä saavutettuja tuloksia voidaan pitää onnistuneina ja tavoitteita saavutettuina, sillä myös toimeksiantaja on erittäin tyytyväinen tuloksiin. Analyysien avulla koottua tietoa voidaan toimeksiantajan mukaan hyödyntää tuotannon kehittämisessä, ja työn avulla syntyi uusia kehitysideoita. Toimeksiantajalta saatiin layout-ehdotuksista erittäin positiivista palautetta, ja yksi vaihtoehtoista nousi paremmuudessa selkeästi yli muiden.

Laadun varmistamiseksi, tuotannon analysointivaiheessa saatuja tuloksia käytiin läpi tuotannon työntekijöiden kanssa, joten mahdolliset virheet pyrittiin karsimaan pois jo ennen suunnitteluvaiheeseen etenemistä. Näin ollen tuloksien luotettavuus kasvoi, eikä analyyseistä tai rakennevirheistä johtuvia virheitä päässyt suunnitteluun asti. Lopullisten tuloksien arvioinnissa käytettiin luotettavuuden lisäämiseksi työryhmää, jotta layout-vaihtoehtojen toimivuuden arvioinnista saatiin mahdollisimman luotettava. Myös työryhmään osallistuviksi tuotannon edustajiksi pyrittiin valitsemaan tuotannon mahdollisimman kokonaisvaltaisesti tuntevat henkilöt.

Suunniteltujen layout-ehdotusten virtauksen sujuvuus ja materiaalinhallinta arvioitiin hyötyarvomatriisissa huomattavasti nykyistä paremmaksi. Mikäli työpistekohtainen kehitysmalli toteutettaisiin yhdessä parhaaksi valitun layoutin ja kehitysehdotusten kanssa, saataisiin oletettavasti lyhennettyä läpäisyajoja, tuottavuus paranisi ja hukkaa saataisiin karsittua merkittävästi. Näin ollen opinnäytetyön tuloksien avulla saavutettaisiin taloudellista hyötyä toimeksiantajalle.

Layoutin muutos on suuri ja kallis prosessi, joten vielä on epävarmaa, miltä osin suunnitelmia tullaan toteuttamaan. Opinnäytetyön jälkeen seuraava vaihe prosessissa, on käydä ehdotukset läpi isommalla työryhmällä ja siten jatkojalostaa ideoita. Suunnittelussa pyrittiin huomioimaan rajoitteet ja muut huomioitavat asiat mahdollisimman hyvin, jotta tulokset ja analyysit olisivat luotettavia ja käytettävissä jatkossa.

Tuotannon kehittämisessä osatekijät ovat vahvasti kytköksissä toisiinsa, joten virtauksen ja yhteyssuhteiden analyysejä voidaan hyödyntää muuhunkin, kuin layout-

suunnitteluun. Analyysien teosta oli opinnäytetyöhön liittymätöntä hyötyä jo teko-
vaiheessa, sillä samalla pystyi korjaamaan virheitä toiminnanohjausjärjestelmässä
olevista tiedoista ja tuoterakenteista.

Oppimisen kannalta opinnäytetyöprosessi oli antoisa, ja se kokosi tehokkaasti yhteen
suuren osan opiskeltuja aihealueita tuotannosta ja siihen oleellisesti liittyvistä asioita.
Opinnäytetyöprosessin lisäksi, myös vieraskieliseen kirjallisuuteen perehtyminen oli
erittäin mielenkiintoista ja antoi uusia näkökulmia asioihin. Lähteisiin panostaminen
antoi eväitä myös jatkoon, sillä lähdemateriaalista löytyi varsin kattavia teoksia kos-
kien tuotantoa ja tuottavuuden kehittämistä. Tuotannon kehittäminen ja syvä ym-
märtäminen vaatii laajaa asiantuntemusta, joten itsensä jatkuva kehittäminen on tär-
keää.

LÄHTEET

Cedarleaf, J. 1994. Plant Layout and Flow Improvement. New York. McGraw-Hill.

Hirsjärvi, S. Remes, P. Sajavaara, P. 2013. Tutki ja kirjoita. 15.–17. p. Helsinki. Tammi.

Kumar Anil, S., Suresh, N. 2009. Operations Management. New Delhi. New Age International. Viitattu 27.3.2015. <http://www.jamk.fi/kirjasto> Janet, Ebrary.

Krajewski, L., Ritzman, L., Malhotra, M. 2013. Operations Management: Processes and Supply Chains. Essex. Pearson.

Modig, N. Åhlström, P. 2013. Tätä on Lean. 2. p. Tukholma. Rheologica Publishing.

Muther, R. 1973. Systematic Layout Planning. 2. uud .p. 8. p. Kansas City. Management and Industrial Research Publications.

Mäkinen, J. 2015. Tehtaanjohtaja. Nokka Oy. Haastattelu 21.4.2015.

Stevenson, W. 2009. Operations Management. 10. uud. p. New York. McGraw-Hill / Irwin.

Sule, D. 1994. Manufacturing Facilities: Location, Planning, and Design. 2. uud. p. Boston. PWS Publishing Company.

Tompkins, J., White, J., Bozer, Y., Frazelle, E., Tanchoco, J., Trevino, J. 1996. Facilities Planning. 2. uud. p. New York. John Wiley & Sons.

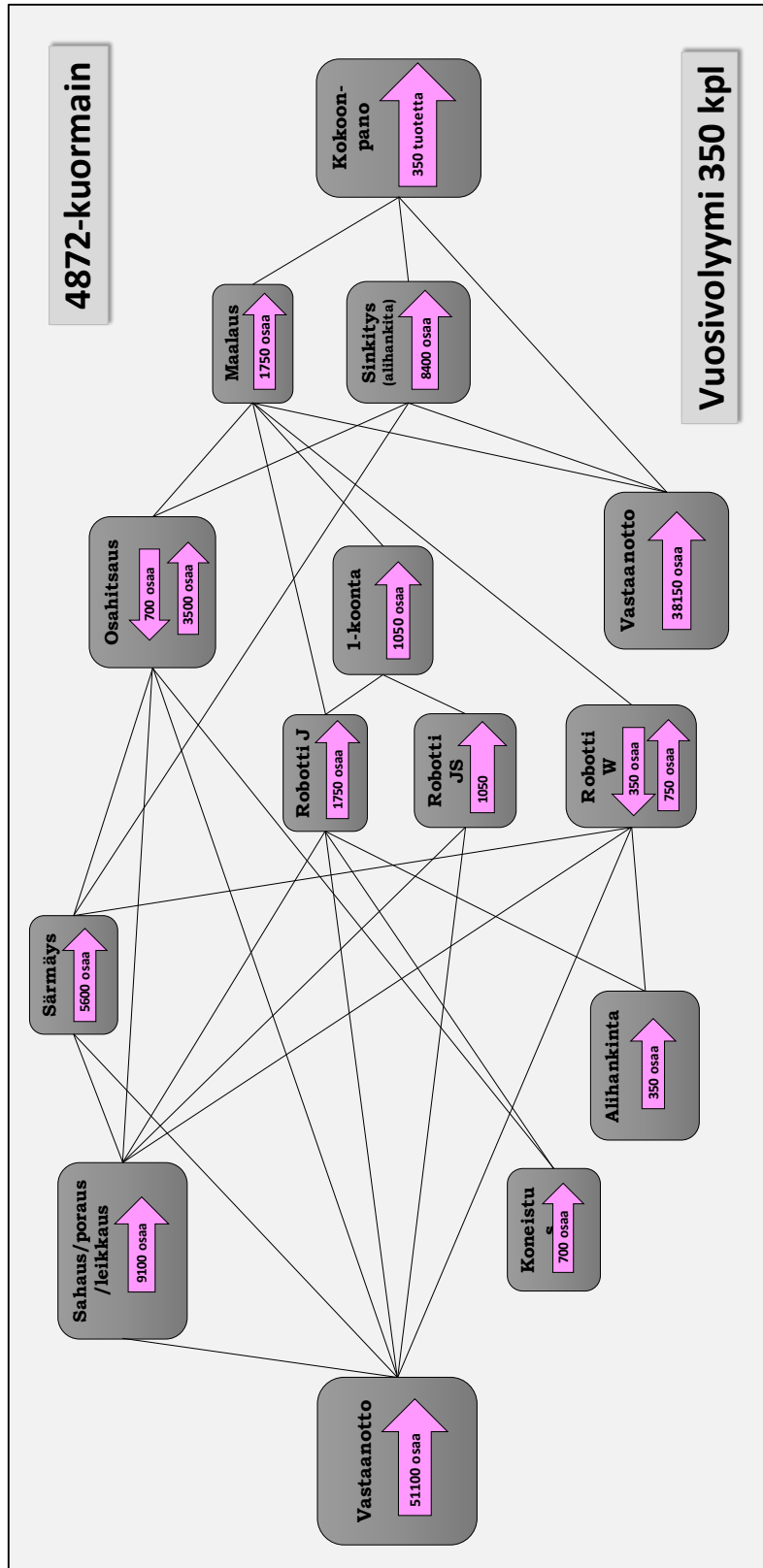
Trent, R. 2008. End-To-End Lean Management: A Guide to Complete Supply Chain Improvement. J. Ross Publishing. Viitattu 13.3.2015. <http://www.jamk.fi/kirjasto> Janet, Ebrary.

Turunen, S. 2014. Työpisteen kehittäminen. Projektityö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen ala, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 22.5.2015.

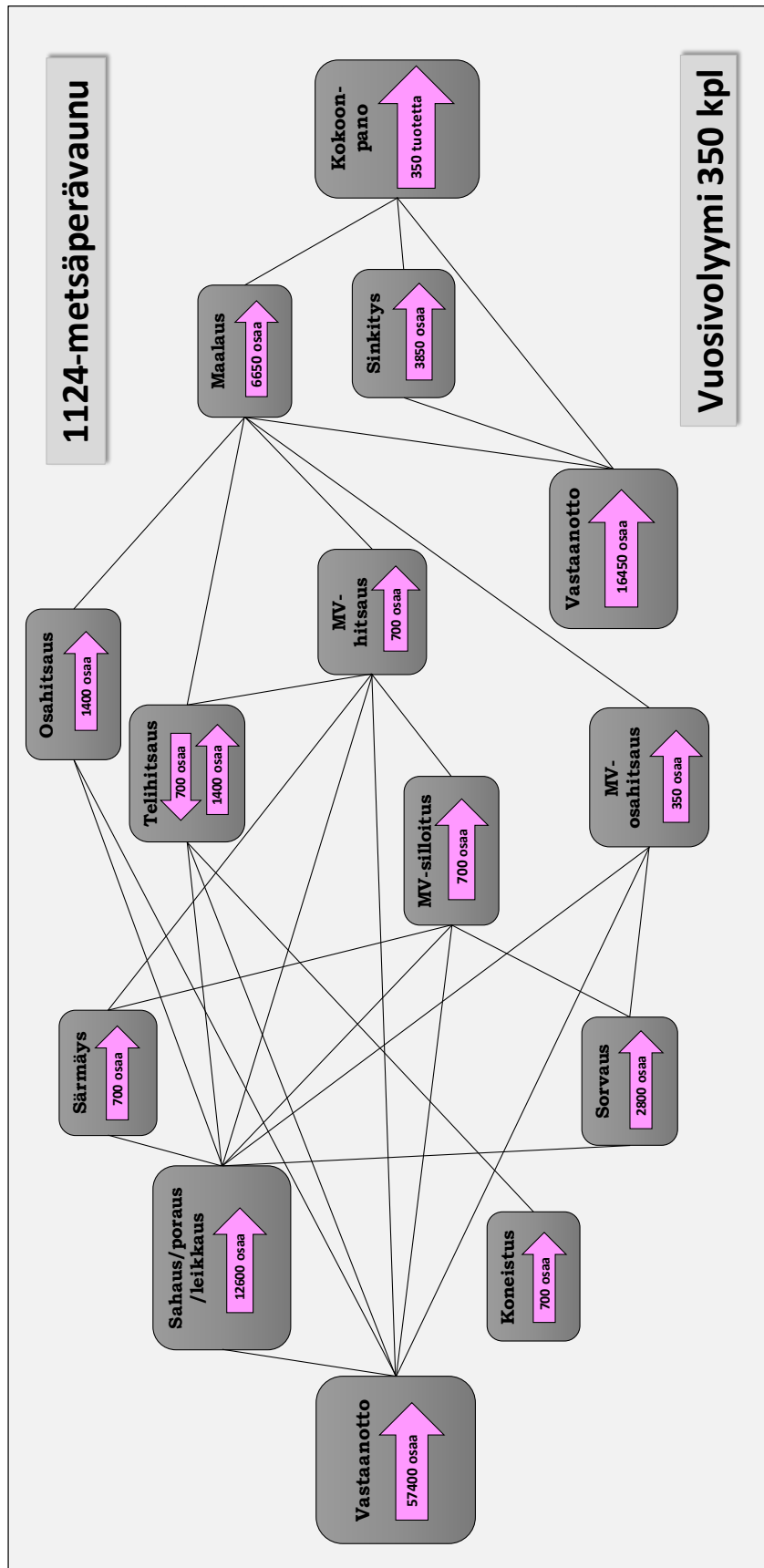
Yritysesittely Nokka Oy. 2014. Nokka Oy:n sisäinen materiaali. Viitattu 10.2.2015.

LIITTEET

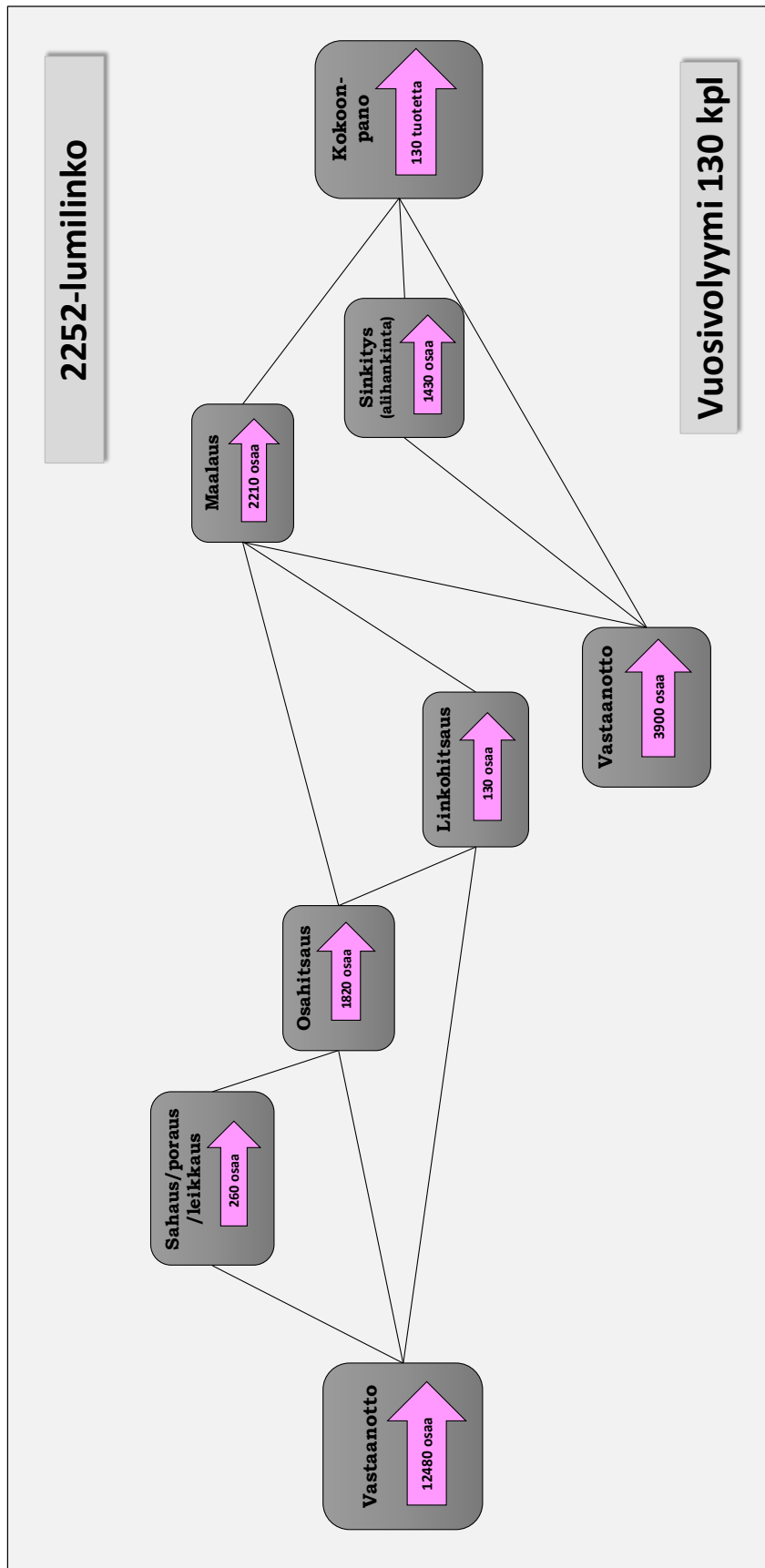
LIITE 1. 4872-kuormaimen tuotannon kulku



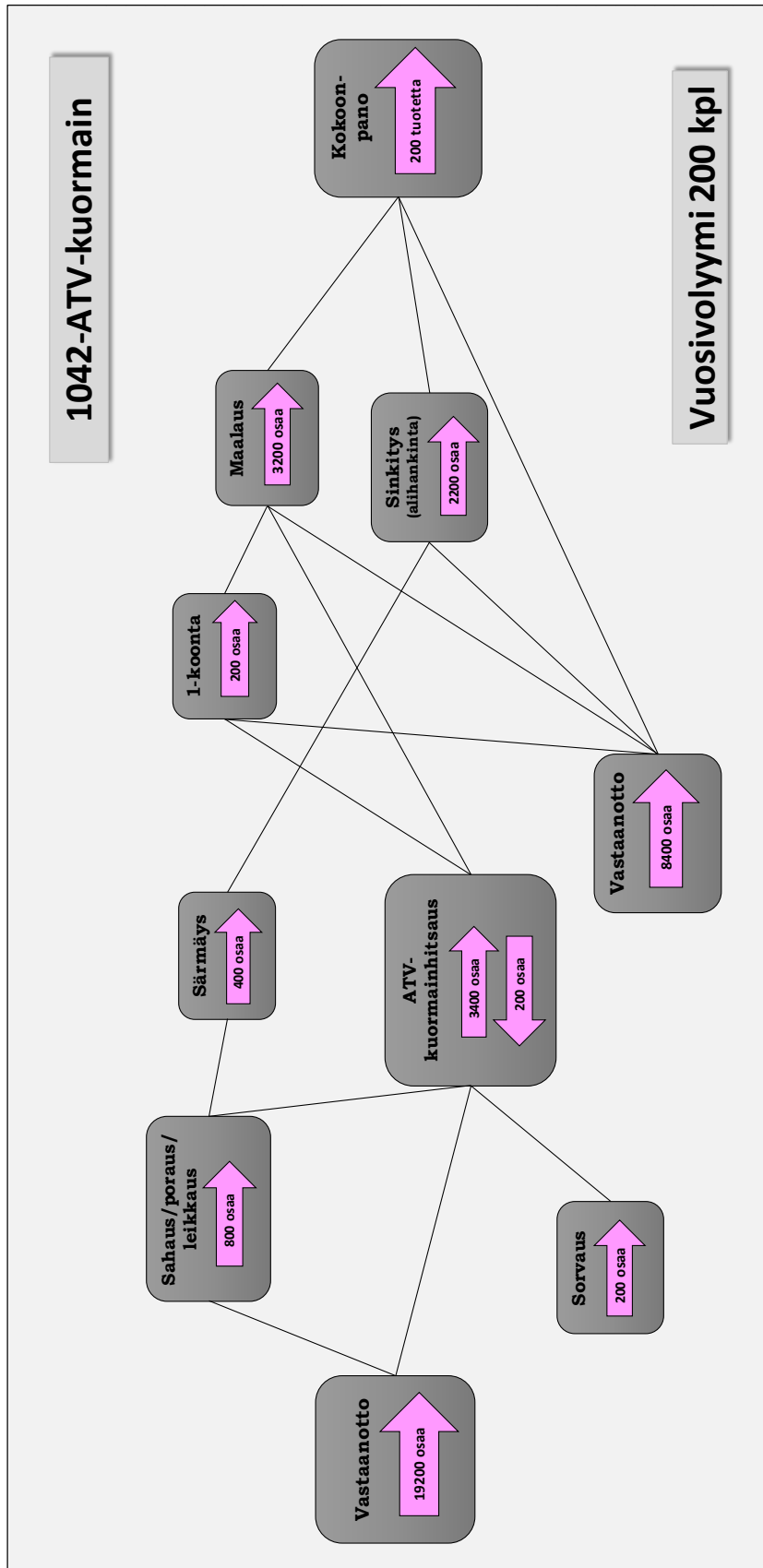
Liite 2. 1124-metsäperävaunun tuotannon kulku



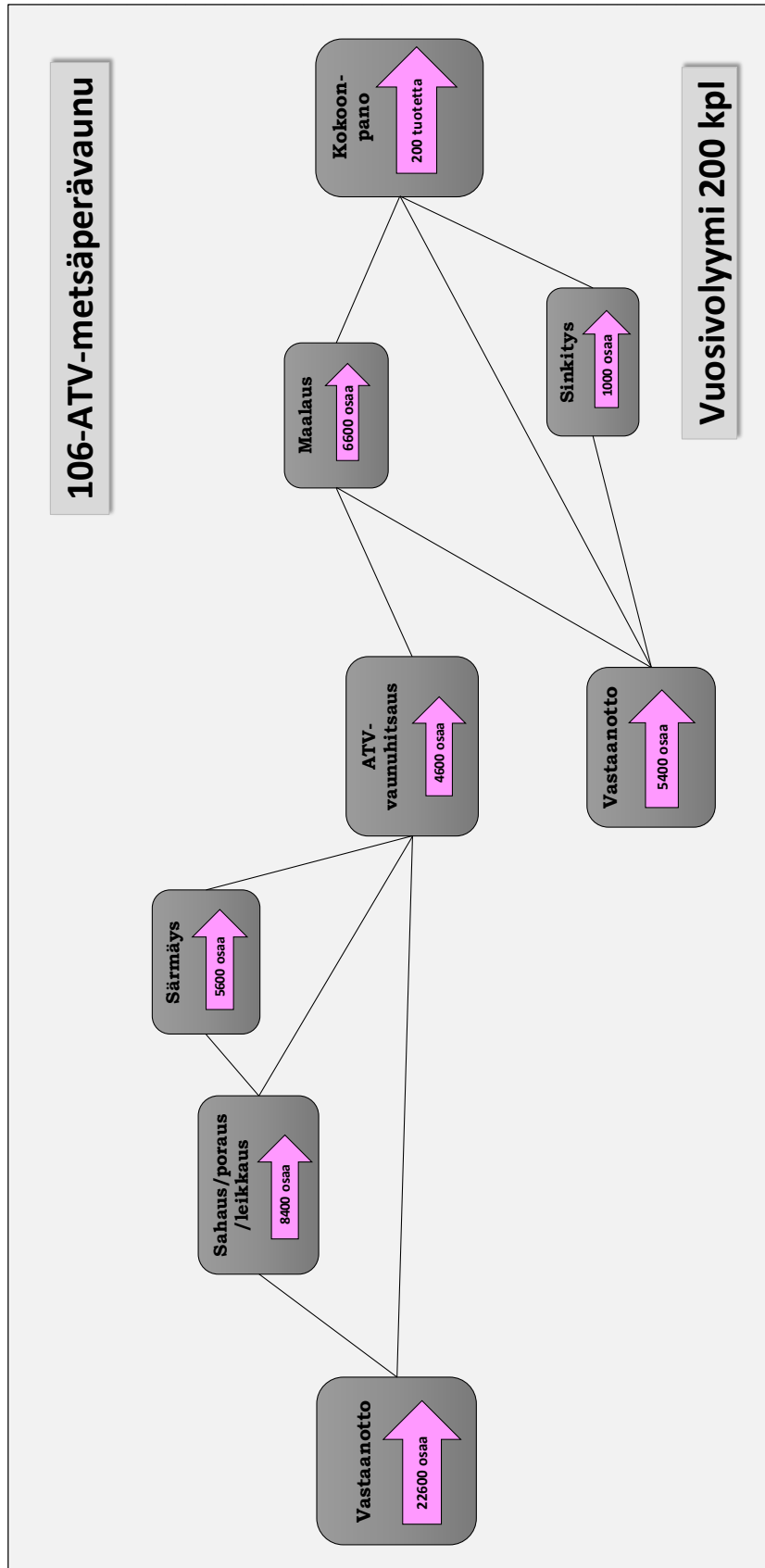
Liite 3. 2252-lumiongon tuotannon kulku



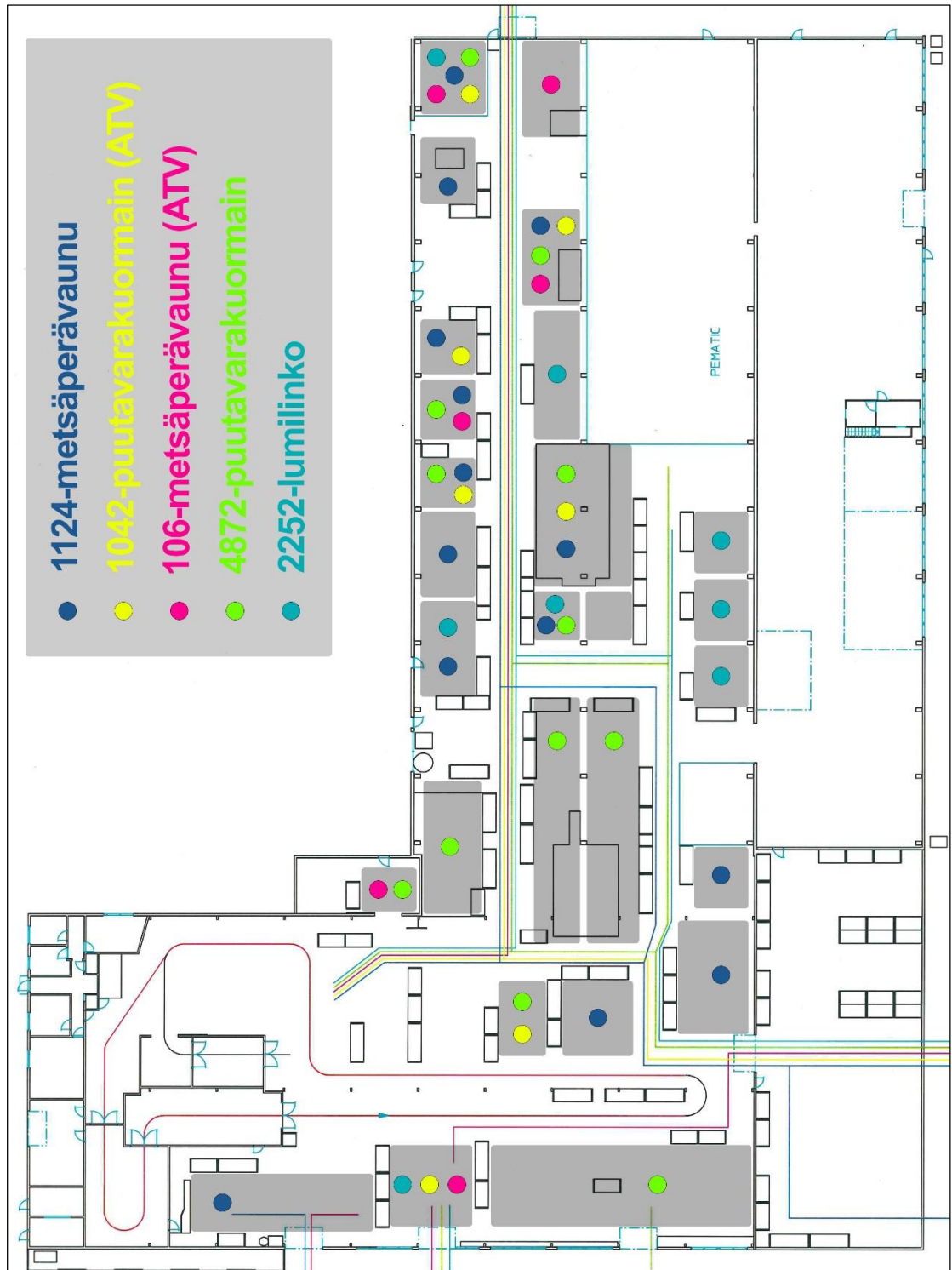
Liite 4. 1042-kuormaimen tuotannon kulku



Liite 5. 106-metsäperävaunun tuotannon kulku



Liite 6. Layout nykyisillä virtauksilla



Liite 7. Mistä-mihin-kaavio

Toiminnosta	Toimintoon																							
	Vastaanotto	Sahaus/poraus/leikkaus	Särmäys	Koneistus	Sorvaus	ATV-kuormain	ATV-vaunu	MV-silloitus	MV-osahitsaus	MV-hitsaus	Telihitsaus	Linkohitsaus	Robotti W	Robotti J	Robotti JS	Osahitsaus	1-koonta	Maalaus	Sinkitys	LKM	LKA	LKL	LKK	
Vastaanotto	?	?	?			19200	22600	17500	17150	6300	16450	7540	7000	16450	18900	11590	25250	13140	5880	9450	8800	1430	3500	228130
Sahaus/poraus/leikkaus		?	?	2800	400	2800	1750	350	2450	2800	260		350	2100	3500			700						20260
Särmäys						5600	350	0	350				700	1400	1750			2150						12300
Koneistus											700		700											1400
Sorvaus					200		2100	700																3000
ATV-kuormain				200												400	1200	1800						3600
ATV-vaunu																	4200	400						4600
MV-silloitus										350														350
MV-osahitsaus																	700							700
MV-hitsaus																		700						700
Telihitsaus				700							700							700						2100
Linkohitsaus																		130						830
Robotti W	0				0													700						700
Robotti J																	700	1050						1750
Robotti JS																	1050							1050
Osahitsaus				700														780						6720
1-koonta																								1250
Maalaus																								27760
Sinkitys	12330																700							32710
LKM																								
LKA																								
LKL																								
LKK																								
	12330	?	?	?	3000	19800	31000	21700	18200	10150	19950	8580	7700	17500	22400	16840	28100	27610	12330	19950	21800	5070	23800	

Liite 11. Layout-ehdotus D

