LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

School of Business and Management

Tuotantotalouden koulutusohjelma

Nico Forsström

MATERIAALIN VIRTAUKSEN PARANTAMINEN METALLITEOLLISUUDESSA TUOTANNON- JA VARASTONOHJAUSTA TEHOSTAMALLA

Työn tarkastaja:

Tutkijaopettaja Petri Niemi

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Nico Forsström

Työn nimi: Materiaalin virtauksen parantaminen metalliteollisuudessa tuotannon- ja varastonohjausta tehostamalla

Osasto: School of Business and Management

Vuosi: 2016 **Paikka:** Lappeenranta

Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto
70 sivua, 19 kuviota ja 8 taulukkoa
Tarkastaja: Tutkijaopettaja Petri Niemi

Hakusanat: lean, varastonhallinta, tuotannonohjaus

Työssä on tavoitteena kehittää kohdeyrityksen tuotannon- ja varastonohjausta sekä lisätä prosessin virtausta. Työ toteutettiin analysoimalla yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä kerättyä dataa sekä keskustelemalla henkilöstön kanssa.

Yrityksessä koettiin tarvetta saada tuotanto virtaamaan paremmin ja pienentää samalla varaston arvoa. Tuotanto koettiin tehottomaksi ja varaston arvo liian suureksi.

Työssä selvisi, että yrityksellä olisi mahdollisuus pudottaa varaston arvo puoleen säilyttäen silti nykyisen palvelutason. Tuotannon virtausta saadaan lisättyä käyttämällä kanban-ohjausta volyyminimikkeillä ja luomalla toimivat pelisäännöt muiden nimikkeiden ohjaukselle.

ABSTRACT

Tekijä: Nico Forsström

Subject: Increasing the flow of materials in metal industry by improving production and inventory management

Department: School of Business and Management

Year: 2016 **Place:** Lappeenranta

Master's thesis. Lappeenranta university of technology

70 pages, 19 figures and 8 tables

Examiner: Associate Professor Petri Niemi

Keywords: lean, inventory management, production management

The aim of this thesis is to improve the production and inventory management of the target company and increase the flow of the process. Thesis was carried out by analyzing data collected from the company's ERP system and discussing with the personnel.

The company felt the need to make their production flow better and decrease the value of inventory. Production was thought to be inefficient ja the value of inventory too high.

Thesis resulted a finding according to which the company would be able to maintain their current level of service with only half the inventory. The flow of production could be increased by using a Kanban system for high volume items and creating functioning policies for managing other items.

ALKUSANAT

Tämä diplomityön on viimeinen etappini opiskelijana. Sen myötä päättyy lapsuudesta alkanut taival pienestä koululaisesta työelämään valmiiksi aikuiseksi. Vaikka aikani opiskelijana päättyy tähän, jatkuu oppiminen läpi koko elämän. Odotan innolla siirtymistä työelämään ja sen tuomiin haasteisiin.

Haluan kiittää kohdeyritystä mahdollisuudesta tähän diplomityöhön ja loistavaan paikkaan aloittaa työelämä. Erityisesti haluan kiittää toimitusjohtajaa, tuotantopäällikköä ja kehityspäällikköä heidän tuestaan ja panoksestaan työni hyväksi. Kiitos myös Petri Niemelle ja Harri Eskeliselle työn ohjauksesta.

Lisäksi haluan kiittää vanhempiani Iiroa ja Sannaa tuesta ja avusta läpi elämäni. Kiitos myös avovaimolleni Jannalle tuesta ja ymmärryksestä vuosien varrella.

9.4.2016

Nico Forsström

Sisällysluettelo

SYMBOLI- JA LYHELLELUETTELO 1
1 JODANTO 2
1.1 Työn tausta 2
1.2 Tavoitteet ja rajaukset 3
1.3 Tutkimuksen toteutus 4
1.4 Raportin rakenne 4
2 TUOTANNON JA VARASTOINNIN AJATUSMALLEJA 6
2.1 Leanin ja JIT:n avainperiaateet 6
2.2 Arvoa tuottamaton hukka 7
2.3 Prosessin jatkuva virtaus 9
2.3.1 Optimaalinen eräkoko 11
2.3.2 Sijoitetun pääoman tuottoaste, ROI 14
3 VARASTONOHJAUKSEN TYÖKALUJA JA TEKNIIKOITA 16
3.1 ABC-analyysi 16
3.1.1 A-nimikkeet 18
3.1.2 B-nimikkeet 19
3.1.3 C-nimikkeet 20
3.1.4 ABC-XYZ –analyysi 22
3.2 Tilauspistejärjestelmä 22
3.2.1 Täydennyseräkoon määrittäminen 24
3.2.2 Tilauspisteen määrittäminen 24
3.3 Varaston suorituskyvyn mittaaminen 26
4 TUOTANNONOHJAUKSEN TYÖKALUJA JA TEKNIIKOITA 28
4.1 Kanban-ohjaus 28

4.2 Kapasiteetin suunnittelu 31
5 KOHDEYMPÄRISTÖ.....35
5.1 Tuotannon ja varaston nykytila kohteessa.....35
5.1.1 Nimikkeistön luokittelu kohdeyrityksessä 38
5.1.2 Värianalyysi 43
5.1.3 Tuotanto kohdeyrityksessä.....45
6 VARASTONOHJAUKSEN KEHITTÄMINEN 49
6.1 Tilaus- ja varasto-ohjautuvuus 49
6.2 Tilauspistejärjestelmä kohdeyrityksessä 50
6.3 C-luokan nimikkeiden käsittely.....55
7 TUOTANNONOHJAUKSEN KEHITTÄMINEN.....57
7.1 Kanban-ohjauksen soveltaminen kohdeyrityksessä 57
7.2 Kapasiteetin lyhyen tähtäimen suunnittelu.....59
7.3 Kausivaihtelut ja kapasiteetin pitkän tähtäimen suunnittelu 61
8 JOHTOPÄÄTÖKSET.....64
8.1 Työn keskeiset tulokset 64
8.2 Jatkotoimenpiteet.....65
9 YHTEENVETO 67
LÄHTEET.....69

SYMBOLI- JA LYHELLELUETTELO

A	Kiinteä täydennyskustannus
D	Käyttö aikayksikköä kohden, esim. vuodessa
Q	Täydennyseräkoko
r	Varastonpitokustannus aikayksikköä kohden [%]
P	Tilauspistejärjestelmän palveluaste
s	Tilauspiste
SS	Varmuusvarastotaso
v	Nimikkeen omakustannushinta
x_L	Täydennysviiveen aikainen ennustettu kysyntä
σ_L	Täydennysviiveen aikaisen käytön keskihajonta

EOQ	Economic Order Quantity, Optimaalinen eräkoko
JIT	Just-In-Time
KET	Keskeneräinen tuotanto
ROI	Return On Investment, Sijoitetun pääoman tuottoaste
TPS	Toyota Production System

1 JODANTO

Tämä raportti on osa diplomityötä, joka on tehty eräässä suomalaisessa metalliteollisuusyrityksessä osana diplomi-insinöörin koulutusohjelmaa Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa.

1.1 Työn tausta

Epävarmuus talous- ja markkinatilanteessa, sekä kilpailun jatkuva kiristyminen, luovat yrityksille painetta pyrkiä tehokkaampaan toimintaan kilpailukyvyn lisäämiseksi. Etenkin kohdeyrityksen toimialalla on aina lähihistoriaan asti totuttu kasvaviin markkinoihin, jolloin sisäinen tehokkuus jää monesti vähemmälle huomiolle.

Kohdeyrityksessä koettiin tarvetta tuotannon ja tuotteiston kehittämiseen ja tätä varten haettiin kahta työntekijää kesäharjoitteluun, joka jatkuisi syksyllä alkavalla diplomityöllä. Toisessa diplomityössä keskityttiin analysoimaan ja kehittämään yrityksen tuotteistoa asiakashaastatteluista saadulla datalla sekä kirjallisuudesta löytyvillä työkaluilla. Tässä työssä puolestaan keskitytään sisäisen tehokkuuden parantamiseen tuotannon- ja varastonohjauksen muodossa, sekä analysoimaan tuotannon ja varaston nykytilaa. Työt etenivät rinnakkain ja hyödyllistä yhteistyötä tehtiin erityisesti töiden alkuvaiheessa, kun aineistoa, etenkin tuotteiston ja myynnin profiilia tutkittiin kahdesta eri näkökulmasta. Näin myös yritykselle pystyttiin tuottamaan arvokasta tietoa analyysien muodossa.

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Työn tavoitteena on luoda kohdeyritykselle tuotannon- ja varastonohjaukseen periaatteet, jotka parantavat sisäistä tehokkuutta ja lisäävät yrityksen kilpailukykyä. Lisäksi pyritään lisäämään ymmärrystä yrityksen tuotannon ja varastoinnin nykytilasta. Myös käytetty kirjallisuus painottuu vahvasti tuotannon- ja varastonohjauksen maailmaan. Tarkastelutaso pyritään pitämään kokonaisvaltaisella ja periaatteellisella tasolla lukuun ottamatta joitakin tuotannonohjauksen tekniikoita, jotka vaativat toimiakseen yksityiskohtaisempia pelisääntöjä.

Yrityksen liikevaihdosta suurin osa tulee oman tuotteiston myynnistä, mutta yritys tekee myös alihankintatöitä asiakkaan piirustusten mukaisesti. Alihankinta toi vielä vuosituhannen alussa noin puolet liikevaihdosta, mutta sen rooli on vuosien varrella pienentynyt. Alihankinta tuo kuitenkin vielä sen verran liikevaihtoa, että se halutaan pitää mukana tarjoomassa. Tässä työssä keskitytään yrityksen omaan tuotteistoon ja alihankinta rajataan varsinaisen käsittelyn ulkopuolella. Sitä ei voi kuitenkaan unohtaa täysin, sillä alihankinnan työt käyttävät samoja tuotantoresursseja kuin omakin tuotanto. Näin ollen alihankinta on siis otettava huomioon erityisesti tuotannonohjausta käsiteltäessä.

Toinen merkittävä haaste yrityksen tuotannon- ja varastonohjauksessa on voimakas kausivaihtelu. Sesonkikuukausien myynti on moninkertaista verrattuna hiljaisempien kuukausien menekkiin. Tuotantokapasiteetti ei riitä vastaamaan sesongin korkeimpiin kysyntäpiikkeihin, mikä pakottaa tuotannon- ja varastonohjauksen reagoimaan sesonkivaihteluun jollain tavalla. Työssä pyritään tarjoamaan ratkaisua myös sesonkivaihtelun hallintaan.

Työssä keskitytään enemmän kohti asiakasta. Tämä tarkoittaa sitä, että raaka-ainevaraston tutkiminen on jätetty pois käsittelystä. Alustavan analyysin ja yrityksen edustajien kanssa käytyjen keskustelujen perusteella raaka-ainevaraston kehittämiselle ei myöskään nähty akuuttia tarvetta. Sen sijaan työssä keskitytään lopputuotevaraston ja tuotannon yhteensovittamisen kautta asiakaspalveluun.

1.3 Tutkimuksen toteutus

Kesäharjoittelu toi mahdollisuuden tutustua yritykseen, sen tuotantoon ja tuotteistoon. Tämä mahdollisti tehokkaan aloituksen varsinaiselle diplomityölle lokakuun alussa. Työ käynnistyi dataan tutustumisella, sekä sen jäsentelyllä että analysoinnilla. Suurin työ on tehty MS Excel -taulukkolaskentaohjelmalla. Alustavissa analyyseissä yrityksen nimikkeistöä luokiteltiin eri perustein ja pyrittiin löytämään massasta yhteisiä tekijöitä ja järkeviä kokonaisuuksia. Ensimmäinen kuukausi käytettiin nimikkeistön analysointiin ja luokitteluun. Seuraavat kaksi kuukautta käytettiin luoden Excelin avulla matemaattisia malleja tuotannon- ja varastonohjaukseen sekä arvioitiin mallien avulla kehitystoimien euromääräistä potentiaalia. Mallien antamien tulosten pohjalta käytiin keskustelua ja pohdittiin yrityksen edustajien kanssa järkeviä tapoja tuotannon- ja varastonohjaukselle sekä työn seuraavia askeleita. Lukuisten keskustelujen, eri näkökulmien ja Excel-datan pohjalta työn lopullinen muoto alkoi hahmottua.

1.4 Raportin rakenne

Raportin alussa, luvussa 2, käsitellään aiheeseen liittyviä ajattelutapoja ja filosofioita. Näiden tarkoitus on luoda ymmärrystä työn aiheeseen ja selittää valintoja ja suuntauksia, joita työssä tehdään. Luvussa 2 on myös esitetty joitain matemaattisia kaavoja, joita ei sellaisenaan hyödynnetä työn soveltavassa

osuudessa. Näiden kaavojen tarkoitus on havainnollistaa syy-seuraussuhteita kyseisissä aiheissa. Luvussa 3 esitellään varastonhallintaan ja luvussa 4 tuotannonohjaukseen liittyviä tekniikoita ja työkaluja. Nämä luvut sisältävät käytännönläheisempää asiaa ja luvuissa esiteltyjä tekniikoita sovelletaan myös käytännössä seuraavissa luvuissa. Luvussa 5 esitellään kohdeyritystä ja kuvataan nykytilaa tuotannon ja varaston osalta. Tässä luvussa kerrotaan työn lähtötilannetta. Luvuissa 6 ja 7 käsitellään tuotannon- ja varastonohjauksen tekniikoiden soveltamista käytäntöön kohdeyrityksessä. Luvussa 8 esitellään johtopäätöksissä työn keskeisiä tuloksia ja ehdotettuja jatkotoimenpiteitä. Lopuksi työ vedetään yhteen luvussa 9.

2 TUOTANNON JA VARASTOINNIN AJATUSMALLEJA

Tässä luvussa käydään läpi tuotantoon ja varastointiin liittyviä ajatusmalleja ja filosofioita. Ne muodostavat pohjan ja antavat suunnan ohjauksellisille tekniikoille. Työ pohjautuu leanin ja JIT:n periaatteisiin, jotka puolestaan ovat saaneet alkunsa Japanista Toyotan 50-luvulla kehittämästä Toyota Production Systemistä. TPS:n idea oli alun perin järkeistää tuotantoa poistamalla prosesseista ylimääräistä hukkaa ja vähentää laatuvirheitä, eli tehdä enemmän vähemmällä. (Machado & Leitner 2010, s. 383)

2.1 Leanin ja JIT:n avainperiaateet

Leanin mukaan viisi periaatetta luo perusteet hukan poistamiselle. Ne toimivat leanin maailmassa myös polkuna, jota seurata, kun leania lähdetään implementoimaan yritykseen. (Machado & Leitner 2010, s. 384; Hines & Taylor 2000, s. 4)

1. Tunnista haluttu arvo loppuasiakkaan, eikä yksittäisen yrityksen tai osaston, näkökulmasta.
2. Tunnista koko arvoketjussa tarvittavat vaiheet tuotteen suunnitteluun, hankintoihin ja valmistukseen erottaaksesi arvoa tuottamattoman hukan.
3. Huolehdi, että arvoa tuottavat vaiheet virtaavat ilman keskeytyksiä, kiertoteitä, takapakkeja, puskurivarastoja tai laatuvirheitä.
4. Siirry imuohjaukseen perustamalla tuotannon virtaus asiakkaan tarpeista syntyvään imuun.
5. Pyri täydellisyyteen etsimällä ja tekemällä jatkuvia parannuksia ja poistamalla hukkaa aina kun sitä ilmenee.

Slack et al. (2001, s. 488-489) puolestaan kirjoittivat JIT:n filosofian ytimeksi kolme asiaa:

1. Hukan, eli arvoa tuottamattoman ajan ja toiminnan poistaminen
2. Koko henkilöstön aktiivinen osallistuminen
3. Pyrkimys jatkuvaan parantamiseen tavoitteena täyttää kysyntä välittömästi, täydellisellä laadulla ja ilman hukkaa

Hukan poistaminen oli yksi kantava ajatus jo Toyotan alkuperäisessä mallissa ja se on säilynyt keskiössä myös siitä johdetuissa lean- ja JIT-filosofioissa. Seuraavassa kappaleessa käsitellään tarkemmin hukan tunnistamista ja sen luokittelua.

2.2 Arvoa tuottamaton hukka

Arvoa tuottava toiminta tekee tuotteesta tai palvelusta loppuasiakkaan näkökulmasta arvokkaamman. Nämä vaiheet voi helposti tunnistaa miettimällä olisitko itse asiakkaana valmis maksamaan kyseisestä työvaiheesta. Arvoa tuottavia työvaiheita ovat esimerkiksi raaka-aineen jalostaminen tai komponenttien kokoaminen lopputuotteeksi. Arvoa tuottamaton toiminta vastaavasti ei tee tuotteesta tai palvelusta loppuasiakkaan näkökulmasta arvokkaampaa, eivätkä siten ole tarpeellisia nykytilanteessa. Tällainen toiminta on selkeää hukkaa ja siitä pitäisi päästä nopeasti eroon. Arvoa tuottamatonta toimintaa on esimerkiksi tuotantovirheiden korjaaminen tai keskeneräisten töiden siirtäminen välivarastoon ja takaisin työpisteelle. Arvoa tuottamattomasta toiminnasta voidaan lisäksi erottaa välttämätön arvoa tuottamaton toiminta. Tällä tarkoitetaan sellaista arvoa tuottamatonta toimintaa, jota ei voida poistaa ilman investointeja tai radikaaleja muutoksia prosessissa. Tästä voisi olla esimerkkinä vanhan ja epäluotettavan koneen vaatimat ylimääräiset laatutarkastukset tai tehtaan layoutista johtuva kuljettaminen. Karkea arvio tyypillisestä jakaumasta

fyysisessä tuotantoympäristössä keskivertoyrityksessä on seuraavanlainen: (Hines & Taylor 2000, s. 10)

- 5 % Arvoa tuottava toiminta
- 60 % Arvoa tuottamaton toiminta
- 35 % Välttämätön arvoa tuottamaton toiminta

Myös Liker (2010, s. 87) toteaa, että useimmissa prosesseissa on vain 10 % arvoa tuottavaa työtä ja loput 90 % ovat hukkaa. On mahdotonta poistaa hukkaa täysin, mutta yllä olevat luvut osoittavat, että potentiaalia hukan pienentämiselle ja sitä kautta arvoa tuottavan työn osuuden kasvattamiselle löytyy keskivertoyrityksestä merkittävästi.

Hukan poistaminen tulee aloittaa sen tunnistamisella. Toyotalla on tunnistettu lisäarvoa tuottamattomalle hukalle seitsemän päätyyppiä, jotka pätevät yhtä lailla sekä valmistavan teollisuuden, että palveluliiketoiminnan prosesseissa. (Slack et al. 2001, s. 448-449; Liker 2010, s. 28-29) Listaan on lisätty myös myöhemmin tunnistettu kahdeksas hukan muoto, joka ei varsinaisesti ole arvoa tuottamatonta toimintaa, mutta on kirjallisuudessa nostettu usein mukaan seitsemän päätyypin rinnalle.

1. *Ylituotanto.* Tuotetaan enemmän kuin prosessin seuraava vaihe vaatii. Toyotan mukaan merkittävin hukka, koska se aiheuttaa suurimman osan muusta tuhlauksesta.
2. *Odottelu.* Laitteisto tai henkilöstö odottaa prosessin edellistä käsittelyvaihetta, toimitusta, työkalua, materiaalia tms. Myös materiaali, esim. KET, voi joutua odottamaan seuraavaa vaihetta jos sitä on tuotettu ilman tarvetta.
3. *Kuljettelu.* Keskeneräistä työtä kuljetetaan pitkiä matkoja prosessin vaiheesta toiseen tai välivarastoon ja takaisin vaiheiden välissä.
4. *Ylikäsittely.* Suoritetaan tarpeettomia vaiheita tuotteen käsittelyssä. Syynä voi olla laatuvirheiden korjaaminen, huonon tuotekehityksen aiheuttamat

ylimääräiset työvaiheet tms. Hukkaa syntyy myös, jos tuotteet ovat laadukkaampia kuin on välttämätöntä.

5. *Varastointi.* Kaikesta varastosta tulisi päästä eroon, sillä se hidastaa tuotannon virtausta ja aiheuttaa kustannuksia. Lisäksi suuri varasto kätkee tuotannon muut ongelmat.
6. *Liikkuminen.* Työntekijöiden ylimääräinen liike työn suorittamiseksi, kuten tavaroiden etsiminen ja noutaminen on hukkaa. Laiteoperaattori voi olla kiireinen, mutta lisäarvoa ei silti synny lainkaan.
7. *Laatuvirheet.* Viallisten osien korjaaminen, pois heittäminen sekä täydennysosien tuottaminen hukkaavat aikaa ja rahaa aiheuttaen muuta hukkaa, kuten käsittelyä.
8. *Työntekijän luovuuden hyödyntämättä jättäminen.* Myöhemmin on tunnistettu myös kahdeksas hukkatyyppi, joka voidaan sisällyttää listaukseen: Työntekijän ideoiden ja oppimismahdollisuuksien hukkaaminen, kun työntekijää ei kuunnella ja sitouteta.

Kuten yllä mainittiin, Toyotalla ylituotantoa pidettiin kaikista tärkeimpänä hukkana, sillä se aiheuttaa suurimman osan muusta tuhlauksesta. Ylimääräinen tuotanto missä tahansa prosessin vaiheessa aiheuttaa ylimääräistä varastoa, joka puolestaan aiheuttaa pidempiä läpimenoaikoja, lisää epäkuranttiusriskiä ja kasvattaa varastokustannuksia. (Liker 2010, s. 29)

2.3 Prosessin jatkuva virtaus

Virtauksen luominen on osa leanin avainperiaatteita. Hyvä tapa alkaa tuoda leania yritykseen on luoda jatkuva virtaus johonkin yrityksen ydinprosesseista. Virtauksella tarkoitetaan raaka-aineesta valmiisiin tuotteisiin kuluvan ajan lyhentämistä, mikä johtaa leanin filosofiassa parhaaseen laatuun, pienimpiin kustannuksiin ja lyhyimpään toimitusaikaan. Ihanteena ja tavoitteena on

yksiosainen virtaus, jossa nimensä mukaisesti eräkoko on aina yksi kappale. Virtaus myös paljastaa prosessin ongelmia, jotka eivät ole nousseet esiin, sillä suuret varastot ovat auttaneet yritystä selviytymään ongelmien kanssa. Ongelmat on myös voitu käsitellä lisäämällä puskurivarastoa ongelmakohdan ympärille ongelman korjaamisen sijasta. (Liker 2010, s. 87-89) Tästä ilmiöistä käytetään analogiaa, jossa varaston ”vedenpintaa” laskemalla esiin tulee kareja, tuotannon ongelmia, jotka on poistettava eteenpäin pääsemiseksi. Puskurivarastojen perustaminen, eli vedenpinnan nostaminen peittää tuotannon ongelmat eikä suinkaan korjaa niitä.

Perinteisen massatuotantoajattelun mukaan kapasiteetista tulee puristaa kaikki hyöty irti. Tämä tarkoittaa, että jokainen kone ja työntekijä pyrkivät suurimpaan mahdolliseen tuotantoon pienimmillä mahdollisilla yksikkökustannuksilla. Tällä ajattelumallilla samanlainen laitteisto ja henkilöstö kannattaa myös ryhmittää omiin soluihinsa, jolloin maksimoidaan kunkin vaiheen tuotos. Tämä lisää solun sisäistä joustavuutta, sillä työt voidaan aikatauluttaa tehokkaammin, kun samanlainen laitteisto ja henkilöstö on keskitetty yhteen paikkaan. Ongelmaksi muodostuukin tavaroiden siirtely solujen välillä. Massatuotantoajattelun mukaan tavaraa kannattaa siirtää kerralla mahdollisimman suuri määrä, mikä vähentää tarvittavien siirtojen määrä. Tämä kuitenkin johtaa väistämättä suureen määrään KET:a, kun jokaiseen soluun kerrytetään tavaraa ennen siirtoa seuraavaan soluun, mikä puolestaan hidastaa läpimenoaikaa. Toinen ongelma on töiden aikatauluttaminen. Solujen sisäinen aikataulutus hoituu sujuvasti, sillä keskitetty kapasiteetti mahdollistaa töiden optimaalisen järjestelyn esim. viikon jaksoissa. Solujen keskinäinen koordinointi vaatii kuitenkin työtä, ettei tuotannossa sorruta osaoptimointiin. (mukaillen Liker 2010, s. 90-92)

Yksiosaista virtausta tavoiteltaessa tulee väistämättä tehtyä monia hukkaa vähentäviä toimenpiteitä. Alla on listattu jatkuvan virtauksen hyötyjä: (Liker 2010, s. 95-96)

1. *Laatu.* Nopean virtauksen ansiosta laatuongelmat huomataan nopeasti ja ne voidaan korjata ennen kuin viallista tavaraa on ehditty tuottaa suurta määrää.
2. *Joustavuus.* Tehokas virtaus lyhentää läpimenoaikaa ja antaa sitä kautta enemmän pelivaraa tuotannon- ja varastonohjaukseen.
3. *Tuottavuus.* Massatuotannossa tuottavuus näyttää korkealta, mutta siitä ei ole hyötyä jos tuottavuus käytetään ylituotannon luomiseen. Tehokkaasti virtaavassa tuotannon on selkeästi vähemmän arvoa tuottamatonta toimintaa, mikä lisää työn tuottavuutta.
4. *Lattiatila.* KET:n vähentäminen näkyy yleensä myös fyysisesti tehtaan lattialla lisääntyneen tilan muodossa.
5. *Turvallisuus.* Pienemmät eräkoot mahdollistavat pienempien tavaraerien siirtelyä pienemmillä koneilla, jolloin voidaan esimerkiksi saada trukit pois tuotannon seasta. Vähentynyt liikkuminen myös vähentää mahdollisuutta joutua tapaturmaan.
6. *Moraali.* Arvoa tuottavan työn lisääntyessä myös oman työn tuotoksen havaitsee selkeämmin, mikä lisää tyytyväisyyttä ja tehokkuuden tuntua.
7. *Varastokustannukset.* Varastoon sitoutuu vähemmän pääomaa ja epäkuranttiusriski pienenee.

2.3.1 Optimaalinen eräkoko

Massatuotannon ilmeistä hyötyä voidaan selittää myös optimaalisen eräkoon (EOQ) kaavalla, jota voidaan käyttää nimensä mukaisesti määrittämään optimaalinen täydennyseräkoko ottamalla huomioon tuotteen kysyntä, täydennyksen kiinteät kustannukset, tuotteen omakustannushinta ja

varastonpitokustannukset. Alla on esitetty optimaalisen eräkoon kaava (Silver et al. 1998, s.152-154).

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{vr}}$$

Q = Eräkoko [kpl]

A = Eräkoosta riippumaton täydennyksen kiinteä kustannus, valmistavassa teollisuudessa asetuskustannus [€]

D = Tuotteen kysyntä aikayksikköä kohden, tyypillisesti kappaletta vuodessa [kpl/t]

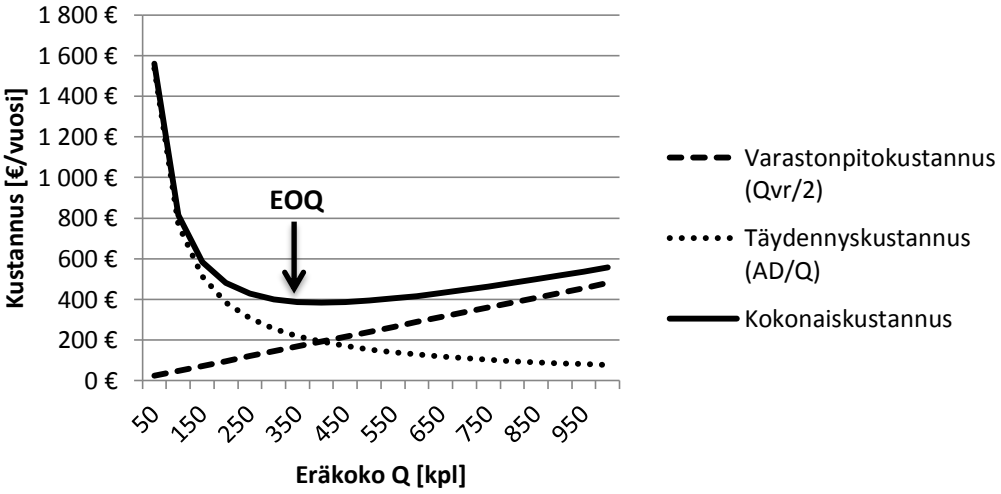
v = Tuotteen omakustannushinta [€/kpl]

r = Tuotteen varastonpitokustannus laskettuna osuutena omakustannushinnasta aikayksikköä, tyypillisesti vuotta, kohden [%/t]

Kaavan parametreista tuotteen kysyntä D ja omakustannushinta v voidaan määritellä helposti. Kiinteä täydennyskustannus A ja varsinkin varastonpitokustannus r ovat enemmän tulkinnanvaraisia komponentteja. Täydennyskustannus tunnistetaan näistä kahdesta tyypillisesti paremmin etenkin jos täydennys tarkoittaa valmistavassa ympäristössä sisäistä täydennystä. Tällöin täydennyskustannus muodostuu lähes kokonaan asetusajasta, johon luetaan mukaan vaihtoehtoiskustannus menetetystä tuotantoajasta ja tarvittava erikoisosaaminen, kuten erikoismekaanikko (Silver et al. 1998, s. 46). Nämä ovat hyvin konkreettisia ja selkeitä ja siksi yleensä myös tiedostettu hyvin etenkin valmistavan teollisuuden yrityksissä. Kun tarkastellaan optimaalisen eräkoon kaavaa ja kuviossa 1, huomataan, että täydennyskustannukselle annettu suuri painoarvo nostaa optimaalista eräkokoa ja johtaa massatuotantoon.

Varastonpitokustannus on tyypillisesti vaikeampi määrittää, sillä se ei ole konkreettisesti niin hyvin havaittavissa kuin asetuskustannus.

Varastonpitokustannus pitää sisällään varaston sitoman pääoman ja varastotilan vaihtoehtoiskustannuksen, varaston pyörittämisen kulut, epäkuranttiusriskin sekä vakuutukset, joista suurimpia ovat pääoman ja varastotilan vaihtoehtoiskustannukset. Varastoon sidottu pääoma voitaisiin investoida tuottavampiin kohteisiin ja käytetyillä hyllypaikoilla voitaisiin varastoida tuottavampaa tavaraa. (Silver et al. 1998, s. 45) Juuri vaihtoehtoiskustannukset ovat hankalammin havaittavissa ilman varastonhallintaan liittyvää osaamista.



$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * 32€ * 2400kpl}{4€/kpl * 24\%}} = 400\ kpl$$

Kuvio 1. Kustannukset eräkoon funktiona. (Silver et al. 1998, s. 154)

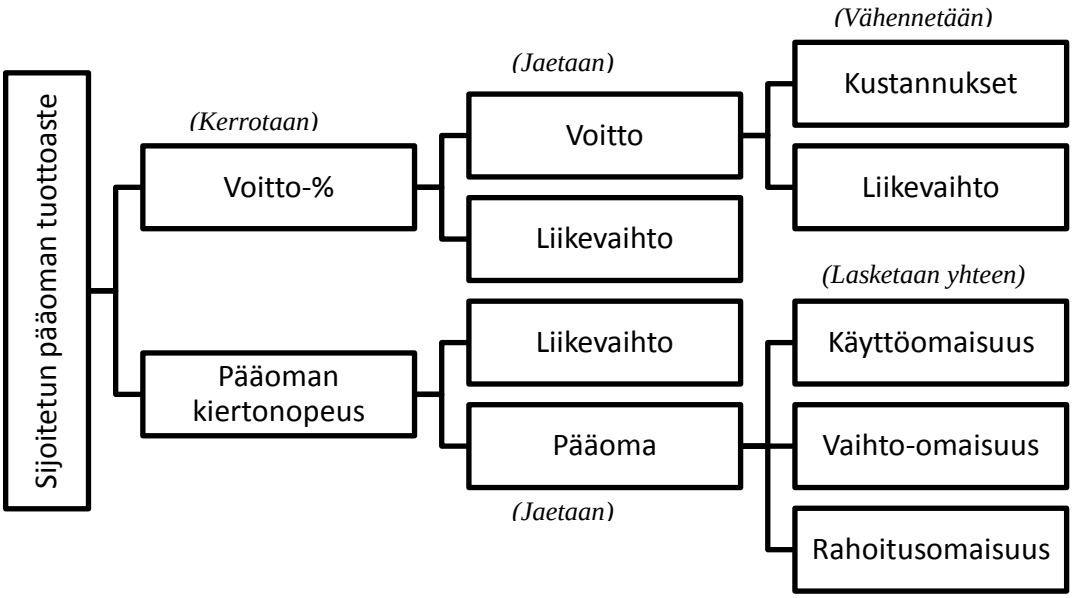
Kuviossa 1 on laskettu esimerkki optimaalisesta eräkoosta ja esitetty täydennys- ja varastonpitokustannusten muutos eräkoon funktiona. Esimerkissä kiinteä täydennyskustannus on 32 euroa, kysyntä 2400 kappaletta vuodessa, tuotteen yksikkökustannus neljä euroa per kappale ja varastonpitokustannus 24 prosenttia vuodessa. Perinteisessä teollisuudessa varastonpitokustannukset on oletettu pieniksi, sillä vaihtoehtoiskustannuksia ei ole ehkä tiedostettu, mikä johtaa suurempaan optimaaliseen eräkokoon. Tällöin ei tosin ole käytetty matemaattista

lähestymistapaa eräkoon määritykseen, mutta kaavan logiikka onkin pohjimmiltaan asetuskustannusten ja varastonpitokustannusten trade-off –tilanne. Kun annetaan varastonpitokustannuksille enemmän arvoa, lisää se luonnollisesti painetta pienentää eräkokoja, mikä onkin enemmän modernia maailmaa. Lisäksi leanin mukainen asetusaikojen lyhentäminen hukkaa poistamalla pienentää asetuskustannuksia, mikä johtaa kaavan logiikan mukaisesti entistä pienempään optimaaliseen eräkokoon. Asetuskustannuksia pienentämällä päästään kohti yhtä leanin ihanteista, yhden kappaleen virtausta.

Eräkoon pienentämisellä on positiivinen vaikutus myös laatuun. Tämä perustuu ajatukseen, jonka mukaan jokaisen tuotetun kappaleen jälkeen prosessissa on mahdollista ilmetä jokin vika tai muutos, joka saa laatuparametrit liukumaan pikkuhiljaa pois sallitulta vaihteluväliltä. Viat ovat yleensä määriteltävissä ja korjattavissa. Tyypillisesti esimerkiksi laitteiston kuluminen saa laatuparametrit liukumaan ulos sallitulta vaihteluväliltä. Tästä aiheutuneet haitat voidaan minimoida pitämällä ajo lyhyenä pienellä eräkoolla. (Porteuksen 1986, s. 137) Laatuvirheet huomataan myös tarkastusvaiheessa nopeammin, kun prosessi virtaa tehokkaasti. Kun virhe havaitaan linjaston loppupäässä, on mahdollista, että sama virhe esiintyy kaikessa keskeneräisessä tuotannossa ennen tarkastuspistettä. Pienet eräkoot ja nopea virtaus mahdollistavat laatuvirheiden havaitsemisen aikaisemmin, jolloin myös virheellistä tavaraa ehditään tuottamaan vähemmän. (Liker 2010, s. 92-94)

2.3.2 Sijoitetun pääoman tuottoaste, ROI

Jatkuvalla virtauksella on vaikutusta myös sijoitutun pääoman tuottoasteeseen seuraavalla tavalla. ROI, sijoitetun pääoman tuottoaste, voidaan laskea DuPont Companyn kehittämällä kuviossa 2 esitetyllä kaavalla (Kaplan & Atkinson 1998, s.500).



Kuvio 2. ROI DuPontin kaavalla. (mukaillen Kaplan & Atkinson 1998, s. 501)

Kuten kuviosta huomataan, nopein tapa kasvattaa sijoitetun pääoman tuottoastetta ei ole nostaa liikevaihtoa, vaan joko kasvattaa voittoa tai pienentää pääomaa. Voittoa voidaan toki kasvattaa lisäämällä liikevaihtoa, mutta tällöin myös muuttuvat kustannukset kasvavat. Liikevaihdon kasvattaminen on yrityksen kasvun kannalta luonnollisesti ensisijaista, mutta sisäisen tehokkuuden kannalta tehokkaampaa on yleensä lähteä liikkeelle kustannusten alentamisesta ja pääoman pienentämisestä.

Jatkuvan virtauksen tavoittelu parantaa ROI:ta kahdesta suunnasta. Arvoa tuottamattoman toiminnan vähentäminen karsii kustannuksia, kun pystytään toimimaan tehokkaammin. Virtauksella voidaan myös estää materiaalihävikkiä nopeamman laadunvalvonnan kautta. Pääomapuolella puolestaan voidaan vaikuttaa erityisesti vaihto-omaisuuteen, joka yleensä koostuu lähes täysin varastoista. Pienentämällä varastoja voidaan kasvattaa pääoman kiertonopeutta ja sitä kautta sijoitetun pääoman tuottoastetta.

3 VARASTONOHJAUKSEN TYÖKALUJA JA TEKNIIKOITA

Tässä luvussa käsitellään työssä hyödynnettäviä varastonohjauksen tekniikoita ja työkaluja. Lisäksi käsitellään myös nimikkeistön luokittelua ja sen yhteyttä varastonohjaukseen. Luvun lopussa on esitelty myös varaston mittaamista ja mittareita. ABC-analyysiä käytetään tuotteiston luokittelussa ja varastonohjauksen menetelmäksi valikoitui tilauspistejärjestelmä. Näistä molemmat ovat yksinkertaisia, toimivia ja helppoja – siksi myös tehokkaita.

3.1 ABC-analyysi

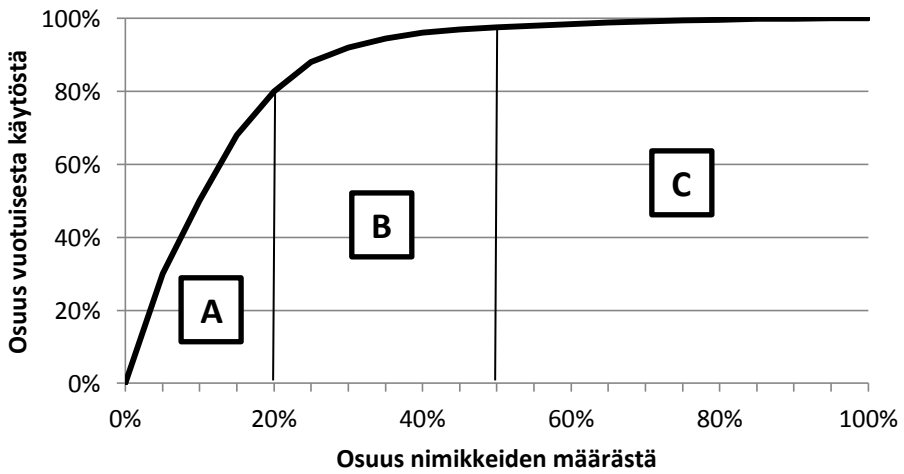
Italialainen ekonomi, sosiologi ja politiikan tietäjä Vilfredo Pareto kehitti 1800-luvulla perusteet ABC-analyysille. Niin sanotun Pareto-periaatteen mukaan on olemassa ”muutama kriittistä ja monta triviaalia”. Valmistavassa teollisuudessa tämä tarkoittaa sitä, että varastoissa, jotka sisältävät useita nimikkeitä, jotkut ovat yritykselle tärkeämpiä kuin toiset. Resurssit kannattaa keskittää muutaman kriittisen nimikkeen ohjaamiseen monen triviaalin sijaan. Keskittymällä vain kriittisiin nimikkeisiin pääsee pitkälle myös koko varaston hallinnassa. (Heizer & Render 2011, s. 501, Fogarty et al. 1991, s. 176)

ABC-analyysin tarkoituksena on jakaa nimikkeet niiden tärkeyden mukaan luokkiin ja luoda pelisäännöt jokaiselle luokalle ottaen huomioon sen tärkeys. Tyypillisesti nimikkeet jaetaan kolmeen luokkaan, siitä nimi ABC, mutta tämä ei ole kiveen hakattu sääntö. Idea on luokitella nimikkeitä järkeviin kokonaisuuksiin. Luokittelukriteerin tulisi heijastaa nimikkeen ohjattavuutta sekä vaikutusta kustannuksiin ja kannattavuuteen. Tyypillinen kriteeri on nimikkeen euromääräinen käyttö joko katteellisena tai omakustannushinnalla ja sitä

käytetään oletuksena myös jatkossa ABC-analyysiä käsiteltäessä. Alla on listattu mahdollisia luokittelukriteereitä. (Fogarty et al. 1991, s.176-177)

- Vuotuinen käyttö euroissa
- Yksikkökustannukset
- Valmistusmateriaalin saatavuus
- Valmistusresurssien saatavuus
- Läpimenoaika
- Varastointivaatimukset
- Epäkuranttiusriski
- Puutekustannus
- Räätälöinnin määrä

Kuviossa 3 on esitetty esimerkki ABC-analyysin jakaumasta. Pareto-periaatetta kutsutaan joskus myös 80/20-säännöksi, sillä tyypillisesti 20 prosenttia nimikkeistä muodostaa 80 prosenttia euromääräisestä kokonaiskäytöstä (Slack et al. 2001, s. 401). Nämä nimikkeet ovat luokkaa A, eli kaikista tärkeimpiä. B-luokan tuotteet ovat keskiluokkaa, kuviossa 30 % muodostavat 18 % käytöstä. C-luokan tuotteet puolestaan ovat arvoltaan pieniä, esimerkissä puolet nimikkeistä muodostaa enää kaksi prosenttia käytöstä.



Kuvio 3. Tyypillinen ABC-analyysin jakauma. (mukaillen Fogarty et al. 1991, s. 180)

3.1.1 A-nimikkeet

Tärkein luokka muodostuu usein varsin pienestä määrästä nimikkeitä. Kuten aiemmin mainittiin, jokaista luokkaa tulisi ohjata omalla tavallaan. Matemaattiset mallit toimivat hyvin päätöksenteon tukena, mutta tärkeimpien tuotteiden osalta on hyödyllistä käyttää myös esimiestason ja tuotannonsuunnittelun subjektiivista näkemystä, sillä matemaattiset mallit eivät kykene ottamaan huomioon kaikkia mahdollisia ohjaukseen vaikuttavia tekijöitä. Alla on listattu toimenpiteitä, jotka sopivat A-luokan ohjaukseen. (Silver et al. 1998, s. 316-318)

1. *Jatkuva varastosaldojen ylläpito.* Tämä on tärkeää etenkin arvokkailla nimikkeillä. A-nimikkeiden pieni määrä mahdollistaa monesti myös manuaalisen seurannan sähköisen seurannan sijaan. Tärkeintä on kuitenkin saldojen mahdollisimman reaaliaikainen oikeellisuus.
2. *Ylimmän johdon tietoisuus.* Säännöllinen, esimerkiksi kuukausittainen, raportointi etenkin A-nimikkeistä tulisi olla ylimmän johdon käytettävissä varastotasojen seurantaa varten.
3. *Kysynnän arviointi ja siihen vaikuttaminen.* Voidaan toteuttaa kolmella tapaa
    a. Yhteydenpito asiakkaisiin kysynnän ennakoimiseksi
    b. Kysynnän ennustettavuuden lisääminen on tärkeää etenkin kalliille ja hitaasti liikkuville nimikkeille. Jos kysyntätapahtumat voidaan ennakoida, esimerkiksi kalliiden komponenttien vaihto, ei näitä nimikkeitä tarvitse varastoida välttämättä ollenkaan.
    c. Kysyntäprofiilia voidaan myös muokata tasaisemmaksi esimerkiksi hintojen muutoksilla, neuvotteluilla, toimituksia tasoittamalla ja muulla sellaisella.
4. *Hankintojen arviointi ja niihin vaikuttaminen.* Edellisen kohdan periaatteita voidaan soveltaa myös toimittajien suuntaan. Hankintatoimen ja tuotannonsuunnittelun koordinointi on erityisen tärkeää juuri A-nimikkeillä.

5. *Varaston varovainen mitoitus.* Arvokkailla ja hitaasti liikkuvilla nimikkeillä kysynnän ja sitä kautta varastotasojen yliarviointi voi käydä kalliiksi. Tällaisilla nimikkeillä voi olla järkevää käyttää varovaista budjetointia.
6. *Ohjausparametrien säännöllinen arviointi.* Parametrien kuten eräkokojen ja hälytysrajojen säännöllinen arviointi on tärkeää. Yleisesti ottaen A-nimikkeiden ohjausta tulisi arvioida säännöllisesti mahdollisten kysynnän muutosten takia.
7. *Eräkokojen tarkka määritys.* Vähemmän tärkeille nimikkeille riittää, kun eräkoko määritellään vastaamaan esimerkiksi muutaman kuukauden keskimääräistä kysyntää. A-nimikkeillä on kuitenkin hyödyllistä määritellä eräkoot mahdollisimman tarkasti.

3.1.2 B-nimikkeet

Nämä nimikkeet ovat muodostavat tyypillisesti suurimman osan A-nimikkeiden jälkeen jäljelle jäävästä menekistä, yleensä noin 15 prosenttia. Määrällisesti B-nimikkeitä on selkeästi enemmän kuin A-nimikkeitä. B-luokan ohjauksessa voidaan käyttää samoja periaatteita kuin A-nimikkeillä, mutta harvemmalla aikavälillä ja kevyemmällä intensiteetillä (Fogarty et al. 1991, s. 179). A-tuotteista poiketen joko matemaattisesti tai manuaalisesti automatisoitu päätöksenteko on yleensä riittävää B-nimikkeille. Tämä luokka on nimikkeiden lukumäärältä suurempi ja euromääräisesti selkeästi pienempi, mikä tekee kompleksisista ja tappiin asti optimoidusta varastonohjauksesta vähemmän houkuttelevaa. (Silver et al 1998, s. 316) B-luokan ohjauksessa voidaan karkeasti todettuna käyttää suurpiirteisempää versiota A-luokan ohjauksesta.

3.1.3 C-nimikkeet

Niin sanotun häntäpään luokassa nimikkeitä on tyypillisesti paljon, mutta niiden euromääräinen käyttö on pientä. C-nimikkeet ovat yksittäin tarkasteltuna usein lähes merkityksettömiä, mutta suuren määrän vuoksi niillekin on käytettävä sopivaa yksinkertaista ohjausta. Säästöpotentiaali ei kuitenkaan ole suuri, joten ohjaus kannattaa suunnitella mahdollisimman kevyeksi ja pienitöiseksi. (Silver et al. 1998, s. 358-359) Perinteinen euromääräisen käytön mukaan luokittelu saa kaikki C-nimikkeet näyttämään lähes merkityksettömiltä, sillä se ei ota huomioon näiden nimikkeiden mahdollista tukiroolia tarjoomassa. Tukirooli voi liittyä joko asiakaspalveluun, jolloin nimikettä myydään tärkeälle asiakkaalle tai muihin tuotteisiin, jolloin C-nimikettä käytetään osana tärkeämpää kokonaisuutta. Tarjoomaa tukevilla nimikkeillä on hyvä pitää yllä riittävää palvelutasoa. (Huiskonen et al. 2005, s. 141-142)

C-luokan nimikkeillä, joiden menekki on tasaista, usein pieniä ja halpoja kappaleita, voidaan käyttää ohjaukseen seuraavia periaatteita. (Fogarty et al. 1991, s. 179.)

1. Perussääntö on, että niitä löytyy aina.
2. Varastosaldojen ylläpito ei ole välttämätöntä ollenkaan. Sen sijaan voidaan käyttää fyysistä varastonohjausta, esimerkiksi kaksilaatikkojärjestelmää
3. Suuret täydennyseräkoot ja varmuusvarastot
4. Varastoidaan niin, että ne ovat helposti saatavilla
5. Varastosaldo määritellään muutaman kerran vuodessa. Yksikkönä voidaan usein käyttää kilogrammoja, eikä kappaleita (punnitseminen laskemisen sijaan).

Yritysten varastoissa on usein myös merkittävä osa nimikkeitä, joilla ei ole minkäänlaista käyttöä viimeisen vuoden aikana. Joillain toimialoilla tällaisia

nimikkeitä voi olla jopa puolet varastonimikkeistä. Nämä nimikkeet ovat automaattisesti ylimääräistä varastoa. Myös hitaasti liikkuvia nimikkeitä voi olla varastossa useiden vuosien tarpeeseen. Syitä ylimääräisen varaston kertymiseen ovat tyypillisesti massatuotantoajattelusta johtuvat ylisuuret valmistuserät, kysynnän yliarviointi, teknologian vanhentuminen, inhimilliset virheet ynnä muu sellainen. Oli syy mikä tahansa, on tärkeää kyetä tunnistamaan nimikkeet, joilla on liikaa varastoa ja päättämään toimenpiteistä, joilla varastosta päästään eroon. Alla on listattu toimenpiteitä ylimääräisen varaston hävittämiseen.

1. *Käyttö muuhun tarkoitukseen.* Joitain nimikkeitä voidaan pienellä vaivalla muuntaa menevämmäksi nimikkeeksi, esimerkiksi maalaamalla kappale uudelleen suositummalla värillä.
2. *Siirto toiseen varastoon.* Jos nimikettä varastoidaan useammassa paikassa, voi sillä olla käyttöä toisessa varastossa.
3. *Käyttö markkinointitarkoituksessa.* Ylimääräistä varastoa voidaan jakaa kylkiäisenä muiden nimikkeiden ohella tai jakaa asiakkaille ilmaisia näytekappaleita.
4. *Alennukset.* Hintaa alentamalla nimikkeelle voidaan luoda lisää kysyntää.
5. *Palautus toimittajalle pientä korvausta vastaan.* Toimittajat joskus ostavat ylimääräistä varastoa takaisin asiakkaalta alkuperäistä hankintahintaa alhaisemmalla hinnalla.
6. *Huutokauppa.* Hyvä tapa saada ylimääräisestä varastosta edes pieni korvaus
7. *Kierrätys tai romutus.* Viimeinen vaihtoehto on romuttaa ylimääräinen varasto. Jos materiaaleilla on kierrätysarvoa, kuten esimerkiksi metalliosilla, varasto kannattaa myydä romunkauppiaalle, jolloin vältytään jätteenkäsittelymaksuilta ja saadaan varastosta myös pieni korvaus.

Sisäinen uusiokäyttö, kohdat 1 ja 2, on usein parempi vaihtoehto kuin ulkoisille markkinoille myyminen. Ylimääräisen varaston hävittäminen on usein hidasta, joten aikataulun suunnittelu ja seuranta on paikallaan. On myös muistettava, että varaston hävittäminen aiheuttaa alaskirjauksen vaihto-omaisuudessa, mikä vaikuttaa yrityksen tulokseen. (Silver et al. 1998, s. 367, 371-372)

3.1.4 ABC-XYZ –analyysi

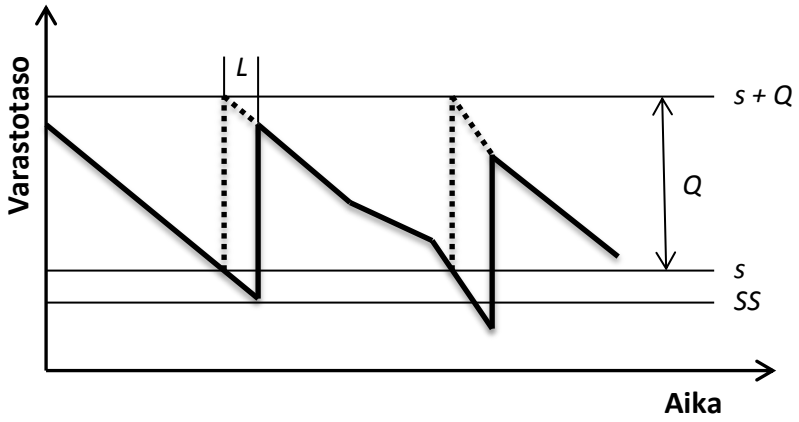
ABC-analyysin lisäksi toinen yleinen varastonimikkeiden luokittelutekniikka on XYZ-analyysi, jossa nimikkeitä luokitellaan käytön tasaisuuden mukaan:

- X: Käyttö on tasaista ja heilahtelut satunnaisia
- Y: Voimakasta heilahtelua käytössä, trendi kuitenkin havaittavissa
- Z: Käyttö täysin epäsäännöllistä

XYZ-analyysiä käytetään usein tukemaan ABC-analyysiä, jolloin saadaan muodostettua luokittelumatriisi (AX, BX, CX, AY, BY, CY, AZ, BZ, CZ). (Schloz-Reiter et al. 2012, s. 445-446) Toinen ulottuvuus tuo esiin luokkien sisäisiä eroja nimikkeissä. Esimerkiksi A-luokka voi sisältää nimikkeitä, joiden yksikköhinta on alhainen, mutta pääsevät A-luokkaan suuren volyymin vuoksi. Vastaavasti A-nimikkeellä voi olla vähäistä ja satunnaista käyttöä, mutta korkean yksikköhintansa vuoksi se päätyy A-luokkaan. XYZ-dimension ansiosta nämä nimikkeet voidaan erotella AX- ja AZ-luokkiin.

3.2 Tilauspistejärjestelmä

Kun nimikkeet on luokiteltu, on aika miettiä näiden luokkien varastonohjaustapaa. Tarkoitus on määrittää milloin varastotäydennyksiä tehdään ja mikä on täydennyseräkoko. Ohjaustapoja on lukuisia erilaisia, mutta yksi yleisimmistä on tilauspistejärjestelmä. Kun varastotaso laskee alle tilauspisteen s, tehdään täydennystilaus kiinteällä eräkoolla Q (Kuvio 4). Tilauspistejärjestelmästä on olemassa muitakin variaatioita. Työssä esitelty versio on tilauspistejärjestelmä kiinteällä eräkoolla, eli (s, Q) -järjestelmä. Toinen versio on niin sanottu min-max -järjestelmä, tai (s, S) -järjestelmä, jossa varastolle määritellään maksimitaso S, jonka mukaan määräytyy myös täydennyseräkoko. (Silver et al. 1998, s. 237-238)



Kuvio 4. Tilauspistejärjestelmä (mukaillen Silver et al. 1998 , s. 239, 250)

Q = Täydennyseräkoko

s = Tilauspiste

SS = Varmuusvarastotaso

L = Täydennysviive, joko tuotannon läpimenoaika tai toimitusaika

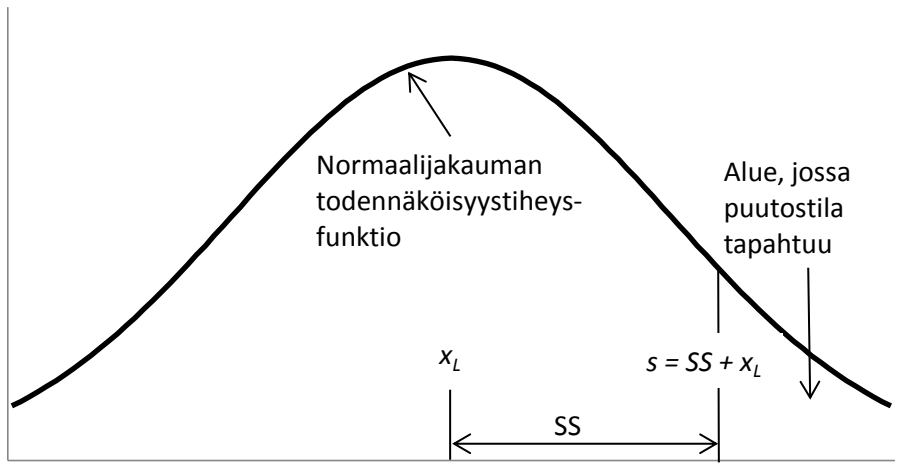
(*s, Q*) -järjestelmän, jota tässä työssä tarkoitetaan tilauspistejärjestelmällä, hyötyjä ovat sen yksinkertaisuus. Pelkistetyimmässä muodossaan se toimii kaksilaatikkojärjestelmänä, jossa *Q* ja *s* ovat molemmat yksi laatikko. Myös myöhemmin esitelty kanban-jäjestelmä on pohjimmiltaan tilauspistejärjestelmä. Kiinteä eräkoko hyödyttää erityisesti tuotantoa, sillä materiaali- ja resurssivaatimukset ovat paremmin ennakoitavissa. Tilauspistejärjestelmän suurimpia heikkouksia ovat tilanteet, joissa merkittävästi eräkokoa suurempi tilaus laukaisee tilausimpulssin. Tällöin eräkoko ei riitä nostamaan varastotasoa yli tilauspisteen. Näissä tilanteissa voidaan luonnollisesti käyttää eräkoon monikertoja täydennystilausta tehdessä. (Silver et al. 237-238)

3.2.1 Täydennyseräkoon määrittäminen

Tilauspistejärjestelmää varten tulee aluksi määrittää parametrit *s* ja *Q*. Täydennyseräkoon *Q* määrittämiseen on esitelty tapoja jo aiemmissa kappaleissa. ABC-analyysin A-nimikkeiden yhteydessä mainittiin, että tärkeille nimikkeille eräkoon määrittämiseen voi olla kannattavaa käyttää matemaattista lähestymistapaa. Tähän voidaan käyttää apuna esimerkiksi edellisessä luvussa esiteltyä optimaalisen eräkoon kaavaa. EOQ-kaavan yhteydessä tosin mainittiinkin, että osa sen parametreista on vaikea määrittää tarkasti, mikä vähentää luotettavuutta kaavan tuloksiin. EOQ-kaavan pyörittely eri parametreilla voi silti toimia hyvänä apuna eräkoon suuruusluokan määrityksessä. A-nimikkeiden yhteydessä mainittiin myös, että suurimmalle osalle nimikkeistä eräkoko voidaan määrittää yksinkertaisesti vastaamaan tietyn aikajakson, esimerkiksi yhden, kahden tai kuuden kuukauden, keskimääräistä käyttöä.

3.2.2 Tilauspisteen määrittäminen

Tilauspisteen *s* määrittämiseksi on määriteltävä varmuusvaraston *SS* taso, sillä kuvion 4 mukaisesti tilauspiste *s* on varmuusvarasto *SS* plus täydennysviiveen *L* aikainen ennustettu kysyntä x_L. Varmuusvaraston määrittämiseen on useita eri tapoja. Tässä työssä käytetään asiakaspalveluun perustuvaa määrittelytapaa. Nimikkeille määritellään palveluaste, eli todennäköisyys *P*, jolla puutostilanteita ei ilmene täydennyssyklin aikana (Kuvio 5). Tässä työssä varmuusvaraston määrityksessä on käytetty normaalijakaumaa, sillä se vastaa hyvin todellisuutta ja on myös teknisesti helppo toteuttaa. (Silver et al. 1998, s. 245, 272)



Kuvio 5. Normaalisti jakautunut käytön heilahtelu. (Silver et al. 1998, s. 254)

Varmuusvaraston määrittämiseksi tulee tietää halutun palveluasteen P ja täydennysviiveen aikaisen ennustetun kysynnän x_L lisäksi myös täydennysviiveen aikainen hajonta σ_L. Näillä parametreilla saadaan laskettua nimikkeelle valittua palveluastetta vastaava varmuusvarasto. Tässä työssä laskentaan on käytetty MS Excel –taulukkolaskentaohjelmaa, josta löytyy tähän tilanteeseen sopiva funktio NORMAALI.JAKAUMA.KÄÄNT(P,x_L,σ_L). (mukaillen Silver et al. 1998, s. 266-267) Alla on laskettu varmuusvarasto esimerkkiluvuilla nimikkeelle, jonka vuosikäyttö on 41600 kappaletta, toimitusaika kaksi viikkoa ja haluttu palveluaste on 95 %.

$$SS = NORMAALI.JAKAUMA.KÄÄNT(P, x_L, \sigma_L)$$

$$SS = NORMAALI.JAKAUMA.KÄÄNT(95\ \%, 1600\ kpl, 555\ kpl)$$

$$SS = 2550\ kpl$$

Tästä saadaan laskettua myös tilauspiste lisäämällä varmuusvarastoon täydennysviiveen aikainen ennustettu kysyntä.

$$s = SS + x_L$$

$$s = 2550\ kpl + 1600\ kpl = 4150\ kpl$$

3.3 Varaston suorituskyvyn mittaaminen

Varaston suorituskykyä arvioinnissa on kaksi pääkriteeriä: saavutettu palvelutaso ja sen siihen vaadittu varastoinvestointi (Fogarty et al. 1991, s. 165). Molempien kriteereiden mittaamiseen löytyy monia eri tapoja, joita on kuvattu tässä kappaleessa.

Palvelutason mittarit voidaan edelleen jakaa suhteellisiin ja absoluuttisiin mittareihin. Suhteellisia mittareita ovat muun muassa: (Fogarty et al. 1991, s.165-166)

1. *Ajallaan toimitetut tilaukset.* Mitataan kokonaisuudessaan ja ajallaan lähteneiden toimitusten osuutta kaikkiin toimituksiin. Tämä on hyvä mittari ulkoisen asiakkaan kokemasta palvelutasosta. Jos toimitukset ovat euromääräisesti kovin eriarvoisia, voi olla virheen minimoimiseksi järkevää painottaa toimitukset niiden arvon mukaan.
2. *Ajallaan toimitetut tilausrivit.* Tämä mittari vie edellisen mittarin tarkemmalle tasolle ottaen huomioon osatoimitukset, mutta ei toisaalta ota huomioon saako asiakas kaikki tilaamansa tavarat ajallaan. Lisäksi tilausrivien mittaaminen on työläämpää kuin tilausten mittaaminen.
3. *Ajallaan toimitetut kappaleet.* Tällä mittarilla päästään käsiksi tilausrivien määriin, mutta se voi olla harhaanjohtavaa jos kappaleet ovat rahallisesti eriarvoisia. Lisäksi työmäärä lisääntyy edelliseen kohtaan verrattuna.
4. *Ei puutetilannetta täydennyssyklillä.* Tämä on toteutuma tilauspistejärjestelmän palveluasteesta, eli kuinka suuri osuus täydennyssykleistä selvittiin ilman puutetilannetta.

Edellä mainitut suhteelliset mittarit pohjautuvat absoluuttisiin mittareihin, kuten myöhästyneiden toimitusten tai tilausrivien määrä vuodessa. Suhteellista mittaria vastaavalla absoluuttisella mittarilla on myös samat hyvät ja huonot puolet.

Hyödyllinen absoluuttinen mittari, joka ei liity edellä mainittuihin suhteellisiin mittareihin, on materiaalin puutteesta johtuva odotusaika tuotannossa. Tällä voidaan mitata raaka-aine- ja puolivalmistevaraston tehokkuutta, jolloin asiakkaana on yrityksen oma tuotanto. (Fogarty et al. 1991, s. 167)

Myös varastoinvestointiin, eli varastoon sitoutuneeseen pääomaan voidaan käyttää suhteellisia ja absoluuttisia mittareita. Varastoon sitoutunut pääoma on tässä yhteydessä käytännössä ainoa absoluuttinen mittari. Varaston arvoa voi ja pitääkin verrata edellisten aikajaksojen lukuihin sekä peilata budjetoitua varaston arvoa toteutuneisiin lukuihin. Kun varaston arvo on määritetty, voidaan laskea myös suhteellisia mittareita, joista käytetyin on varaston kiertonopeus. Alla on esitetty kolme variaatiota varaston kiertonopeudesta. (Fogarty et al. 1991, s. 172-174)

$$Varaston\ kiertonopeus = \frac{Omakustannushintainen\ myynti}{Keskivaraston\ arvo}$$

$$Dynaaminen\ kiertonopeus = \frac{Viimeisen\ 3kk\ omakust.myynti * 4}{Varaston\ arvo\ laskentahetkellä}$$

$$Ennustettu\ kiertonopeus = \frac{Ennustettu\ omakust.myynti}{Keskivaraston\ arvo}$$

4 TUOTANNONOHJAUKSEN TYÖKALUJA JA TEKNIIKOITA

Tässä luvussa esitellään tuotannonohjaukseen liittyviä työkaluja ja tekniikoita. Edellisessä luvussa käytiin läpi varastonohjaukseen liittyviä asioita. Nyt tarkastellaan asiaa tuotannon näkökulmasta. Seuraavaksi esitelty kanban-systeemi on helppo ja tehokas tapa ohjata tuotantoa silloin kun kysyntä on tasaista ja volyymi suurta. Se ei kuitenkaan sovellu sellaisenaan tilanteisiin, joissa kysyntä vaihtelee. Tässä luvussa esitellään myös tapoja huomioida kysynnän sesonkivaihtelut tuotannonohjauksessa.

4.1 Kanban-ohjaus

Aito yksiosainen virtaus olisi systeemi, jossa varastoja ei pidettäisi lainkaan ja tarvittava määrä tavaraa ilmestyy juuri silloin kun asiakas sitä tarvitsee. Toyota on saavuttanut omassa tuotannossaan parhaimmillaan yksiosaisen virtauksen yksittäiseen tuotantosoluun, joka valmistaa tarvittavaa tuotetta täsmälleen sillä hetkellä kun sitä tarvitaan. Yleensä kuitenkin prosessien pitkät välimatkat ja vaihteleva läpimenoaika tekevät aidon yksiosaisen virtauksen mahdottomaksi. Tällöin seuraavaksi paras vaihtoehto on Toyotan kanban-järjestelmä. (Liker 2010, s.108)

Nimi kanban on japania ja tarkoittaa korttia tai signaalia. Yksinkertaisimmillaan se on kortti, jolla prosessin asiakas antaa prosessille impulssin toimittaa lisää tavaraa. Kanban voi olla fyysiseltä olemukseltaan mitä tahansa, esimerkiksi värikoodattuja pingispalloja. Kanbaneita on myös eri tyyppejä:

1. *Kuljetus-kanban.* Tällä viestitään edelliseen vaiheeseen, että materiaalia voidaan ottaa vastaan ennalta määrättyyn paikkaan. Tällaiset kanbanit

sisältävät tyypillisesti tietoa nimikkeen nimestä ja numerosta sekä toimitusmäärästä ja -paikasta.

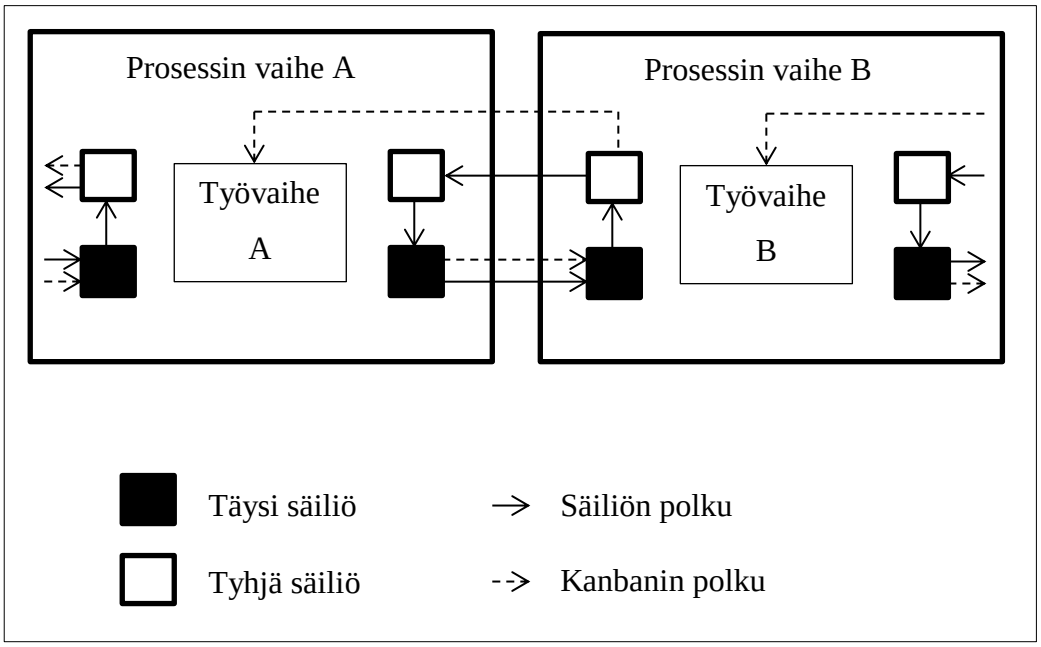
2. *Tuotanto-kanban.* Tuotannolle viestitään tarpeesta tuottaa lisää tavaraa varastoon. Tämä kanban voi sisältää edellisen kohdan tietojen lisäksi vielä tarvittavat materiaalit ja tuotannon työvaiheet.
3. *Täydennys-kanban.* Luonteeltaan samanlainen kuin kuljetus-kanban, mutta käytetään yleensä ulkoisen toimittajan kanssa

Oli kanban mitä tyyppiä tahansa, on sen toimintaperiaate sama. Kanbanin vastaanotto laukaisee impulssin tuottaa tai toimittaa ennalta määritellyn määrän tavaraa. Kanbaneita voidaan vastaanottaa myös useita yhdellä kerralla, jolloin luonnollisesti toimitetaan tai tuotetaan jokaista vastaanotettua kanbania vastaava määrä. Kanbanin ei tarvitse olla erillinen fyysinen objekti. Hyviä kanbaneita ovat esimerkiksi lattiaan merkityt alueet, jolloin tyhjä alue toimii täydennysimpulssina tai tuotteen kuljetussäiliö (kuormalava, laatikko, häkki yms.), jolloin tyhjä säiliö toimii impulssina. (Slack et al. 2001, s. 494-495)

Systeemi ei kuitenkaan toimi kaikissa ympäristöissä – sellaisissakaan, joissa leanin filosofia on jo käytössä. Toimiakseen tehokkaasti, ovat seuraavat olosuhteet hyvä olla olemassa tai luoda: (Silver et al. 1998, s. 634-635)

1. Työntekijöiden motivaatio ja molemminpuolinen luottamus työnjohdon kanssa ovat tärkeitä, sillä työntekijät saavat paljon uutta vastuuta.
2. Monitaitoinen työvoima tuo joustavuutta aikataulutukseen.
3. Hyvät toimittajasuhteet mahdollistavat yhteisen kehityksen kautta muun muassa pienemmät eräkoot, nopeammat toimitukset ja tasaisemman toimitusaikataulun (Chapman 1989, s. 2004-2005).
4. Korkea laatu vähentää laatuvirheiden aiheuttamia tuotantokatkoksia. Huono laatu heikentää tuotannon suorituskykyä hukkaamalla tuotantokapasiteettia (Zipkin 1995, s. 348).

5. Lyhyet asetusajat ja niiden mahdollistamat pienet eräkoot lisäävät kiertonopeutta pienentämällä keskimääräistä varastoa ja reaktionopeutta laatuongelmiin.
6. Laitteiston luotettavuus mahdollistaa systeemin toimimisen pienellä varastolla.
7. Tasainen pitkän aikavälin valmistusohjelma mahdollistaa myös tasaisen päivittäisen tuotannon.
8. Suuri volyymi ja toistuva tuotanto ovat tarpeellisia, sillä se todennäköisesti edistää kaikkia edellä mainittuja edellytyksiä.
9. Pieni ylimääräinen kapasiteetti auttaa systeemiä selviämään kysynnän vaihteluista pienemmällä varastolla. Tämä antaa myös työntekijöille aikaa hyödyntää luovuuttaan ja asiantuntemustaan hukan poistamiseksi.



Kuvio 6. Kanban-systeemin toiminta (mukaillen Slack et al. 2001, s. 496)

Yllä on kuvattu systeemin toimintaa. Kun vaihe B saa impulssin valmistaa tavaraa, se ottaa raaka-ainetta täydestä säiliöstä. Säiliön tyhjennyttyä vaihe B lähettää tyhjän säiliön ja kanbanin, voi olla erillinen kortti tai säiliö itse, takaisin

vaiheeseen A. Nyt vaihe A on saanut käskyn tuottaa yhden täyden säiliön verran tavaraa. Tämä jatkuu edelleen eteenpäin alavirtaan vaiheesta A. Systeemi näyttää piirrettynä hieman monimutkaiselta, mutta käytännössä se on osoittautunut yksinkertaiseksi ja läpinäkyväksi tavaksi tuottaa materiaalia vain tarpeeseen ja estää näin ylivaraston kertymistä. Kierrossa mukana olevien kanbanien määrä kertoo suoraan varaston maksimitason ja korttien määrää säätelemällä voidaan säädellä myös kyseisen nimikkeen varastotasoa. Alla on vielä vedetty yhteen kanban-systeemin pelisääntöjä: (Slack et al. 2001, s. 495-496)

1. Jokaisella kierrossa olevalla säiliöllä on oltava oma kanban (voi olla säiliö itse), josta käy ilmi nimikkeen tiedot ja lukumäärä.
2. Prosessin seuraava vaihe kutsuu/noutaa aina tavarat.
3. Mitään tuotantoa ei aloiteta ilman kanbania.
4. Kaikissa säiliöissä on täsmälleen ennalta määritelty määrä tavaraa.
5. Viallista tavaraa ei lähetetä seuraavaan vaiheeseen.
6. Eräkoon on oltava täsmälleen se, mitä kanbaniin on määritelty.
7. Kehitystavoitteiden on oltava kohti kanbanien määrän vähentämistä.

4.2 Kapasiteetin suunnittelu

Kapasiteetin suunnittelun rooli on auttaa tuotantoa vastaamaan sille asetettuihin vaatimuksiin, esimerkiksi kysynnän vaihteluihin. Pitkällä tähtäimellä tämä tarkoittaa strategisia päätöksiä kapasiteetti-investoinneista tai -myynneistä. Tässä kappaleessa käsitellään kapasiteetin suunnittelua lyhyemmällä aikavälillä, jolloin on toimittava nykyisen kapasiteetin asettamissa rajoissa. Tämä tarkoittaa kysyntäennusteiden arviointia noin vuoden päähän, jolloin esimerkiksi konetuntien määrää voidaan säädellä tarpeen mukaan. Kapasiteetin suunnittelu voidaan jakaa karkeasti kolmeen vaiheeseen: (Slack et al. 2001, s. 339-341)

1. Mittaa ennustettu kokonaiskysyntä ja kapasiteetti
2. Tunnista vaihtoehtoiset suunnitelmat kapasiteetille

3. Valitse paras suunnitelma

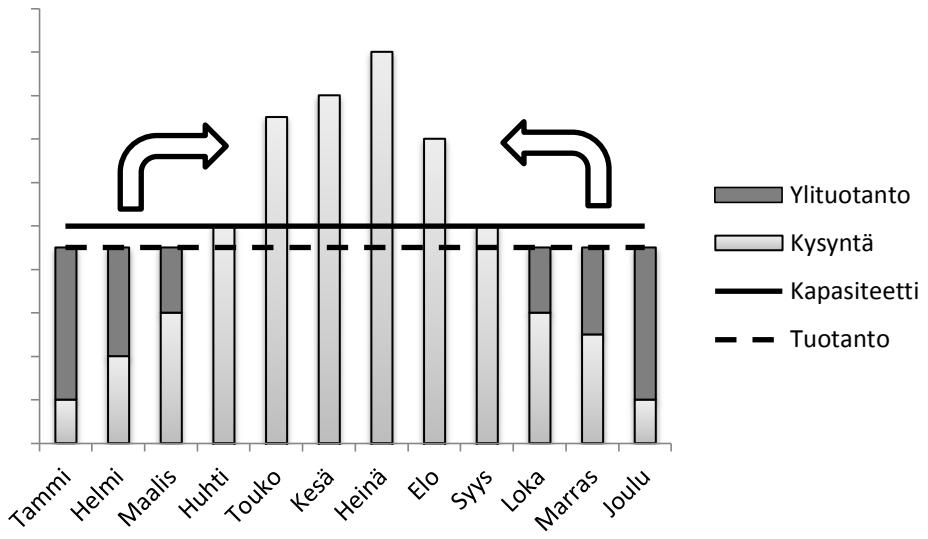
Kysynnän ennustaminen on yleensä myynnin ja markkinoinnin vastuulla. Sillä on kuitenkin merkittävä rooli kapasiteetin suunnittelussa, joka on yleensä tuotannon johdon vastuulla. Tuotannon on siis hyvä ymmärtää logiikka käytetyn ennusteen takaa, jolloin sitä voidaan muokata paremmin kapasiteetin suunnittelua varten. Kapasiteetin näkökulmasta ennusteen olisi hyvä täyttää seuraavat vaatimukset: (Slack et al. 2001, s. 340-341)

1. *Sopivat yksiköt.* Euromääräinen ennuste ei välttämättä kerro oikeaa asiaa kapasiteetin näkökulmasta. Ennuste olisi hyvä pystyä muuntamaan kapasiteetin suunnittelussa käytettyyn yksikköön, esimerkiksi konetyötunneiksi.
2. *Mahdollisimman tarkka.* Kysyntä voi poiketa ennusteesta hetkessä, mutta kapasiteetin muutos seuraa aina viiveellä, sillä tuotanto-ohjelmia joudutaan lyömään lukkoon etukäteen. Tarkka ennuste auttaa tuotantoa vastaamaan paremmin toteutuneeseen kysyntään.
3. *Arvio epävarmuudesta.* Absoluuttisen tarkkaan ennusteeseen on mahdotonta päästä, joten on tärkeää arvioida myös millaista vaihtelua ennusteeseen on odotettavissa. Tämä vaikuttaa esimerkiksi siihen kuinka paljon kapasiteetti on tarve pitää reservissä.

Monissa organisaatioissa kapasiteetin suunnittelu koostuu suurimmaksi osaksi kysynnän sesonkivaihteluista. Nämä vaihtelut ovat yleensä melko hyvin ennustettavissa. Epävarmuutta sesongin ennustamiseen luo tyypillisesti muutokset sää- ja markkinatilanteessa. Tyypillinen aikajänne sesonkivaihteluita käsiteltäessä on kalenterivuosi, esimerkiksi talviaika, etenkin joulu- ja hiihtolomat, hiihtokeskuksissa. Ennustettavaa sesonkivaihtelua voi esiintyä myös lyhyemmällä aikavälillä, kuten lounasaika ravintolassa arkipäivinä tai viikonloput elokuvateattereissa. Sesonkivaihtelun hallinnassa on kolme vaihtoehtoa, joita voi käyttää yksittäin tai yhdistellen: (Slack et al. 2001, s. 342-343, 348-355)

1. *Kapasiteetin tasoittaminen.* Kysynnän vaihtelut voidaan jättää näennäisesti huomioimatta asettamalla kapasiteetti kiinteälle tasolle koko suunnittelujakson ajaksi. Tuotantomäärät pysyvät samana kysynnän vaihtelusta huolimatta ja hyvin säilyviä tuotteita voidaan tuottaa varastoon ennakoimaan kapasiteetin ylittävää kysyntää (Kuvio 7). Tämän mallin hyviä puolia ovat henkilökunnan tasainen työllistäminen, kapasiteetin korkea käyttöaste sekä yleensä korkea tuottavuus pienillä yksikkökustannuksilla. Huonona puolena on varaston kertyminen ja sen sitoma pääoma. Suurin ongelma tässä mallissa on kuitenkin päättää mitä nimikkeitä tuotetaan varastoon. Nimikkeiden tulisi olla sellaisia, joilla varmasti on menekkiä tulevaisuudessa. Mainittakoon vielä, ettei tämä malli luonnollisesti sovi huonosti varastoituvalle tavaralle, kuten elintarvikkeille.
2. *Kysynnän seuraaminen.* Edellisen mallin vastakohta on malli, jossa pyritään sovittamaan kapasiteettia mahdollisimman tarkasti ennustettujen kysynnän muutosten mukaan. Tämä on huomattavasti kapasiteetin tasoittamista vaikeampaa, sillä kysynnän seuraaminen vaatii muutoksia henkilöstömäärissä, työvuoroissa ja jopa koneiden määrässä. Kapasiteettia voi säädellä muun muassa teettämällä ylitöitä, vuokraamalla työvoimaa tai käyttämällä alihankkijoita oman tuotannon ohella. Henkilöstömäärän jatkuvaa muuttamista, eli palkkaamista ja irtisanomista pidetään kuitenkin epäeettisenä. Puhdasta kysynnän seuraamista käytetäänkin harvoin sellaisenaan jos tuotteet ovat hyvin varastoitavia. Tämä malli sopiikin sellaisenaan paremmin palveluiden maailmaan, sillä niitä ei voi tuottaa ennakkoon varastoon. Vastaavasti kapasiteetin pitäminen huippukysynnän tasolla jatkuvasti ei olisi kustannustehokasta.
3. *Kysyntään vaikuttaminen.* Tasainen ja yhtenäinen kysyntä tekisi tämän tason kapasiteetin suunnittelusta käytännössä tarpeetonta. Monet yritykset yrittävätkin ohjata kysyntää huippujaksoilta hiljaisemmille jaksoille. Tämä voidaan tehdä joko kysyntää muuttamalla tai vaihtoehtoisilla tuotteilla. Etenkin palveluissa on tyypillistä, että kysyntää pyritään muuttamaan hinnoittelemalla hiljaiset jaksot edullisemmaksi. Yritykset voivat myös

yrittää kehittää olemassa olevilla resursseille sopivia tuotteita tai palveluita, joiden kysyntä painottuisi hiljaisille kausille, esimerkiksi monet hiihtokeskukset hyödyntävät hissejä ja rinteitä alamäkipyöräilyyn kesäkausilla.



Kuvio 7. Kapasiteetin tasoittaminen ja ennakointivaraston kertyminen (Slack et al. 2001, s. 350)

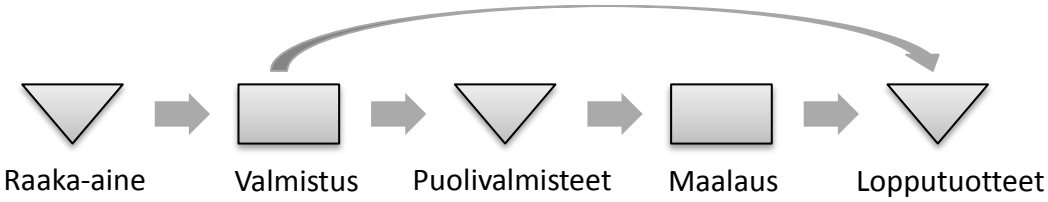
Monissa yrityksissä on tavoitteena yhtä aikaa pienentää kustannuksia ja varastoja, minimoida sitoutunutta pääomaa ja silti toimia joustavasti ja asiakaslähtöisesti. Siksi monissa yrityksissä käytetäänkin elementtejä kaikista yllä mainituista malleista. (Slack et al. 2001, s. 355)

5 KOHDEYMPÄRISTÖ

Kohdeyritys on metalliteollisuuden pk-yritys, jonka erityisosaaminen on ohutlevytuotteissa. Muita vahvuuksia yrityksellä ovat sen pitkä historia ja tunnettavuus alalla sekä vahva ja arvostettu brändi. Sen päämarkkina-alueita ovat kotimaan lisäksi muut Pohjoismaat, Baltia sekä Venäjä. Yrityksen liikevaihto pyörii kymmenen miljoonan alapuolella. Huippuvuosina liikevaihto on ylettynyt lähelle kymmentä miljoonaa, mutta heikentynyt taloustilanne ja etenkin Venäjän poliittisen tilanteen vaikutus vientiin ovat aiheuttaneet pientä laskua viime vuosien liikevaihdossa. Tässä luvussa keskitytään kuvaamaan tarkemmin yrityksen sisäistä tehokkuutta tuotannon ja varastojen osalta.

5.1 Tuotannon ja varaston nykytila kohteessa

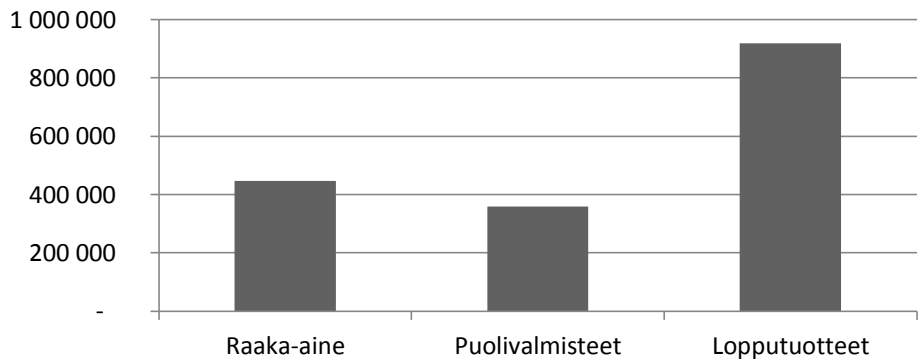
Alla on kuvattu kohdeyrityksen tuotantoprosessi. Tavara saapuu raaka-ainevarastoon, josta sitä käytetään valmistuksen tarpeeseen. Tuotteet seuraavat pääosin kahta polkua raaka-aineesta lopputuotteeksi. Suurin osa tuotteista maalataan, jolloin ne valmistetaan maalausta vaille valmiiksi puolivalmisteiksi. Maalaamo käyttää raaka-aineena tällöin puolivalmiita varastonimikkeitä. Osa tuotteista tehdään valmiiksi värjätystä pellistä, jolloin niitä ei enää maalata eikä myöskään varastoida puolivalmisteina.



Kuvio 8. Kohdeyrityksen tuotantoprosessi

Varastosaldoja ylläpidetään toiminnanohjausjärjestelmällä ja varastoja myös ohjataan järjestelmästä löytyvällä (*s*, *Q*) -tilauspistejärjestelmällä. Varasto toimii teknisesti hyvin. Saldot ovat ajan tasalla kaikilla vähänkin liikkuvilla nimikkeillä. Satunnaisia saldovirheitä ilmenee muiden virheiden seurauksena ja CZ-luokan nimikkeillä saldot eivät aina pidä täysin paikkaansa. Lähtökohtaisesti varastosaldoihin voi kuitenkin luottaa, eikä kokonaisuuksien tarkastelussa tehdä suurta virhettä jos saldot oletetaan absoluuttisen tarkoiksi.

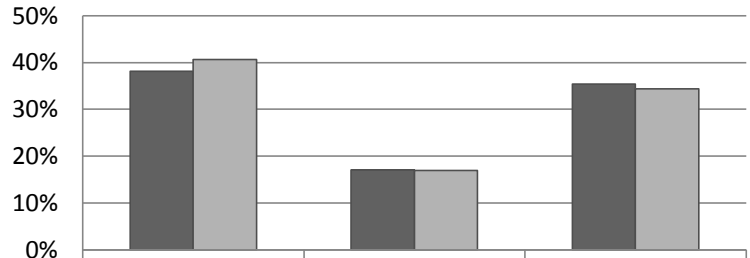
Varastoista suurin osa koostuu lopputuotevarastosta (Kuvio 9). Raaka-aineilla ja puolivalmisteilla puolestaan varastoa on molemmilla hieman alle puolet lopputuotevaraston arvosta. Työn kehitystoimet vaikuttavat ensisijaisesti lopputuotevarastoon ja puolivalmisteisiin. Raaka-ainevaraston kehittämiselle ei nähty tarvetta tämän työn puitteissa. Lisäksi raaka-aineen luonteesta ja kohdeyrityksen käyttämistä volyymeistä johtuen raaka-ainevaraston tehokkuutta on huomattavasti vaikeampi lisätä verrattuna lopputuotteisiin ja puolivalmisteisiin.



Kuvio 9. Kohdeyrityksen euromääräiset keskivarastot

Lähtötilanteessa varaston kiertonopeus on 3,1. Tämä on sekä kirjoittajan että yrityksen edustajien mielestä liian heikko ja parannusta kaivataan. Kiertonopeutta voi kasvattaa joko kasvattamalla myyntiä tai pienentämällä varastoja, joista

jälkimmäiseen yrityksellä itsellään on paremmat mahdollisuudet vaikuttaa. Yrityksessä seurataan myös toimitusvarmuutta, joka on tällä hetkellä sellaisella tasolla, ettei parantamiseen ole painetta. Tällöin tavoitteeksi jää pienentää varastoja säilyttäen nykyinen toimitusvarmuus.



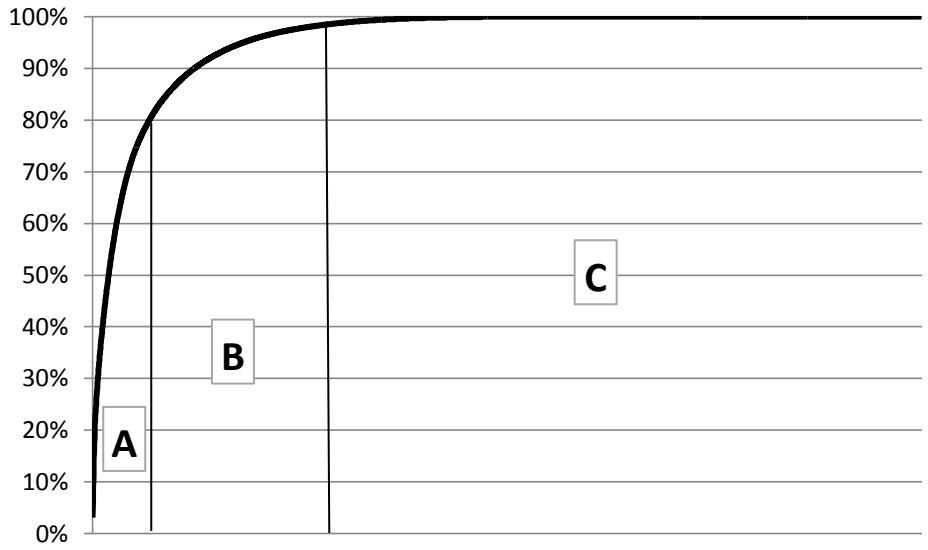
	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3
Osuus käytöstä	38%	17%	35%
Osuus varastosta	41%	17%	34%

Kuvio 10. Käyttö ja varasto tuoteryhmittäin

Yrityksen tuotteet jakautuvat pääosin kolmen tuoteryhmään. Yllä on kuvattu ryhmien osuudet kaikesta käytöstä ja varastosta. Ryhmäkohtaiset kiertonopeudet ovat samaa luokkaa ja varastot ovat jakautuneet tuoteryhmien kesken lähes yksi yhteen käytön kanssa. Ryhmä 1 kuitenkin sisältää eniten nimikkeitä ja monella niistä ei ole ollut mitään käyttöä viimeiseen vuoteen. Myös ryhmät 2 ja 3 sisältävät tällaisia nimikkeitä, mutta ryhmä 1 on tuoterekisteriä tarkasteltaessa selkeästi sotkuisin ryhmä. Alihankintapainotteinen historia näkyy tuoterekisterissä siten, että yrityksellä on ollut tapana luoda asiakaskohtaisia nimikkeitä, joita kohdellaan tuotannonohjauksessa kuten muitakin nimikkeitä. Asiakaskohtaisilla nimikkeillä on omat varastopaikat ja ohjausparametrit. Tällainen toiminta on johtanut etenkin ryhmässä 1 suureen määrään nimikkeitä.

5.1.1 Nimikkeistön luokittelu kohdeyrityksessä

Yrityksessä ei ennen tätä työtä luokiteltu nimikkeitä systemaattisesti. Tapauskohtaista luokittelua on tehty kappalemääräisen menekin mukaan, mutta muuta tarkastelua ei ole tehty. Seuraavaksi esitellään nimikkeistön luokittelua työssä tehtyjen analyysien perusteella. Alla on esitetty lopputuotevaraston nimikkeille tehty ABC-analyysi, jossa nimikkeet on lajiteltu suuruusjärjestykseen niiden euromääräisen omakustannushintaisen käytön mukaisesti. Luokkien rajat valittiin siten, että A-luokka muodostaa ensimmäiset 80 % käytöstä, B-luokka seuraavat 18 % ja C-luokka viimeiset 2 %.



Kuvio 11. Lopputuotevaraston ABC-analyysi

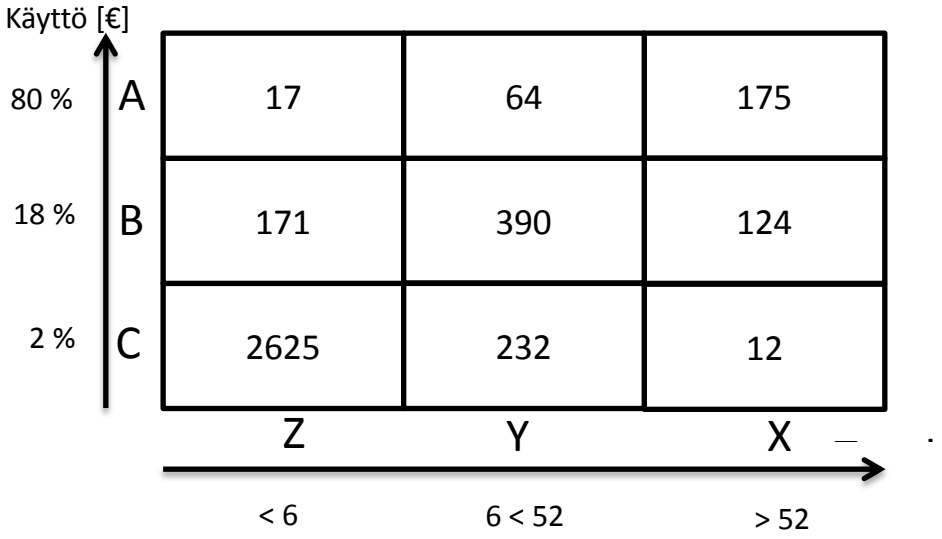
Kuten yllän olevasta kuvaajasta ja taulukosta 1 huomataan, nimikkeistön ABC-jakauma on jyrkkä. Vain neljännes yrityksen nimikkeistä muodostaa lähes kaiken menekistä. Tämä selittyy osaksi sillä, että nimikkeistöstä noin puolet on niin sanottuja kuolleita nimikkeitä, eli niillä ei ole ollut menekkiä viimeiseen vuoteen. Toisaalta yrityksellä on myös muutamia erittäin hyvin myyviä nimikkeitä. Jos A-luokan 256 nimikettä muodostavat 80 % menekistä, niin ensimmäiset 20

nimikettä muodostavat jo 25 % prosenttia menekistä. Yrityksellä on siis laaja tuoterekisteri, mutta liikevaihto tehdään huomattavasti kapeammalla valikoimalla. Tässä kohtaa täytyy muistaa, että C-nimikkeillä voi olla muuten kuin rahallisesti tärkeä rooli yrityksen tarjoomassa.

Taulukko 1. Lopputuotevaraston ABC-analyysi

	A	B	C	Yhteensä
Osuus varastosta	44 %	37 %	20 %	100 %
Osuus käytöstä	80 %	18 %	2 %	100 %
Osuus nimikkeistä	7 %	18 %	75 %	100 %
Nimikkeiden määrä	256	685	2869	3810
Kiertonopeus	5,7	1,5	0,3	3,1

Lisää tietoa nimikkeistä saadaan lisäämällä ABC-analyysiin toinen dimensio, XYZ-analyysi. Tässä työssä analyysi päätettiin toteuttaa tutkimalla nimikkeiden varasto-ottoja viimeisen vuoden ajalta ja luokittelemalla nimikkeet sen mukaan. X-luokan rajaksi asetettiin 52 tapahtumaan vuodessa, eli noin yksi tapahtuma viikossa, Y-luokassa tapahtumia on vähintään 6 vuodessa, eli noin kahden kuukauden välein ja Z-luokassa puolestaan alle 6 tapahtumaan vuodessa. Lisäämällä XYZ-analyysi ylhäällä esitettyyn ABC-analyysiin saadaan kuviossa 12 oleva matriisi, jossa on esitetty nimikkeiden lukumäärät kussakin luokassa.



Kuvio 12. Lopputuotevaraston ABC-XYZ -analyysi

AX-luokka on niin sanotusti paras luokka, sillä se tuo paljon liikevaihtoa ja kysyntä on tasaista. Kuten taulukosta 2 huomataan, suurin osa A-luokan menekistä tulee juuri AX-luokan nimikkeistä. Nämä nimikkeet koostuvat yrityksen kärkituotteiden suosituimmista väreistä ja ovat näkyvässä roolissa myös lattiatasolla. AX-nimikkeitä käsitellään päivittäin tuotannossa ja varastolla – onhan niiden euromääräinenkin käyttö reilusti yli puolet kaikesta käytöstä. AY-nimikkeet ovat pääasiassa erikoisversioita AX-tuotteista. Ne ovat joko väriltään, mitoiltaan tai ominaisuuksiltaan erikoisempia ja vähemmän kysyttyjä versioita kärkinimikkeistä. AZ-nimikkeet puolestaan sisältävät kalliista materiaalista, kuparista, tehtyjä versioita kärkinimikkeistä. Kuparinimikkeillä on muutamia tapahtumia vuodessa nimikettä kohden, mutta niiden korkea hinta nostaa ne A-luokkaan. Kiertonopeus luokassa A on keskimäärin alle 6, joka voisi olla hyväksyttävä koko lopputuotevaraston kierroksi, mutta ei A-nimikkeiden.

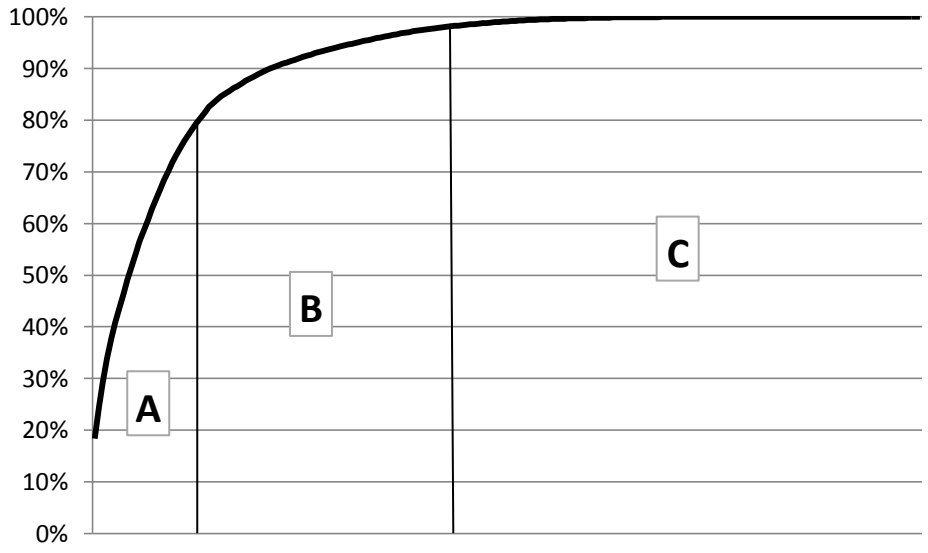
Taulukko 2. Lopputuotevaraston ABC-XYZ -analyysi

	Osuus varastosta	Osuus käytöstä	Osuus nimikkeistä	Nimikkeiden määrä	Kiertonopeus
AX	34 %	65 %	5 %	175	6,0
AY	8 %	11 %	2 %	64	4,3
AZ	2 %	4 %	0 %	17	8,0
BX	8 %	4 %	3 %	124	1,6
BY	20 %	10 %	10 %	390	1,6
BZ	8 %	3 %	4 %	171	1,2
CX	0 %	0 %	0 %	12	0,6
CY	4 %	1 %	6 %	232	0,6
CZ	16 %	1 %	69 %	2625	0,3
Yhteensä	100 %	100 %	100 %	3810	3,1

BX-nimikkeitä käytetään usein, mutta rahallisesti ne eivät ole kovin merkittäviä. Nämä nimikkeet ovatkin pääosin tukikomponentteja tuotekokonaisuuksille, joiden pääkomponentit ovat A-luokan nimikkeitä. BX-nimikkeet ovat muun muassa liitos-, kiinnitys- ja jatkokappaleita. BY-nimikkeet puolestaan ovat luonteeltaan samankaltaisia, kuin AY-nimikkeet, vähemmän kysyttyjä versioita AX-nimikkeistä. Ne ovat selkeästi itsenäisempiä nimikkeitä muodostaen omia tuotekokonaisuuksia erityisesti vähemmän suosituissa väreissä. Erikoisen värisissä nimikkeistä huomioitavaa on se, että ne käyttävät samoja puolivalmisteita kuin A-luokan nimikkeet, mikä on merkittävää varastonohjausta suunniteltaessa. BZ-nimikkeet ovat melko sekalainen luokka erikoisia nimikkeitä tuotteita ja värivaihtoehtoja.

CX-luokkaan kuuluu vain 12 nimikettä, jotka ovat luonteeltaan samanlaisia kuin BX-nimikkeet. Mukana on kiinnitystarvikkeita ja muita kappalehinnaltaan halpoja osia. CY-luokassa on joitain erikoisia tuotekokonaisuuksia luokan sisällä, mutta pääosin nämä nimikkeet ovat myös tukinimikkeitä muihin tuotekokonaisuuksiin. CX- ja CY-luokat edustavat vain pientä osaa kaikista C-luokan nimikkeistä. Suurin osa C-nimikkeistä kuuluu CZ-luokkaan. Myös suurin osa yrityksen koko tuoterekisteristä kuuluu CZ-luokkaan, lähes 70 %. Käytön osuus 1 % ja sitä vastaava varaston osuus 16 % prosenttia tarkoittavat käytännössä sitä, että varastossa makaa paljon liikkumatonta massaa. Tästä johtuu myös luokan heikko

kiertonopeus. CZ-luokan varastosta suurin osa on ylimääräistä varastoa, josta tulisi päästä eroon. Luokassa on myös ylimääräisiä nimikkeitä. Ääriesimerkkeinä mainittakoon, että tästä luokasta löytyy nimikkeitä, joilla on ollut käyttöä viimeksi kahdeksan vuotta sitten, mutta nimikkeitä on silti varastossa muutaman tuhannen euron edestä.



Kuvio 13. Puolivalmistevaraston ABC-analyysi

Myös puolivalmistevarastolle tehtiin oma ABC-analyysi. Yllä olevasta kuviosta huomataan, että puolivalmisteilla käyrä ei ole niin jyrkkä kuin lopputuotteilla. Myös nimikkeiden määrä on huomattavasti pienempi, vain 203 nimikettä. Lisäksi vain neljänneksellä nimikkeistä ei ole ollut käyttöä viimeisen vuoden aikana. Taulukosta 3 havaitaan, että varaston arvo on jakautunut nimikeluokille täsmälleen samassa suhteessa kuin lopputuotevarastossa. Pienemmästä seisovan varaston osuudesta johtuen puolivalmisteissa saavutetaan hieman parempi kiertonopeus kuin lopputuotevarastossa.

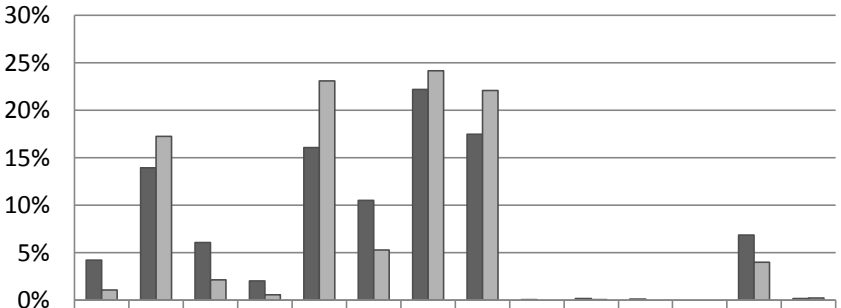
Taulukko 3. Puolivalmistevaraston ABC-analyysi

	A	B	C	Yhteensä
Osuus varastosta	43 %	37 %	20 %	100 %
Osuus käytöstä	80 %	18 %	2 %	100 %
Osuus nimikkeistä	13 %	27 %	60 %	100 %
Nimikkeiden määrä	27	55	121	203
Kiertonopeus	7,4	1,8	0,4	3,9

Puolivalmisteissa luokkien sisältämät nimikkeet seuraavat luonnollisesti lopputuotenimikkeitä. A-luokka koostuu menevimpien lopputuotteiden maalaamattomista puolivalmisteista. Puolivalmisteissa on mukana myös värivalmiita peltikeloja, jotka leikataan oikeaan leveyteen valmistusta varten ja varastoidaan puolivalmisteina. Näiden kelojen suosituimmat värit ovat myös mukana A-luokassa, sillä yhdestä kelanimikkeestä voidaan tehdä montaa eri lopputuotetta, mikä nostaa puolivalmisteen käyttöä.

5.1.2 Värianalyysi

Kuten tuotantoprosessin yhteydessä mainittiin, yritys käyttää puolivalmisteita, jotka se maalaa eri väreihin. Osa tuotteista puolestaan muovataan värivalmiista pellistä. Maalattavilla tuotteilla värin valinta on paikka, jossa yhdestä puolivalmistenimikkeestä tehdään useita eri lopputuotenimikkeitä. Värien tarkastelu antaa tällöin uuden tavan nimikkeiden luokitteluun ja ohjaukseen. Myös värivalmiista pellistä tehtävillä tuotteilla värianalyysi antaa mahdollisuuksia materiaalivaraston suunnittelussa. Tästä asetelmasta nousee välittömästi houkutus siirtyä maalaamaan puolivalmisteita vasta tilauksesta, mikä mahdollistaisi monen suuren säästön lopputuotevarastossa, jolloin voitaisiin hyväksyä pienempi nousu puolivalmisteiden varaston arvossa. Ensimmäinen askel tähän suuntaan on pudottaa osa väreistä pois lopputuotevarastosta, mutta kysymys kuuluukin mitkä. Kuviossa 14 on esitetty yrityksen värivalikoiman jakautuminen käytön ja lopputuotevaraston osalta. Tarkastelusta on jätetty pois erikoisvärin koodi, sillä se toimii yleiskoodina asiakkaan toivomille valikoiman ulkopuolisille väreille.

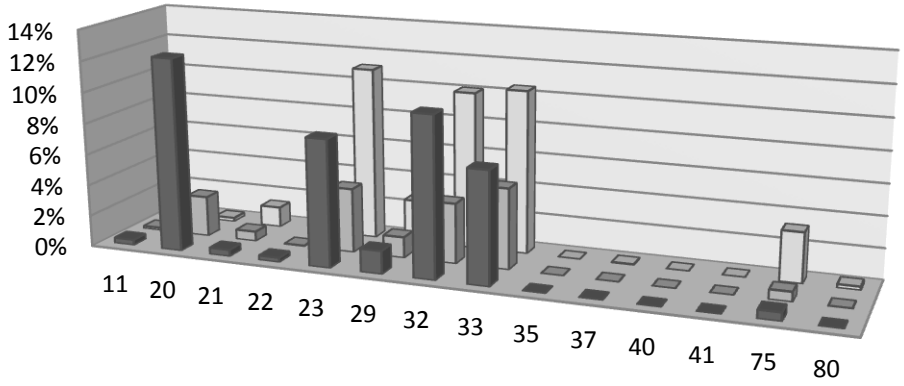


	11	20	21	22	23	29	32	33	35	37	40	41	75	80
Osuus varastosta	4%	14%	6%	2%	16%	11%	22%	17%	0%	0%	0%	0%	7%	0%
Osuus käytöstä	1%	17%	2%	1%	23%	5%	24%	22%	0%	0%	0%	0%	4%	0%

Kuvio 14. Värianalyysi kohdeyrityksessä

Väreistä on selkeästi havaittavissa neljä suosituinta, värit valkoinen (20), tumman harmaa (23), tumman ruskea (32) ja musta (33). Väreillä punainen (29) ja tiilen punainen (75) on selkeästi käyttöä, mutta huomattavasti vähemmän kuin neljällä päävärillä. Havun vihreän (11) menekki on laskenut vuosien saatossa, mikä selittää sen suhteessa korkean varaston. Vaalean harmaan (21) puolestaan oli tarkoitus toimia sijaisena maalamattomille sinkitystä raudasta tehdyille tuotteille, mutta värin menekki on ollut odotettua pienempää.

Kuten kuviosta 15 huomataan, värijakauma tuoteryhmittäin noudattaa melko hyvin koko yrityksen värijakaumaa. Värit 23, 32 ja 33 ovat suosittuja kaikissa tuoteryhmissä. Selkeä poikkeus on kuitenkin väri 20, jonka menekki muodostuu lähes täysin ryhmän 1 tuotteista. Vastaavasti värin 75 menekki muodostuu ryhmän 3 tuotteista. Poikkeukset selittyvät tuoteryhmien luonteella. Ryhmän 1 tuotteiden käyttökohteessa valkoinen väri 20 on suosittua, ryhmässä 2 valkoista käytetään jonkin verran ja ryhmään 3 valkoinen ei sovi käytännössä ollenkaan.



	11	20	21	22	23	29	32	33	35	37	40	41	75	80
Ryhmä 1	0%	12%	0%	0%	8%	1%	10%	7%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
Ryhmä 2	0%	3%	1%	0%	4%	1%	4%	5%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
Ryhmä 3	1%	0%	1%	0%	11%	3%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	3%	0%

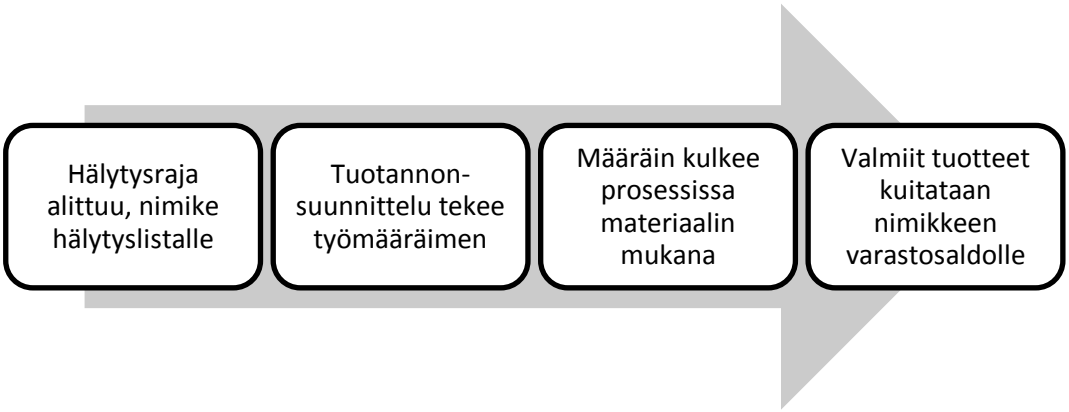
Kuvio 15. Värien käyttö tuoteryhmittäin

Tuoteryhmäkohtaisella jakaumalla on merkitystä myös tuotannon- ja varastonohjauksessa, sillä esimerkiksi väri 20 näyttää merkittävältä koko yrityksen kannalta, mutta todellisuudessa se on merkittävä vain ryhmässä 1. Vastaavasti punaiset värit 29 ja 75 näyttävät pienimenekkisiltä koko yrityksen kannalta, mutta niiden menekki ryhmän 3 tuotteissa onkin samaa luokkaa kuin ryhmän 2 menekki suosituimmissa väreissä.

5.1.3 Tuotanto kohdeyrityksessä

Yrityksen tuotannossa näkyy historia ja pitkät perinteet, sekä lattiatasolla että numeroissa. Lattiatasolla näkyy erittäin vanhoja peltisepän työkaluja ja puristimia sekä vastaavasti moderni laserleikkuri, levytyökeskus ja vain muutamia vuosia vanha maalauslinja. Numeroissa näkyy massatuotantoajattelun jäänteitä ja tuotannossa tehdään osaoptimointia. Prosessissa on selkeästi ylituotantoa. Tuotannonsuunnittelussa on määritelty eräkoot, mutta niitä sovelletaan tilanteen

mukaan tuotannossa, esimerkiksi ajamalla jopa moninkertaisia eräkokoja kerralla, jotta saadaan ajettua kerran paikalleen nostettu peltikela loppuun. CZ-luokan korkeaa varastoa selittää myös ilmiö, jossa harvoin menevää tuotetta tehdään ”kerralla enemmän, että riittää sitten seuraavaan tilaukseen”. Tässä on taustalla myös aina yrityksen lähihistoriaan asti vaikuttanut ajatus siitä, että asiakkaan tulee saada haluamansa tavara heti, jolloin kaikkea on oltava varastossa. Tällä toiminnalla pyritään minimoimaan materiaalin käsittelykertoja ja asetusaikaa ja siten optimoimaan massatuotantomaisesti yksittäistä työvaihetta. Optimaalisen eräkoon kaavan yhteydessä mainittiin tämän olevan tyypillisiltä silloin kun kaavan toista puolta, varastonpitokustannuksia, ei huomioida. Ajan myötä tämä johtaa tilanteeseen, jossa varaston arvosta yli kymmenys on tavaraa, jolla ei ole mitään käyttöä.



Kuvio 16. Tuotannonohjauksen toimintaperiaate

Yllä olevassa kuviossa on esitetty yrityksen tuotannonohjauksen toimintaperiaate. Kun varastonimikettä käytetään ja sen saldo laskee alle hälytysrajan, ilmestyy nimike järjestelmän hälytyslistalle, jota tuotannonsuunnittelu seuraa. Tuotannonsuunnittelu tekee järjestelmään täydennystilauksen nimikkeelle ja tulostaa työlle paperisen työmääräimen. Työnjohto vastaa siitä, että määrätyt työt tehdään määräimessä ilmoitettuun toimituspäivään mennessä. Määräin kulkee tuotantoprosessin läpi materiaalin mukana työvaiheelta toiselle. Jokainen vaihe kuitataan suoritetuksi ja samalla ilmoitetaan valmistusmäärä. Viimeisen

työvaiheen jälkeen työ kuitataan valmiiksi ja kuitattu valmistusmäärä ilmestyy varastosaldolle.

Valmistusprosessi koostuu materiaalin muovaamisesta ja maalaamisesta (Kuvio 8). Maalausvaihe on selkeä, sillä työvaiheita on vain yksi. Materiaalin muovaamisessa sen sijaan vaiheita on useita ja ne vaihtelevat tuotekohtaisesti. Laitteisto on sijoitettu massatuotantomaisesti soluihin, joissa samankaltaiset laitteet ovat samassa paikassa. Seurauksena tästä materiaalia siirrellään paljon valmistuksen aikana, mikä luo jokaisen varsinaisen työvaiheen väliin aina uuden työvaiheen. Yksiosainen virtaus ei kuitenkaan nykyisellä laitteistolla olisi mahdollista layout-muutoksillakaan, sillä esimerkiksi levytyökeskuksissa tuotteita on valmistettava vähintään yksi levyllinen kerrallaan. Virtausta pystytään kuitenkin luomaan valmistuseräkohtaisesti nopeuttamalla läpimenoaikaa. Lisäksi eräkokoon voidaan vaikuttaa, mikä myös vaikuttaa tuotannon virtaukseen.

Kysynnän kausiluonteisuudesta johtuen yrityksessä on tehty hiljaisina kuukausina ennusteen pohjalta ylimääräistä tavaraa varastoon vastaamaan sesonkikauden kysyntään. Tällä tavoin kapasiteettia on saatu tasoitettua vuoden mittaa ja henkilöstölle on riittänyt töitä myös hiljaisina kuukausina. Kapasiteetin tasoittaminen tulee jatkossakin olemaan tarpeellista, sillä nykyisellä kapasiteetilla ei pystytä reagoimaan huippukysyntään puhtaasti imuohjautuvasti. Ennusteen perusteella on kuitenkin tehty melko laajaa nimikevalikoimaa, jolloin riski kysynnän muutoksien aiheuttamasta käteen jäävästä varastosta kasvaa. Tässä yhteydessä tuotteita on luokiteltu siten, että ennusteen pohjalta tehdään nimikkeitä, joilla on ollut vähintään tietty määrä kappalemääräistä menekkiä edellisenä vuonna.

Oman haasteensa tuotannonohjaukseen luo myös asiakaskohtaisesti räätälöidyt alihankintatuotteet. Yritys valmistaa kaikkea mitä tehtaan laitteistolla kyetään

tekemään. Alihankintatyöt eivät sellaisenaan hankaloita tuotantoa merkittävästi, sillä niitä ohjataan periaatteessa samalla tavalla kuin omaa tuotteistoa. Alihankintatilauksen tullessa tuotannonsuunnittelu ja alihankintamyynti katsovat mitä materiaalia ja työvaiheita tilauksessa tarvitaan ja työnsuunnittelu tekee tilauksesta työmääräimen, minkä jälkeen määräin kulkee prosessin läpi aivan kuin oman tuotannon työmääräimet. Hankaluudet aiheutuvat siksi, että yritykseen on alihankintapainotteisesta historiasta jäänyt voimaan ajatus, että asiakas saa mitä vain ja milloin vain. Tämä hieman kärjistetty väite näkyy käytännössä siten, että tuotanto-ohjelmaa ei voida suunnitella tarkasti, sillä väliin tulee usein alihankintatilauksia, jotka asiakas haluaa erittäin lyhyellä toimitusajalla. Väliin tulevat alihankintatilaukset sotkevat tuotanto-ohjelmaa. Yrityksen vanhat asiakkaat ovat tottuneet tällaiseen palveluun, eivätkä siksi tilaa aikaisemmin tai pidä omaa varastoa, vaikka monelle se olisikin mahdollista.

6 VARASTONOHJAUKSEN KEHITTÄMINEN

Tässä luvussa käsitellään varaston kehittämiseen liittyviä toimenpiteitä kohdeyrityksessä. Aluksi käsitellään päätöksiä siitä mitä tuotteita varastoidaan ja missä kohtaa. Tilausohjautuva tuotanto parantaa virtausta, mutta varastoinnilla puolestaan parannetaan asiakaspalvelua. Seuraava askel on pohtia varastoitavien tuotteiden varastonohjausta.

6.1 Tilaus- ja varasto-ohjautuvuus

Erityisesti lopputuotevaraston korkea arvo ja siitä johtuva hidas kiertonopeus ovat yksi työn keskeisiä kehityskohteita. Yrityksessä on aikaisemmin totuttu ajatukseen, että kaikkia tuotteita pidetään varastossa. Tämä ajatus ei ole enää tätä päivää. Varastointipäätöstä tulee tarkastella kriittisesti kaikkien nimikkeiden osalta. Työssä nimikkeiden varastointia lähdettiin arvioimaan värien ja tuoteryhmien kautta. Taulukossa 4 on esitetty päätökset siitä mitä värejä mistäkin tuoteryhmästä varastoidaan lopputuotevarastossa. Aiheesta keskusteltiin yrityksen kanssa, eri vaihtoehtoja pohdittiin ja niiden hyötyjä ja haittoja vertailtiin varaston tehokkuuden näkökulmasta. Lopullinen linjaus syntyi yrityksen sisällä työssä tehtyjen analyysien ja myyntiosaston näkemysten perusteella.

Osa yrityksen tuotteista myydään ilman väriä. Kuparista valmistettavia tuotteita ei pinnoiteta ollenkaan, osa tuotteista pinnoitetaan upposinkittämällä ja osasta värivalmiista tuotteista tehdään pinnoittamattomia versioita tavallisesta pellistä. Kuparituotteille on selkeästi markkinat ja upposinkityillä menekki on laskenut muutamien vuosien takaisesta. Näitä tuotteita päätettiin varastoida toistaiseksi.

Taulukko 4. Päätökset nimikkeiden varastoinnista väreittäin ja tuoteryhmittäin

Väri	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3
11	Ei	Ei	Ei
20	Kyllä	Kyllä	Ei
21	Ei	Ei	Ei
22	Ei	Ei	Ei
23	Kyllä	Kyllä	Kyllä
29	Ei	Kyllä	Kyllä
32	Kyllä	Kyllä	Kyllä
33	Kyllä	Kyllä	Kyllä
35	Ei	Ei	Ei
37	Ei	Ei	Ei
40	Ei	Ei	Ei
75	Ei	Ei	Kyllä
80	Ei	Ei	Ei

Varastoitavien nimikkeiden taulukko seuraa hyvin pitkälle tuoteryhmäkohtaista värianalyysia (Kuvio 15). Tästä johtuen myös suurin osa menekistä muodostuu juuri näistä nimikkeistä. Tilausohjautuvaksi siirtyvillä nimikkeillä käyttö on vain muutamia prosentteja kokonaisuudesta, mutta varaston arvo on noin kymmenyksen koko varastosta. Kaikkia puolivalmisteita pidetään varastossa, mikä mahdollistaa lyhyen toimitusajan kaikille maalattaville tilausohjautuville nimikkeille. Myös värivalmiista pellistä tehtävät nimikkeet pystytään valmistamaan melko lyhyellä toimitusajalla muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Tällaiset poikkeukset tulee käsitellä tapauskohtaisesti kun työtä lähdetään implementoimaan yritykseen.

6.2 Tilauspistejärjestelmä kohdeyrityksessä

Varastonohjauksessa päätettiin hyödyntää yrityksen omaa tilauspistejärjestelmää, mutta parametrien määrittelyyn käytettiin erilaista lähestymistapaa. Hälytysraja *s* oli yrityksessä määritetty vastaamaan reilun kuukauden kysyntää

volyyminimikkeillä ja asteittain korkeammaksi kappalemääräisesti pienempimenekkisillä nimikkeillä. Tätä logiikkaa oli sovellettu kaikkiin nimikkeisiin lopputuotevarastossa ja puolivalmisteissa. Eräkoon *Q* määrityksessä oli käytetty samankaltaista lähestymistapaa kuin tässäkin työssä, määrittämällä eräkoko toivotun valmistussyklin pituuden kautta. Näillä menetelmillä voidaan päästä hyväänkin tulokseen, mutta niissä on omat ongelmansa. Kun hälytysrajana käytetään suoraan tiettyä osuutta vuotuisesta kysynnästä, jätetään huomioimatta kysynnän vaihtelut. Tätä pyrittiin kompensoimaan käyttämällä suuremman volyymin nimikkeille suhteessa pienempää hälytysrajaa. Nimikkeiden kysynnän vaihteluissa voi kuitenkin olla eroa vaikka vuotuinen menekki olisikin samaa luokkaa. Nimikkeillä, joilla on vain muutama tapahtuma vuodessa, muodostaa yksi tilaus suuren osan vuotuisesta menekistä, jolloin suhteessa suurempi hälytysraja on järkevä silloin kun kaikilla nimikkeillä halutaan pitää hyvä palvelutaso. Tämä kuitenkin johtaa helposti suuriin varastoihin ja lisää epäkuranttiusriskiä etenkin C-luokan nimikkeillä. Tuotannossa on myös ollut tapana soveltaa eräkokoja oman mielen mukaan yksittäisen työvaiheen optimoimiseksi – on ajettu esimerkiksi pienivolyymistä nimikettä kokonainen peltikela loppuun kun se on kerran nostettu paikalleen. Ääritapauksissa eräkoko on vastannut melkein kymmenen vuoden kysyntää.

Palveluasteen määrittämiseen käytettiin tässä työssä tilastollista lähestymistapaa, jossa hälytysraja lasketaan määrittelemällä nimikkeelle haluttu palveluaste *P*. Tämä tarkoittaa todennäköisyyttä, jolla nimikkeen varastosaldo ei laske negatiiviseksi ennen täydennyksen saapumista. Laskennassa kysynnän vaihtelut oletettiin normaalisti jakautuneeksi, sillä kirjallisuuden mukaan normaalijakauma sopii hyvin tällaiseen ympäristöön sekä tarkkuudeltaan että käytettävyydeltään. Hälytysrajan laskentaan tarvitaan myös täydennysviiveen aikaisen kysynnän hajonta σ_L sekä täydennysviiveen aikainen keskimääräinen kysyntä x_L. Seuraavaksi on esitetty hälytysrajan laskenta esimerkkinimikkeellä käyttäen Excel-taulukkolaskentaohjelmaa.

$$NORMAALI.JAKAUMA.KÄÄNT = (P, x_L\ , \sigma_L)$$

$$NORMAALI.JAKAUMA.KÄÄNT = (99\ \%, 1785\ kpl, 1174\ kpl)$$

$$NORMAALI.JAKAUMA.KÄÄNT = 4515\ kpl$$

Laskennan tuloksena saatu 4515 kappaletta on tarvittavan ylimääräisen varaston, varmuusvaraston *SS*, määrä, jotta saavutetaan haluttu palveluaste 99 %. Kun tähän lisätään päälle oletettu täydennysviiveen aikainen kysyntä, saadaan nimikkeen tilauspiste.

$$s = SS + x_L$$

$$s = 4515\ kpl + 1785\ kpl$$

$$s = 6300\ kpl$$

Eräkoon Q määrittämisessä päädyttiin käyttämään yksinkertaisempaa tapaa. Aluksi mietittiin kuinka monta erää vuodessa nimikettä olisi hyvä valmistaa. Tästä seuraava askel on laskea kuinka pitkän aikaa yhden täydennyserän tulisi tuolloin riittää. Edellisen kappaleen esimerkkinimikkeellä päädyttiin käyttämään neljän viikon keskimääräistä kysyntää vastaavaan eräkokoon. Alla on laskettu esimerkkinimikkeen eräkoko.

$$Q = Vuotuinen\ kysyntä * \frac{4\ vk}{52\ vk}$$

$$Q = 92803\ kpl * \frac{4\ vk}{52\ vk}$$

$$Q = 7139\ kpl$$

Tämä luku, kuten muutkin laskennalliset arvot, on käytävä läpi, jotta ne ovat järkeviä myös käytännön kannalta. Esimerkkinimikettä kuljetetaan häkeissä, johon mahtuu noin tuhat kappaletta tuotteita. Tällöin järkevä eräkoko olisi seitsemän häkkiä.

Nimikkeiden luokittelun merkitys nousee esiin tässä vaiheessa, sillä eri nimikkeillä voidaan siten määrittää erilaiset parametrit varastonohjaukseen. A-luokan nimikkeillä voidaan esimerkiksi pitää pientä eräkokoa tiheän täydennysrytmin ja virtauksen saavuttamiseksi, mutta korkeaa varmuusvarastoa hyvän palvelutason säilyttämiseksi tärkeillä nimikkeillä. C-nimikkeillä puolestaan voidaan pitää suuret eräkoot, jolloin niiden ohjaukseen ei kulu paljoa resursseja. Alla olevissa taulukoissa on kuvattu työssä käytetyt lopputuote- ja puolivalmistevaraston tilauspistejärjestelmän parametrit nimikeluokittain.

Taulukko 5. Tilauspistejärjestelmän parametrit lopputuotevarastossa

ABC-XYZ	Palveluaste	Eräkoko [vk]
AX	99 %	4
AY	97 %	4
AZ	95 %	4
BX	90 %	26
BY	90 %	26
BZ	90 %	26
CX	90 %	52
CY	90 %	52
CZ	90 %	52

Taulukko 6. Tilauspistejärjestelmän parametrit puolivalmistevarastossa

ABC	Palveluaste	Eräkoko [vk]
A	99 %	4
B	95 %	26
C	90 %	52

Parametreilla ei ole pyritty kiristämään varaston toimintaa äärimmilleen. Tarkoituksena on saada varasto ensin toimimaan näillä parametreilla, jonka jälkeen parametreja voi jatkuvan parantamisen hengessä hilata alemmas kunnes saavutetaan optimaalinen taso. Logiikka on, että A-luokan nimikkeillä palveluaste pidetään korkeana ja eräkoko pienenä. Tällöin saavutetaan hyvä virtaus ja kiertonopeus ylläpitäen sopivaa puskuria yllättävien kysyntäpiikkien tai tuotanto-

ongelmien varalta. C-nimikkeille puolestaan asetettiin korkea eräkoko, sillä niiden menekki on pientä ja monen kohdalla ole edes tuotantoteknisistä syistä järkevää valmistaa pienempää erää. Näiden nimikkeiden ollessa kappalehinnaltaan edullisia, ei suurikaan eräkoko nosta varastonarvoa merkittävästi.

Taulukko 7. Lopputuotevaraston suorituskyvyn muutokset

	Varasto Uusi [€]	Varasto Nyk. [€]	Muutos	Puutoksia vuodessa	Puskurin riitto [vk]	Kierto Uusi	Kierto Nyk.
AX	201 768	314 366	-36 %	0,1	3,6	9,3	6,0
AY	27 801	71 204	-61 %	0,4	3,6	10,9	4,3
AZ	11 072	15 396	-28 %	0,7	3,3	11,1	8,0
BX	35 497	77 116	-54 %	0,2	2,9	3,5	1,6
BY	70 211	181 162	-61 %	0,2	3,2	4,2	1,6
BZ	24 136	77 964	-69 %	0,2	4,9	3,9	1,2
CX	492	2 326	-79 %	0,1	3,1	2,6	0,5
CY	7 167	33 618	-79 %	0,1	3,4	2,8	0,6
CZ	13 590	144 939	-91 %	0,1	5,9	2,7	0,3
Yht.	391 734	918 091	-57 %	n/a	n/a	7,3	3,1

Yllä on kuvattu lopputuotevaraston suorituskyvyn muutoksia työssä esitettyjen toimenpiteiden seurauksena. Yrityksellä olisi mahdollista säilyttää nykyinen toimitusvarmuus puolella nykyisestä varaston arvosta. CZ-luokan suuri pudotus johtuu varastossa seisovasta massasta. Tämän varaston luonnollinen kuluminen kestäisi erittäin kauan, joten käytännössä siitä on päästävä eroon muilla keinoilla. Taulukosta huomaa myös parametrien sisältämän pelivaran. ”Puutoksia vuodessa” tarkoittaa yksittäisen nimikkeen varaston loppumisia vuodessa. Ottaen nimikkeiden määrän huomioon jokaisessa luokassa, tarkoittaa se käytännössä noin 500:a tapausta vuodessa, jossa nimikkeen tilauskanta ylittää varastosaldon, eli syntyy puutos. Toimitus asiakkaalle viivästyy kuitenkin vasta silloin, jos täydennystä ei pystytä kiirehtimään tuotannon läpi ajoissa. Tällöin todelliset puutokset jäävät todennäköisesti huomattavasti vähemmälle. ”Puskurin riitto” kertoo myös, että varmuusvarasto antaa keskimäärin reilut kolme viikkoa pelivaraa täydennysten viivästyksille.

Taulukko 8. Puolivalmistevaraston suorituskyvyn muutokset

	Varasto Uusi [€]	Varasto Nyk. [€]	Muutos	Puutoksia vuodessa	Puskurin riitto [vk]	Kierto, Uusi	Kierto, Nyk.
A	121 512	154 146	-21 %	0,1	3,5	9,4	7,4
B	85 915	134 322	-36 %	0,1	5,0	2,9	1,8
C	17 391	71 267	-76 %	0,1	6,2	1,6	0,4
Yht.	224 819	359 736	-38 %	n/a	n/a	6,3	3,9

Yllä on kuvattu myös puolivalmistevaraston suorituskyvyn muutoksia. Kuten taulukosta huomataan, potentiaali ei tässä kohdassa ole niin suuri kuin lopputuotevarastossa. Puolivalmistevaraston pitäminen korkeana ei myöskään nosta varaston arvoa vastaavasti niin paljoa. Maalaamossa täydennyksiä pystytään tarvittaessa kiirehtimään läpi melko nopeasti jos vain puolivalmisteita on varastossa. Nostamalla puolivalmisteiden varaston arvoa vähän voidaan maalattujen lopputuotteiden varaston arvoa laskea huomattavasti enemmän. Puolivalmisteissakin on selkeästi ylimääräistä varastoa, mutta muutos ei niin paljoa kuin lopputuotevarastossa.

6.3 C-luokan nimikkeiden käsittely

Niin tässä työssä kuin toisessakin samaan aikaan käynnissä olevassa diplomityössä nykytilaa analysoitiin nimikkeistöä luokittelemalla ja menekkiä tutkimalla. Molemmissa töissä käytettiin työkaluna ABC-analyysia. Näiden analyysien pohjalta yrityksessä alettiin käydä läpi häntäpään nimikkeistöä ja pohtimaan toimenpiteitä nimikemassan ja seisovan varaston karsimiseksi. Pohjana näissä sessioissa käytettiin toisen diplomityön analyysiä, jossa C-nimikkeet muodostivat viimeiset 5 % menekistä. Tällaisia nimikkeitä oli noin 70 % koko nimikkeistöstä. Joukossa oli paljon nimikkeitä, jotka olivat olemassa vain tuoterekisterissä, eli niillä ei ollut varastoa eikä niitä varten varastoitu materiaalia. Osa tällaisista nimikkeistä pidettiin valikoimassa tilausohjautuvina nimikkeinä. Monella nimikkeellä kuitenkin oli varastoa ja hälytysraja, vaikka menekkiä ei ollut ollut vuosiin. Varaston arvo tällä massalla on yli viidennes koko varastosta.

Toisessa työssä oli myös käytetty XYZ-dimensiota, johon oli määritelty erikseen luokka Zz, johon kuului kaikki nimikkeet, joilla ei ole ollut mitään käyttöä viimeiseen vuoteen. Nimikkeiden perkaus aloitettiin CZz-luokan noin kahdesta tuhannesta nimikkeestä. Suuri osa näistä nimikkeistä oli edelleen varasto-ohjautuvia ja lähes jokainen niistä päätettiin siirtää tilausohjautuvaksi. Monia nimikkeitä päätettiin myös poistaa järjestelmästä ja hävittää ne varastosta. CZz-luokassa pohdinta kohdistui siihen pidetäänkö nimikettä tarjoomassa vai poistetaanko se kokonaan. Perkausaineiston CZ-luokassa puolestaan nimikkeillä oli jonkinlaista menekkiä, joten niitä ei ollut järkevää poistaa järjestelmästä. Monet päätettiin siirtää tilausohjautuvaksi ja osaa päätettiin pitää edelleen varastossa. CY- ja CX-luokat sisältävät pääosin nimikkeitä, jotka tukevat menevämpiä nimikkeitä, joten ne päätettiin luonnollisesti pitää varasto-ohjautuvina.

7 TUOTANNONOHJAUKSEN KEHITTÄMINEN

Toimiva varastonohjaus vaatii toimiakseen toimivat täydennykset. Valmistavassa teollisuudessa se tarkoittaa yleensä sisäisiä täydennyksiä, eli tuotantoa. Toimiva tuotanto siis mahdollistaa toimivan varastonohjauksen. Toimiva tuotanto myös mahdollistaa hyvän palvelutason pienillä varastoilla. Tässä kappaleessa esitellään keinoja tuotannonohjauksen kehittämiseen kohdeyrityksessä. Aluksi käydään läpi Toyotan systeemistä tuttua kanban-ohjausta. Sen jälkeen käsitellään kapasiteetin suunnittelua lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä.

7.1 Kanban-ohjauksen soveltaminen kohdeyrityksessä

Yrityksessä oli hieman ennen työn aloitusta otettu käyttöön kanban-ohjaus yhdellä tuotantolaitteella. Tätä laitetta käytetään muutaman volyyminimikkeen valmistamiseen, eikä laitetta käytetä mihinkään muuhun tarkoitukseen. Laitteisto on luotettava ja se tuottaa tasalaatuisia tuotteita. Kanban-järjestelmä on koettu hyväksi niin työntekijöiden kuin tuotannonsuunnittelunkin puolesta. Yrityksessä on myös muita alueita, joihin kanban-ohjausta voisi soveltaa loistavasti.

Yrityksen euromääräisesti menevin tuote on puolivalmisteesta maalattava ja sen värivaihtoehdot yhteensä muodostavat yli kymmenyksen kaikesta menekistä. Puolivalmisteessa on vain yksi robottityövaihe, joka toimii ensimmäisenä työvaiheena myös muutamalle muulle volyymituotteen puolivalmisteelle. Kaikkiaan tämän robotin läpi kulkee kahdeksaa eri tuotetta, joista kaikilla on jatkuvaa menekkiä. Näistä tuotteista yksi saa siis lopullisen muotonsa robotilla ja muut seitsemän käyvät läpi vielä kokoonpanovaiheen, joka sijaitsee fyysisesti aivan robotin vieressä. Tämä valmistussolu toimisi loistavana paikkana laajentaa kanban-järjestelmää. Haasteena on kuitenkin ollut kokoonpanovaiheen laitteiston luotettavuus. Yritys on kuitenkin päättänyt investoida uuteen laitteistoon, joka

automatisoi kokoonpanon ja integroi sen robottiin. Tällöin kaikki solun kahdeksan tuotetta valmistuisivat automatisoidusti yhdellä työvaiheella.

Kanbaneina järjestelmässä voisi hyvin toimia esimerkiksi värikoodatut kuljetusalustat. Osaa tuotteista kuljetetaan metallihäkissä ja osaa kuormalavalla. Lavat ja häkit olisi helppo maalata tuotekohtaisilla väreillä, jolloin tyhjä alusta toimisi impulssina tuottaa alustallinen lisää tavaraa. Tuotteiden maalaus ohjautuisi edelleen edellisessä kappaleessa kuvatun tilauspistejärjestelmän mukaisesti, mutta puolivalmisteet täydennettäisiin kanban-ohjauksella, joka toisaalta on myös pohjimmiltaan tilauspistejärjestelmä parametreilla Q ja s. Tässä tapauksessa eräkoko olisi yksi lava tai häkki ja tilauspiste olisi $n-1$ alustaa, jossa n on kierrossa olevien alustojen määrä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että impulssi täydennykselle syntyy kun yksi alusta tyhjenee. Yrityksen menevin tuote saisi tilauspistejärjestelmän laskennasta arvot $Q = 7139\ kpl$ ja $s = 6300\ kpl$. Yhteen häkkiin mahtuu tuotetta noin 1000 kappaletta. Kierrossa kannattaisi siis pitää seitsemää tai kahdeksaa häkkiä, jolloin tilauspiste olisi kuusi tai seitsemän tuhatta kappaletta ja eräkoko tuhat kappaletta. Näin tuotteen virtaus parantuisi ja keskivaraston arvo tippuisi.

Yksi järjestelmä edellytys on luottamus työntekijöiden ja työnjohdon välillä, sillä vastuu täydennyksistä siirtyisi solun työntekijöille. Nykyisellä toimintamallilla tuotannonsuunnittelu saa täydennysimpulssin järjestelmästä tilauspisteen alituttua. Tämän jälkeen täydennykselle avataan työ, tulostetaan työmääräin ja työnjohto vie työmääräimen robottisolun työntekijöille. Kanban-mallissa puolestaan täydennysimpulssi tulee suoraan työntekijöille, jolloin tuotannonsuunnittelua ja työnjohtoa ei tarvita välissä. Tämä keveys mahdollistaa virtaavan tuotannon jatkuvilla pienen eräkoon täydennyksillä. Myös täydennyksen läpimenoaika nopeutuu kun prosessista poistuu arvoa tuottamattomia vaiheita, eli hukkaa. Maalaamo kuluttaa robottisolun valmistamia puolivalmisteita maalaamalla niistä lopputuotteita. Maalarit hakevat puolivalmisteita niille määrätyiltä

varastopaikoilta maalaukseen. Jos kanbaneina käytettäisiin värikoodattuja kuljetusalustoja, voisivat maalarit viedä tyhjät alustat takaisin varastopaikoille tai suoraan valmistussoluun, mikä toimisi impulssina yhden alustan kokoisen erän valmistukselle.

Hyötyinä tässä järjestelmässä ovat tuotannon läpimenoajan lyheneminen ja virtauksen tehostuminen. Prosessista poistuu ylimääräisiä vaiheita kun tuotannonsuunnittelun ei tarvitse toistaa samaa rutiinia volyyminimikkeiden täydennyksissä. Myös varaston arvo pienenee kun eräkoko pienenee. Lisäksi tuotannonsuunnittelussa vapautuu rutiinityön vähentymisen myötä aikaa suunnittelutyöhön. Kun järjestelmää laajennetaan uuteen kohteeseen, olisi hyvä aluksi harjoitella systeemiä korkealla varmuusvarastolla, eli lisäämällä ylimääräisiä kanbaneita kiertoon. Kun työntekijät ovat sisäistäneet järjestelmän ja se lähtee toimimaan itsenäisesti ja sujuvasti, voi kanbaneita poistaa kierrosta, jolloin myös varaston arvo laskee.

7.2 Kapasiteetin lyhyen tähtäimen suunnittelu

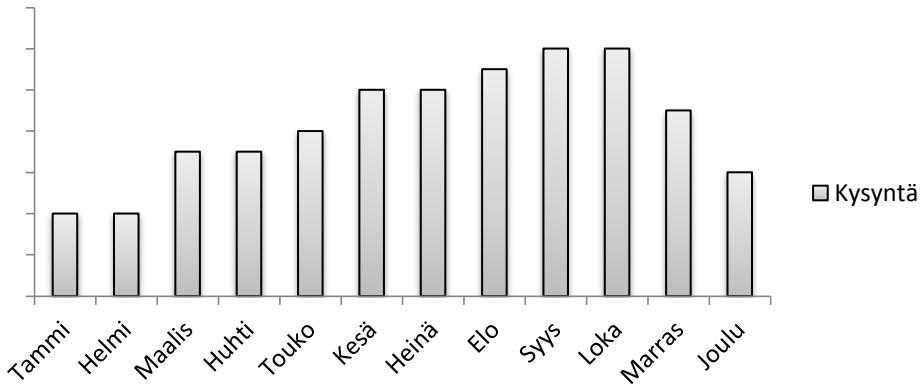
Kanban-järjestelmä soveltuu hyvin volyyminimikkeille, mutta yrityksessä on paljon myös sellaisia nimikkeitä, joita valmistetaan epäsäännöllisesti muutamia sarjoja vuodessa. Tuotannonsuunnittelun on ajoitettava nämä sarjat sopivaan järjestykseen tuotannossa. Lisäksi samaa laitteistoa käyttää myös alihankintana tehtävät työt, jotka ovat luonteeltaan kertaluontoisia asiakkaan toiveiden mukaisia tuotteita. Jos robottisolun läpi kulkee kahdeksaa volyyminimikettä, niin esimerkiksi levytyökeskusten läpi kulkee satoja omia nimikkeitä ja vähintään saman verran erilaisia alihankinnan nimikkeitä. Tällöin nimikkeiden ohjaamisen sijasta tulisikin keskittyä kapasiteetin suunnitteluun.

Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmässä on valmiudet seurata kunkin tuotantoresurssin kuormitusta avoimien tuotannon töiden pohjalta. Tällöin tuotannonsuunnittelu voi epäsäännöllisistä tuotantosarjoista huolimatta suunnitella tuotantoa tehokkaasti järjestelemällä töitä vapaan kapasiteetin pohjalta. Tätä käytetään yrityksessä jo jossain määrin, mutta se ei toimi luotettavasti muutamasta syystä johtuen. Pääsyy on, että tuotantosuunnitelma elää eikä tarkkaa suunnitelmaa pystytä tekemään kovinkaan pitkälle. Puutokset varastossa pakottavat jonkin tilauksen kiirehtimisen tuotannon läpi, mikä tarkoittaa sitä, että jokin toinen sarja jää kesken. Myös alihankinta-asiakkaille luvatut lyhyet toimitusajat aiheuttavat tällaisia muutoksia tuotantosuunnitelmassa. Töitä jää rästiin ja niitä tehdään myöhemmin kun kapasiteettia on jo varattu muille töille.

Ongelman ratkaisemiseksi tuotantosuunnitelma tulisi pystyä lyömään lukkoon riittävän pitkäksi aikaa eteenpäin, esimerkiksi viikoksi. Tähänkin asiaan kaivattaisiin yrityksessä selkeitä pelisääntöjä. Tuotannonsuunnittelu voisi esimerkiksi perjantaina lyödä lukkoon seuraavan viikon tuotanto-ohjelman. Torstain aikana tulleet tilaukset ehtisivät vielä mukaan seuraavan viikon tuotanto-ohjelmaan. Tällöin myyjät tietäisivät, ettei asiakkaille voi enää perjantaina luvata tilausohjautuvia tai alihankintatuotteita seuraavalle viikolle. Myyjät voisivat silti kysyä tuotannonsuunnittelulta, mikäli lukkoon lyödyssä ohjelmassa on vapaata kapasiteettia tilaukseen tarvittavilla resursseilla, jolloin tilaus voidaan toimittaa nopeammin. Tällöin se päätös olisi kuitenkin tuotannonsuunnittelun varassa. Pientä elämistä tuotantosuunnitelmassa tapahtuu joka tapauksessa, sillä saldovirheiden kätkemistä puutteista, konerikoista, sairaslomista tai muista ongelmista ja viivästyksistä johtuen tuotanto joutuu mukautumaan tilanteisiin nopeasti. Pelisäännöillä saataisiin kuitenkin vähennettyä vaihtelua tuotanto-ohjelmassa, mikä vähentää vaihtelua myös yksittäisen nimikkeen läpimenoajassa. Vaihtelun vähentäminen prosessissa luo hyvän pohjan tulevaisuuden kehitystoimille läpimenoajan lyhentämisessä ja virtauksen parantamisessa.

7.3 Kausivaihtelut ja kapasiteetin pitkän tähtäimen suunnittelu

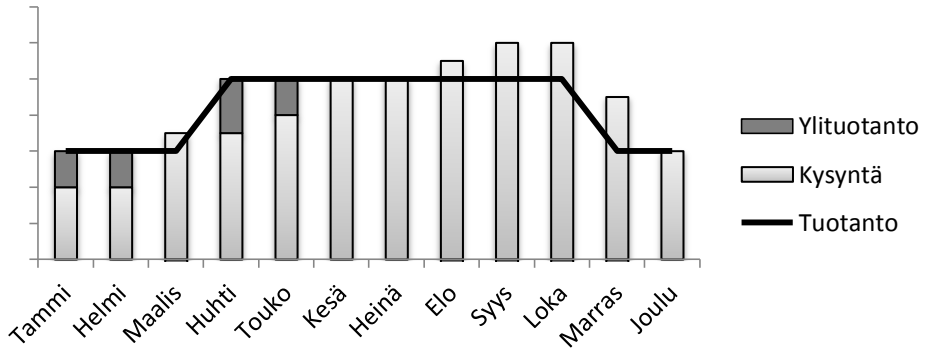
Lyhyellä tähtäimellä kapasiteetti on melko pitkälti kiinteä, jolloin keskitytään toimimaan sen antamissa rajoissa. Pitkällä tähtäimellä kuitenkin kapasiteettiin voidaan vaikuttaa paremmin. Yrityksen pitkän tähtäimen tuotannonsuunnittelussa haasteena on kysynnän voimakas sesonkivaihtelu. Alla on esitetty yrityksen vuotuisen liikevaihdon jakautuminen kuukausitasolla. Kysyntä saattaa huippukuukausina olla kolminkertainen hiljaisempiin kuukausiin nähden. Tämä aiheuttaa haasteita kapasiteetin suunnittelussa. Henkilöstön määrään voidaan vaikuttaa kuukausitasolla käyttämällä vuokratyövoimaa kiireisimpinä kuukausina. Tuotanto voi myös siirtyä yhdestä vuorosta kahteen vuoroon nopeasti. Konekantaa ei kuitenkaan pystytä sovittamaan kuukausitasolla kysyntään.



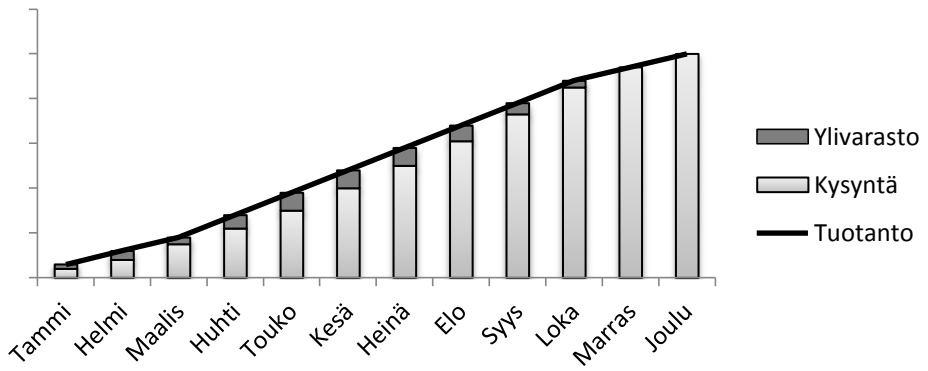
Kuvio 17. Kysynnän kausivaihtelu yrityksessä

Yrityksen toimialalla tapahtuvat muutokset ovat kapasiteetin suunnittelun kannalta onneksi melko hitaita. Muoti vaihtuu hitaasti ja pääsääntöisesti samat tuotteet menevät kaupaksi seuraavanakin vuonna. Metalli on lisäksi materiaalina hyvin varastoituva, jolloin epäkuranttiusriski on melko pieni. Tämä mahdollistaa kapasiteetin tasoittamisen tekemällä tavaraa varastoon etukäteen hiljaisina kuukausina. Kun ennusteen perusteella valmistettaviksi nimikkeiksi valitaan

menekkituotteita luokista AX, AY, BX ja BY, voidaan melko suurella varmuudella olettaa niiden menevän kaupaksi sesonkikaudella. Jos tavaraa jää käsiin, voidaan seuraavan vuoden ennustetta säätää historian perusteella. Alla on kuvattu mallia, jossa kapasiteettia tasoitetaan valmistamalla ennusteen mukaan varastoon jonkin verran tavaraa. Kysynnän kasvaessa henkilöstökapasiteettia lisätään siirtymällä kahteen vuoroon ja palkkaamalla kesätyöntekijöitä ja vuokratyövoimaa. Talven tullen ja sesongin hiipuessa vain yrityksen vakituiset työntekijät jäävät taloon ja siirtyvät takaisin yhteen vuoroon. Näin kapasiteettia voidaan käyttää läpi vuoden hyvällä käyttöasteella kasvattamalla varastoa silti massiivisesti. Kuviossa 19 on esitetty ylimääräisen varaston kumulatiivinen kertyminen vuoden aikana.



Kuvio 18. Kapasiteetin sovittaminen sesonkivaihteluun



Kuvio 19. Kumulatiivinen varaston kertyminen vuoden aikana

Myös kanban-ohjaus sopii tähän malliin, vaikka sen toimiikin itsenäisesti reagoiden imuperiaatteella toteutuneeseen kysyntään. Tuotannonsuunnittelu syöttää maalaamon maalausohjelmaan ennusteen mukaan tavaraa yli sen hetkisen kysynnän, jolloin maalaamo käyttää puolivalmisteita ja kanban-ohjauksen piirissä oleviin puolivalmisteisiin kohdistuu tasaista kysyntää läpi vuoden. Ennusteen mukainen työntöohjautuva tuotanto ylivarasointi sotii leanin ajatuksia vastaan, mutta toisaalta tällä tavoin saavutetaan tuotannossa tasaisempi virtaus läpi vuoden. Tavara virtaa läpi tuotannon tehokkaasti, mutta se jää vain odottamaan lopputuotevarastoon sesongin alkamista. Hiljaisina talvikuukausina on myös hyvin aikaa valmistaa C-nimikkeitä, joiden eräkoon on tarkoitus vastata koko vuoden kysyntää. Tällöin kiireisempinä kuukausina tarvitsee valmistaa kapeampaa tuotevalikoimaa, mikä myös osaltaan sujuvoittaa tuotantoa.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Suurimpana yksittäisenä ongelmana yrityksessä on sen historian mukanaan tuoma ajatusmalli. Aikana, jolloin alihankinta oli yrityksen pääliiketoimintaa ja omat tuotteet sivutuloa, asiakkaat tottuivat saamaan kaiken mitä pyysivät, oli se sitten räätälöityjä tuotteita, nopeaa toimitusaikaa tai muuta. Vielä nykyäänkin kun pääliiketoiminta on omien standardituotteiden myyminen, vanhat asiakkaat pyytävät nopeampaa toimitusaikaa ja räätälöityjä tuotteita. Etenkin alihankinta-asiakkailta tulee pieniä tilauksia nopealla toimitusajalla, jotka sotkevat tuotanto-ohjelmaa. Myös massatuotantoajattelu on edelleen näkyvissä tuotannossa.

Yrityksessä on kuitenkin otettu askeleita hyvään suuntaan. Halu kehittyä ja pyrkiä eteenpäin on vahva. Yrityksessä ollaan pyrkimässä pois vanhan maailman toimintatavoista kohti modernia ja kilpailukykyistä liiketoimintaa. Esimerkkinä tästä on muun muassa kahteen diplomityöhön investoiminen. Yrityksessä on suunnitteilla myös muita projekteja toiminnan kehittämiseksi.

8.1 Työn keskeiset tulokset

Keskeistä sisältöä työssä ovat analyysit ja kehitysehdotukset. Nimikkeistön luokittelu ja analysointi on tuottanut yritykselle heidän omien sanojensa mukaan arvokasta tietoa kysynnän ja varaston rakenteista. Luokittelu toi yritykselle lisää tietoa siitä mistä rahaa tulee taloon ja missä se on tällä hetkellä kiinni. Tiedon pohjalta määriteltiin jo työn aikana uudestaan mitkä värit ovat varastoitavia vakiovärejä ja mitkä tilausohjautuvia erikoisvärejä.

Kehitysehdotukset jakautuivat varaston ja tuotannon kehittämiseen. Varastonohjaukseen tuotiin ABC-analyysin avulla uusia näkökulmia. Näin

varastointia voidaan suhteuttaa sen mukaan mistä rahaa oikeasti tulee taloon. Myös matemaattisempi lähestymistapa tilauspisteen laskemisessa toi tarkennusta ja selvyyttä siihen, mitä erilaiset varastotasot käytännössä tarkoittavat. Varaston laskelmista kävi ilmi, että nykyinen toimitusvarmuus voidaan saavuttaa teoriassa puolella nykyisistä varastoista. Tälle tasolle pääseminen tapahtuu hitaasti, mutta merkittäviä parannuksia varaston tehokkuudessa voidaan saavuttaa jo lyhyelläkin aikavälillä.

Tuotannon kehittämisessä puolestaan keskeisiä teemoja ovat ohjauksen keventäminen ja virtauksen lisääminen Toyotan kehittämän kanban-ohjauksen avulla. Yrityksessä on kohteita, joihin tämä malli sopii loistavasti. Tätä on kokeiltu yrityksessä jo ennen tätä työtä ja sen on todettu toimivaksi. Toinen merkittävä kehityskohde liittyy tuotannonohjauksen pelisääntöihin. Myynnin ja tuotannon välille kaivataan pelisääntöjä, jotta tuotannonsuunnittelu voi toimia tehokkaasti. Tämä vaatii muutoksen erityisesti alihankinta-asiakkaille luvattuihin toimitusaikoihin. Tuotanto-ohjelma pitäisi pystyä lyömään lukkoon sopivalla aikavälillä, jolloin tuotannonsuunnittelulla on mahdollisuus optimoida lyhyen aikavälin kapasiteetin käyttöastetta. Työssä otettiin myös kantaa kapasiteetin suunnitteluun pitkällä aikavälillä. Ennusteen mukaan valmistaminen työntöohjautuvasti ja kapasiteetin nostaminen sesonkikuukausiksi helpottavat voimakkaan sesonkivaihtelun tasaamista.

8.2 Jatkotoimenpiteet

Työn jälkeen yrityksessä tulisi luonnollisesti lähteä implementoimaan esitettyjä kehitysehdotuksia. Kanban-järjestelmän portaittainen laajentaminen kaikkiin sopiviin kohteisiin parantaisi tuotannon virtausta ja keventäisi ohjausta. Varaston osalta tulisi seurata varaston arvon kehitystä ja peilata sitä toimitusvarmuuteen. Mikäli toimitusvarmuus alkaa pudota, voidaan varastotasoa nostaa kunnes on

selvitetty miksi toimitusvarmuus heikentyi. Käyttäen jatkuvaa virtausta käsittelevässä kappaleessa esitettyä analogiaa, varaston vedenpintaa tulee laskea aktiivisesti kunnes esiin nousee kareja. Pintaa voidaan hetkellisesti nostaa kunnes kari on poistettu, minkä jälkeen pintaa voidaan taas laskea alemmas. Tämä on osa leanin mukaista jatkuvaa parantamista.

Yksittäisiä kehityshankkeita, joita jatkossa olisi suositeltavaa toteuttaa, on ainakin asetusaikojen tutkiminen ja lyhentäminen. Joillain laitteilla asetusajat ovat jopa useita tunteja. Muun muassa lean-työkalujen joukossa on tekniikoita, joilla asetusaikoja voidaan systemaattisesti lyhentää. Tämä mahdollistaisi pienemmät eräkoot ja nopeamman läpimenoajan tuotannossa. Toinen huomattavasti mittavampi kehityshanke olisi tehtaan layoutin muuttaminen. Tämä vaatisi paljon tutkimusta mahdollisesti jopa muutoksia yrityksen strategiassa. Esimerkiksi alihankinnan ja omien tuotteiden yhteensovittamista tulisi tarkastella huolellisesti. Layout-muutoksessa olisi kuitenkin erittäin suuri potentiaali lisätä tuotannon virtausta huomattavasti ja lyhentää läpimenoaikaa merkittävästi. Muutoksen suunnittelussa olisi paikka seuraavalle diplomityöntekijälle.

9 YHTEENVETO

Työ alkoi yrityksen tuotteistoon, varastoon ja tuotantoon tutustumalla. Alkuvaiheessa käytiin läpi suuri määrä dataa, jonka pohjalta analysointiin yrityksen nykytilaa. Kaksiulotteinen ABC-analyysi toi ilmi, että yrityksen nimikkeistössä on suuri määrä erittäin hitaasti tai ei ollenkaan liikkuvaa tavaraa, joka muodostaa kuitenkin vajaan viidenneksen nykyisestä varaston arvosta. Yrityksen noin 4000 nimikkeestä 1000 muodostaa käytännössä kaiken menekin. Myös värivalikoimasta oli selkeästi havaittavissa suositut värit ja sellaiset värit, joilla kysyntää ei ollut juuri laisinkaan. Varaston kiertonopeus nykytilassa on hieman yli 3. Yrityksen edustajien kanssa keskusteltaessa oltiin yhtä mieltä siitä, että arvo on liian pieni nykymaailmassa.

Alustavien analyysien pohjalta päätettiin, että 4-5 suosituinta väriä jokaisesta kolmesta päätuoteryhmästä pidettäisiin varastossa ja loput siirtyisivät tilausohjautuviksi. Varastoon jäävät tuotteet muodostavat noin 98 % kysynnästä, mutta vain 90 % nykyisestä varastosta. Nimikkeille laskettiin uudet varastonohjauksen parametrit käyttämällä tilastomatematiikkaan perustuvaa lähestymistapaa tilauspistejärjestelmän tilauspisteen määrittämisessä. Eräkokojen määrittämisessä matemaattista lähestymistapaa ei koetta tarpeelliseksi, vaan eräkoot määriteltiin vastaamaan 4, 26 ja 52 viikon keskimääräistä kysyntää. Laskelmat osoittivat, että yritys pystyisi toimimaan nykyisellä palvelutasolla puolta pienemmillä varastoilla. Varaston kiertonopeus vastaavasti kaksinkertaistuisi.

Tuotannon kehitystoimia pohdittaessa käytiin paljon keskustelua yrityksessä eri henkilöiden kanssa. Tuotannonohjauksessa päädyttiin kanban-järjestelmän käyttöön maalattavien volyymituotteiden puolivalmisteilla. Järjestelmä poistaisi ylimääräistä rutiinityötä tuotannonsuunnittelusta antamalla vastuun täydennyksistä työtekijöille, mikä puolestaan nopeuttaa läpimenoaikaa kyseisillä

nimikkeillä. Muita nimikkeitä puolestaan ohjattaisiin nykyisellä systeemillä, jossa tuotannonsuunnittelu tekee tuotannon töistä työmääräimen. Pelisääntöjä pitäisi kuitenkin kehittää, jotta tuotannonsuunnittelu pystyisi lyömään lukkoon tuotantosuunnitelman lyhyelle aikavälille niin että siihen tulisi mahdollisimman vähän muutoksia. Tämä mahdollistaisi tehokkaamman kapasiteetin suunnittelun lyhyellä aikavälillä. Voimakas sesonkivaihtelu tuo myös oman haasteensa yrityksen toimintaan. Kapasiteetti ei välttämättä riitä huippusesongin aikana ja vastaavasti hiljaisina kuukausina on ylimääräistä kapasiteettia. Työntöohjautuvalla ennusteeseen perustuvalla tuotannolla voitaisiin tasoittaa kapasiteettia, kunhan valitaan tarkasti mitä nimikkeitä valmistetaan varastoon. Henkilöstökapasiteettia on myös mahdollista nostaa sesonkikuukausien ajaksi, mikä hieman vähentää tarvetta työntöohjautuvalle valmistukselle.

LÄHTEET

Chapman, S. 1989. Just-In-Time supplier inventory: an empirical implementation model. *International Journal of Production Research.* Vol. 27, No. 12, s. 1993-2007.

Fogarty, D; Blackstone, J. & Hoffman, T. 1991. Production & inventory management. Cincinnati, Ohio, South-Western Publishing Oy. 870 s.

Heizer, J. & Render, B. 2011. Principles of operations management. New Jersey, Pearson Education Inc. 696 s.

Hines, P. & Taylor, D. 2000. Going lean. Cardiff Business School, Lean Enterprise Research Centre. 52 s.

Huiskonen, J; Niemi, P. & Pirttilä T. 2005. The role of C-products in providing customer service – refining the inventory policy according to customer-specific factors. *International Journal of Production Economics.* Vol. 93-94, s. 139-149.

Kaplan, R. & Atkinson, A. 1998. Advanced management accounting. New Jersey, Prentice Hall. 816 s.

Liker, J. 2010. Toyotan tapaan. Helsinki, Readme.fi. 323 s.

Machado, V. & Leiner, U. 2010. Lean tools and lean transformation process in healt care. *Internation Journal of Management Science.* Vol. 5, No. 5, s. 383-392.

Porteus, E. 1986. Optimal Lot Sizing, Process Quality Improvement and Setup Cost Reduction. *Operations Research.* Vol. 34, No. 1, s. 137-144.

Scholz-Reiter, B; Heger, J; Meinecke, C. & Bergmann, J. 2012. Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*. Vol. 61, No. 4, s. 445-451.

Silver, E; Pyke, D. & Peterson R. 1998. Inventory Management and Production Planning and Scheduling. New York, John Wiley & Sons, Inc. 754 s.

Slack, N; Chambers, S. & Harland, C. 2001. Operations management. Harlow, Pearson Education Limited. 765 s.

Zipkin, P. 1995. Processing networks with planned inventories: Tandem queues with feedback. *European Journal of Operational Research.* Vol 80, No. 2, s. 344-349.