

**VAASAN YLIOPISTO
TEKNILLINEN TIEDEKUNTA
TUOTANTOTALOUS**

Topi Korpela

**MATERIAALINOHJAUKSEN OHJAUSTAVAT TILAUSOHJAUTUVASSA
TUOTANNOSSA**

Case: ABB Oy, Motors & Generators, Vaasa

Tuotantotalouden
pro gradu -tutkielma

VAASA 2014

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENTEET	4
KUVIOT	6
TAULUKOT	7
KAAVAT	8
1. JOHDANTO	11
1.1. Tutkielman kohde ja taustaa	11
1.2. Tutkielman tavoitteet ja aiheen rajaus	12
1.3. Tutkimusmenetelmät	13
1.4. Tutkielman rakenne	14
2. MATERIAALINOHJAUS JA VARASTOT	15
2.1. Materiaalinohjauksen tehtävät ja tavoitteet	15
2.2. Varastojen ja varastoinnin määritelmiä	16
2.2.1. Erilaisia varastotyyppisiä	17
2.2.2. Varastoinnin hyödyt	18
2.2.3. Varastoinnin haitat	19
2.2.4. Varaston mittarit ja tunnusluvut	20
2.2.5. Varaston palvelutaso	22
3. VARASTONHALLINNAN MENETELMÄT	24
3.1. Työntöohjaus	24
3.2. Imuohjaus ja JOT-tuotantofilosofia	25
3.2.1. Kanban	26
3.2.2. Kanbanin variaatiot	27
3.2.3. CONWIP	29
3.2.4. Muita imuohjauksen ohjausperiaatteita	31
3.3. Tilauslähtöinen ohjaus	31
3.4. Varastolähtöinen ohjaus	33
3.4.1. Taloudellisen eräkoon menetelmä	33

3.4.2. Tilauspiste- ja tilausvälimenetelmä	35
3.4.3. Kahden laatikon menetelmä	37
3.4.4. Toimittajan valvoma varasto	38
4. NIMIKKEIDEN LUOKITTELU ANALYYSIEN AVULLA	40
4.1. Pareton 20/80-periaate	40
4.2. ABC-analyysi	41
4.2.1. ABC-analyysin toteuttaminen käytännössä	42
4.2.2. ABC-analyysin luokkien ohjaussuositukset	44
4.3. XYZ-analyysi	48
4.3.1. ABC- ja XYZ-analyysien yhdistäminen	49
4.3.2. Yhdistetyn ABC- ja XYZ-analyysin luokkien ohjaussuositukset	50
4.4. Muita luokittelumalleja	52
5. ABC-XYZ-ANALYYSI ABB:N MATERIAALINOHJAUKSEN TYÖKALUNA	53
5.1. Yleisiä asioita moottorituotannosta	53
5.2. Speed2Win-projekti	55
5.3. Tavoitteellinen palvelutaso eri nimikeluokille	55
5.4. Luokitteluprosessin kulku	56
5.5. ABC-analyysin luokittelukriteerit	57
5.6. XYZ-analyysin luokittelukriteerit	59
5.7. ABC-XYZ-analyysien suorittaminen	61
5.8. ABC-XYZ-analyysin nimikejakauma kappalemääräisessä kulutuksessa	62
6. ABC-XYZ-ANALYYSIEN TULOKSET JA OHJAUSSUOSITUKSET	64
6.1. Nimikkeiden jakautuminen nimikeluokkiin AL10-kokoonpanolinjan kohdalla	64
6.2. Nimikkeiden jakautuminen nimikeluokkiin AL2A-kokoonpanolinjan kohdalla	67
6.3. Materiaaliryhmien jakautuminen nimikeluokkiin	70
6.3.1. AL10-kokoonpanolinjan materiaaliryhmien jakautuminen nimikeluokkiin	70
6.3.2. AL2A-kokoonpanolinjan materiaaliryhmien jakautuminen nimikeluokkiin	71
6.4. Materiaalinohjauksen nykytila ja käytetyt SAP-ohjausparametrit	71

6.4.1. SAP-ohjausparametrit	71
6.4.2. AL10-kokoonpanolinjan kohdalla käytetyt ohjausparametrit	73
6.4.3. AL2A-kokoonpanolinjan kohdalla käytetyt ohjausparametrit	74
6.5. Nimikeluokkien ohjaussuosituksset	76
6.6. Nimikkeiden siirtyminen nimikeluokasta toiseen	80
7. YHTEENVETO	82
LÄHDELUETTELO	85
LIITTEET	91

LYHENTEET

ABB = Asea Brown Boveri.

AHP = Analyttinen hierarkiaproessi eli moniulotteinen nimikkeiden luokittelumalli.

AL = Assembly line eli kokoonpanolinja.

ATO = Assemble-To-Order eli tilauslähtöinen ohjaustapa, jossa tuote kootaan tilauksen saavuttua.

CONWIP = COntant Work In Process eli imuohjauksen toteutustapa, jossa ainoastaan ensimmäinen työpiste tuotantoprosessissa toimii imuohjauksen mukaisesti ja muut työpisteet työntöohjausperiaatteen mukaisesti.

EOQ = Economic Order Quantity. Taloudellisen eräkoon menetelmä on keino määritellä optimaalinen tilauserän koko.

ETO = Engineer-To-Order eli tilauslähtöinen ohjaustapa, jossa tuote suunnitellaan tilauksen saavuttua.

JIT = Just-In-Time. Tuotantofilosofia, jossa tuotteita ja raaka-aineita on saatavilla juuri oikeaan aikaan, juuri oikeaan paikkaan ja juuri oikeaan tarpeeseen.

JOT = Juuri Oikeaan Tarpeeseen. Suomessa käytetty nimitys JIT -tuotantofilosofiasta.

Kanban = Imuohjauksen toteutustapa. Materiaalivirtojen ohjausmekanismi, joka perustuu kanban-kortteihin.

Lean = Johtamisfilosofia, joka keskittyy kaiken turhan poistamiseen prosesseista.

MRP = Material Requirements Planning. Materiaalitarvelaskenta. Tuotannon suunnittelutyökalu työntöohjauksessa.

MTO = Make-To-Order. Tilauslähtöinen ohjaustapa, jossa tuotteen tuotanto aloitetaan tilauksen saavuttua.

MTS = Make-To-Stock. Tuotannon ohjaustapa, jossa tuotteita tuotetaan varastoon.

POLCA = Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization. Materiaalinohjausmetodi Quick Response Manufacturing -tuotantoympäristöön.

Push = Tuotannon työntöohjaus. Työntöohjauksessa tuotanto perustuu ennustettuun tulevaan kysyntään

Pull = Tuotannon imuohjaus. Imuohjaus perustuu kysyntälähtöiseen ohjaukseen, jossa asiakaskysynnästä johdettu signaali aloittaa tuotannon.

QRM = Quick Response Manufacturing. Rajan Surin kehittämä tuotantofilosofia, jossa yrityksen organisaatiosta muodostetaan itsenäisiä QRM -soluja.

TPS = Toyota Production System. Toinen nimitys JIT -tuotantofilosofialle.

VMI = Vendor Managed Inventory. Toimintamalli, jossa toimittaja seuraa toimittamiensa nimikkeiden varastotasojen kehittymistä asiakkaan varastossa.

KUVIOT

Kuvio 1. Kanbanin variaatiot.	28
Kuvio 2. CONWIP:n ja kanbanin toimintaperiaatteet.	29
Kuvio 3. Tilaus- ja varastointikustannukset tilauserän koon suhteen.	34
Kuvio 4. Nimikkeen tilauspisteohjaus.	37
Kuvio 5. Esimerkki nimikkeiden luokittelusta ABC-analyysissä.	42
Kuvio 6. Varastovalvontaperiaatteiden valinta.	46
Kuvio 7. Esimerkki nimikkeiden luokittelusta XYZ-analyysissä.	48
Kuvio 8. Yhdistetty ABC- ja XYZ-analyysi.	50
Kuvio 9. ABC-XYZ-analyysin nimikejakauma.	51
Kuvio 10. Palvelutasojen tavoitteet eri nimikeluokille.	56
Kuvio 11. Kappalemääräiseen kulutukseen perustuva ABC-XYZ-analyysin nimikejakauma.	63
Kuvio 12. Nimikkeiden kulutuksen jakautuminen ABC-luokkiin AL10-linjan kohdalla.	65
Kuvio 13. Nimikkeiden jakautuminen nimikeluokkiin AL10-linjan kohdalla.	66
Kuvio 14. Nimikkeiden kulutuksen jakautuminen ABC-luokkiin AL2A-linjan kohdalla.	68
Kuvio 15. Nimikkeiden jakautuminen nimikeluokkiin AL10-linjan kohdalla.	69

TAULUKOT

Taulukko 1. Esimerkki perinteisen ABC-analyysin toteuttamisesta käytännössä.	44
Taulukko 2. Kokoonpanolinjat.	54
Taulukko 3. Esimerkki AL2A-kokoonpanolinjan ABC-luokittelusta ja luokkarajoista.	58
Taulukko 4. AL10-kokoonpanolinjan nimikeluokkien ohjausparametrit.	74
Taulukko 5. AL2A-kokoonpanolinjan nimikeluokkien ohjausparametrit.	75
Taulukko 6. Nimikeluokkien ohjaussuositukset.	77

KAAVAT

Kaava 1. Varaston kiertonopeuden laskentakaava.	21
Kaava 2. Varaston pysähdysajan laskentakaava.	21
Kaava 3. Vaihto-omaisuuden osuuden laskentakaava.	21
Kaava 4. Palvelutason laskentakaava.	22
Kaava 5. Puuteprosentin laskentakaava.	23
Kaava 6. Taloudellisen eräkoon laskentakaava.	35
Kaava 7. Tilauspisteen laskentakaava.	36
Kaava 8. Tilauspisteen laskentakaava määräväleihin tehtäville hankinnoille.	36
Kaava 9. Keskihajonnan laskentakaava.	60
Kaava 10. Keskiarvon laskentakaava.	60
Kaava 11. Variaatiokertoimen laskentakaava.	60

VAASAN YLIOPISTO**Teknillinen tiedekunta**

Tekijä:	Topi Korpela
Tutkielman nimi:	Materiaalinohjauksen ohjaustavat tilausohjautuvassa tuotannossa. Case: ABB Oy, Motors & Generators, Vaasa
Ohjaajan nimi:	Päivi Haapalainen
Tutkinto:	Kauppätieteiden maisteri
Oppiaine:	Tuotantotalous
Opintojen aloitusvuosi:	2008
Tutkielman valmistumisvuosi:	2014

Sivumäärä: 94

TIIVISTELMÄ:

Tämä tutkielma tehdään toimeksiantona ABB Oy:n, Motors & Generators -liiketoimintayksikön Vaasan sähkömoottoritehtaalle ja sen tavoitteena on materiaalinohjauksen kehittäminen, jotta kohdeyrityksen palvelutasoa pystytään nostamaan ja varastotasoja optimoimaan.

Tutkielman teoriaosuudessa tarkastellaan materiaalinohjauksen periaatteita, erilaisia varastoja ja varastoinnin tunnuslukuja sekä perehdytään erilaisiin nimikkeiden luokittelutapoihin. Varsinainen empiirinen tutkimus suoritetaan tapaustutkimuksena, jossa 1.5.2013–31.10.2013 välisenä aikana kohdeyrityksen AL10- ja AL2A-kokoonpanolinjoilla kulutetut nimikkeet luokitellaan yhdistettyjen ABC- ja XYZ-analyysien avulla nimikeluokkiin. Nimikkeiden puolen vuoden kulutushistoria haetaan SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä. Analyysit suoritetaan molemmille kokoonpanolinjoille erikseen kappalemääräiseen kulutukseen ja kulutuksen vaihteluun perustuen.

ABC- ja XYZ-analyysien tulosten perusteella pystyttiin kartoittamaan nimikkeiden käyttäytymistä, havaitsemaan materiaalinohjauksen ongelmakohdat ja esittämään niihin selkeitä kehitysehdotuksia. Analyysien tulosten avulla havaittiin, että erityisesti halpojen nimikkeiden ohjaustavoissa on paljon kehitettävää ja ohjaustapoja muuttamalla voidaan päästä parempiin lopputuloksiin. ABC- ja XYZ-analyysien avulla luokiteltujen nimikkeiden nimikeluokille määriteltiinkin uudet ohjaussuositukset. Myös analyysien toistamiseen jatkossa luotiin selkeät kriteerit, jotta nimikkeiden luokitusta voidaan muuttaa tulevaisuudessa niiden käyttäytymisen muuttuessa.

AVAINSANAT: Materiaalinohjaus, ABC-analyysi, XYZ-analyysi, palvelutaso

UNIVERSITY OF VAASA
Faculty of technology**Author:**

Topi Korpela

Topic of the Master's Thesis:

Material control methods in order driven production. Case: ABB Oy, Motors & Generators, Vaasa

Instructor:

Päivi Haapalainen

Degree:

Master of Science in Economics and Business Administration

Major subject:

Industrial Management

Year of Entering the University:

2008

Year of Completing the Master's Thesis: 2014**Pages:** 94

ABSTRACT

This master's thesis is made by the order of Motors & Generators business unit of ABB Oy. This study deals with ABB's electric motor factory which is located in Vaasa and the purpose of the study is to develop material management, so that the service level can be improved and the inventory levels can be optimized.

In the theoretical part of this study introduces the principles of material management, different kind of inventories, key figures of inventories and different methods for the classification of the items. The actual empirical research is implemented by a case study, where the consumption of the items and fluctuation of consumption during the period 1.5.2013–31.10.2013 in production lines AL10 and AL2A are classified by ABC- and XYZ-analysis. Half-year consumption history of the items is picked up from the SAP ERP system. The analyses are performed separately for both production lines and ABC-analysis based on consumption of items (number of pieces) and XYZ-analysis based on fluctuation of consumption.

Based on the results of the ABC- and XYZ-analyses it was possible to identify behavior of the items, notice problems of material control and develop better material control system. The results of analyses showed that there is still room for improvement, especially of the material control methods of the low value items and the changing of the control methods could lead to better outcomes. That is why new material control recommendations were determined to different item classes. The guidelines to repeat the analysis in the future were determined, so that consumption and fluctuation of consumption can be monitored and classification of the items can be changed if the behavior of the items will change.

KEYWORDS: Material control, ABC-analysis, XYZ-analysis, service level

1. JOHDANTO

Varastojen ja materiaalien suunnittelu, hallinta sekä ohjaus ovat yritysjohton tärkeimpiä huolenaiheita kaikenlaisessa liiketoiminnassa ympäri maailman. Tehokas materiaalinohjaus ja varastonhallinta ovat olennainen seikka kilpailukyvyn parantamiseksi ja toimitusketjun täyden potentiaalin realisoimiseksi. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2010: 434–437) Varastot ja materiaalit sitovat yhä nykypäivänäkin monessa yrityksessä merkittävän osan toimitusketjun pääomasta. Hyvä ja huolellinen materiaalinohjaus ja varastonhallinta mahdollistavat varastotasojen pitämisen mahdollisimman alhaalla, mutta riittävänä materiaalien ja tuotteiden saatavuuden varmistamiseksi. Huolellinen ja tehokas materiaalinohjauksen toteutus on tärkeä taloudellinen päätös, koska täten pystytään saavuttamaan huomattavia säästöjä sekä strategista kilpailuetua. (Ballou 2004: 326–390)

1.1. Tutkielman kohde ja taustaa

Kilpailuedun saavuttamiseksi markkinoilla, yritysten on pystyttävä yhä paremmin tyydyttämään asiakkaiden erilaisia tarpeita. Erilaiset asiakkaiden tarpeita vastaavat tuoteräätälöinnit ovat arkipäivää monen yrityksen liiketoiminnassa. Tämä on johtanut siihen, että jopa pienten yritysten käytössä saattaa olla tuhansia erilaisia nimikkeitä, mikä asettaa aivan uudenlaisia haasteita yritysten materiaalinohjaukselle. (Guvenir & Erel 1998: 29–37)

Tämä pro gradu -tutkielma tehdään toimeksiantona ABB Oy:n Motors & Generators -liiketoimintayksikön Vaasan sähkömoottoritehtaalalle. ABB Oy on ruotsalais-sveitsiläinen, pääosin sähkövoima- ja automaatioteknologiaratkaisuja valmistava konserni. Yritys toimii yli 100 maassa ja sen palveluksessa on yli 150 000 työntekijää, joista Suomessa noin 6600. Kohdeyrityksen liiketoiminta koostuu viidestä divisioonasta: sähkövoimajärjestelmistä, sähkökäytöistä ja kappaletavara-automaatiosta, sähkövoimatuotteista, pienjännitetuotteista sekä prosessiautomaatiosta. ABB Oy:n sähkömoottorituotanto on osa sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio divisioonaa. (ABB 2013)

Tutkielma käsittelee ABB Oy:n Motors & Generators -liiketoimintayksikön Vaasan moottoritehtaan materiaalinohjauksen ohjaustapoja tilausohjautuvassa tuotannossa. Motors & Generators -liiketoimintayksikössä valmistetaan sähkömoottoreita erilaisiin vaa-

tiviin olosuhteisiin, kuten esimerkiksi Ex-moottoreita räjähdysvaarallisiin tiloihin ja rullaratamoottoreita etenkin metalliteollisuuden käyttöön. Usein moottorit ovat ainakin jonkin verran räätälöityjä, tuoterakenteet monitahoisia ja valmistettavia tuoteperheitä useita, minkä johdosta tuotannossa kulutettujen nimikkeiden määrä on suuri. Lisäksi nimikkeet käyttäytyvät erilaisilla kulutuksellaan ja kulutuksen vaihtelultaan, mikä luo edelleen lisää haasteita materiaalinohjaukselle. Nykyisellään tuotannossa kulutettujen eri tavalla käyttäytyvien nimikkeiden ohjaukselle ei ole olemassa minkäänlaista yhtenäistä ohjauspolitiikkaa, vaan ohjaustavat saattavat olla hyvin erilaisia, jopa samankaltaisesti käyttäytyvien nimikkeiden kesken. Yhtenäisten ohjaustapojen puute aiheuttaa niin varastojen liiallista kasvua kuin materiaalipuutteitakin.

1.2. Tutkielman tavoitteet ja aiheen rajaus

Tutkielmassa tarkastellaan yrityksen kahden eri tuotantolinjan kuluttamia nimikkeitä 1.5.2013–31.10.2013 väliseltä ajalta. Nämä puolen vuoden aikana kulutetut nimikkeet luokitellaan niiden kulutuksen ja kulutuksen vaihtelun perusteella nimikeluokkiin. Tutkielman tavoitteena on selvittää eri nimikeluokille parhaat toteutettavissa olevat materiaalinohjauksen ohjaustavat halutun palvelutason varmistamiseksi ja kustannusten minimoimiseksi. Lisäksi tavoitteena on selvittää ja määrittää ne seikat, joiden perusteella nimike voi siirtyä nimikeluokasta toiseen ajan saatossa.

Tutkielma koostuu kahdesta tutkimuskysymyksestä:

1. Mitkä ovat parhaat toteutettavissa olevat materiaalinohjauksen ohjaustavat luokituksille nimikkeille?
2. Millä perusteella nimikkeiden luokitusta voidaan muuttaa ajan saatossa?

Aihe on rajattu siten, että tutkimuksessa tutkitaan vain AL10- ja AL2A-kokoonpanolinjoilla 1.5.2013–31.10.2013 välisenä aikana kulutettuja nimikkeitä. Tarkastelun ulkopuolelle jää siis kaikki nimikkeet, joilla ei ole aikavälillä ollut kulutusta. Kulutushistoria haetaan SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä ja sen pohjalta nimikkeet luokitellaan eri nimikeluokkiin analyysien avulla.

1.3. Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen teoriaa varten kerään tietoa aiheeseen liittyvistä tieteellisistä artikkeleista, julkaisuista sekä elektronisista lähteistä. Tutkielmaan käytetty tieteellinen materiaali koostuu pääsääntöisesti EBSCOhostista ja ScienceDirectistä saatavilla olevista tieteellisistä artikkeleista, tiedekirjasto Tritoniasta saatavilla olevista julkaisuista, elektronisista kirjoista, internetlähteistä sekä kohdeyrityksen toimittamista aiheeseen liittyvistä materiaaleista. Lisäksi säännöllisin väliajoin ABB:llä pidettävien palaverien avulla seurataan tutkielman edistymistä sekä ohjataan tutkimusta tarpeen mukaan.

Tutkielma on luonteeltaan laadullinen tutkimus, jossa kohdeyrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä saatavaa tarkasti rajattua numeerista aineistoa käsitellään tilastollisesti. Perehtymällä syvällisesti tarkasteltavaan aineistoon, pyritään havainnoimaan tutkimuksen kannalta oleelliset seikat ja ilmiöt. Kiviniemen (2001: 68) mukaan laadulliselle tutkimukselle onkin tyypillistä aineiston keruu havainnoimalla ja aineiston valinnassa tarkkaan harkitun näytteen suosiminen satunnaisotannon sijaan. Hän myös mainitsee, että laadullisessa tutkimuksessa aineiston käsittely on kokonaisvaltaista ja tutkittavaa ilmiötä pyritään ymmärtämään suhteessa kontekstiinsa, mikä on tyypillistä myös tässä tutkimuksessa. (Kiviniemi 2001: 68)

Tutkielmaa varten kohdeyrityksen puolen vuoden aikana kahdella eri tuotantolinjalla kulutetut nimikkeet jaetaan ryhmiin. Luokitteluun käytetään ABC-analyysiä, jonka avulla nimikkeet saadaan luokiteltua niiden kulutuksen perusteella nimikeryhmiin. ABC-analyysiin yhdistetään myös XYZ-analyysi kulutuksen vaihtelun selvittämiseksi. Näiden kahden analyysin avulla nimikkeet jaetaan nimikeryhmiin niiden kulutuksen käyttäytymisen perusteella. Tämän jälkeen jokaisella nimikeryhmälle pyritään löytämään sopiva ohjaustapa palvelutason parantamiseksi.

Koska nimikkeiden kulutus ja kulutuksen vaihtelu saattavat muuttua ajan saatossa, tutkielmassa määritellään myös kriteerit, joiden perusteella nimikkeet voivat siirtyä nimikeryhmästä toiseen. Nimikkeen siirtyminen nimikeryhmästä toiseen aiheuttaa samalla usein myös nimikkeeseen kohdistettavan ohjaustavan muuttumisen, joten kriteerien määrittelyssä tulee olla huolellinen.

Hirsjärven, Remeksen ja Sajavaaran (2012: 231–233) mukaan tutkimuksen reliiäbelius tarkoittaa mittaustulosten toistettavuutta tai luotettavuutta ja validius tutkimuksen päte-

vyyttä eli kykyä mitata juuri sitä, mitä on tarkoituskin mitata. Heidän mukaansa tutkimuksen validiutta ja reliaabeliutta voidaan mitata usealla eri tavalla. Yksi usein käytetty tapa on tehdä sama tutkimus useampaan kertaan ja verrata tuloksia keskenään. Tässä tutkielmassa tutkimuksen tuloksia verrataan aiemmin kohdeyrityksen Speed2Win-projektin yhteydessä tehtyihin tutkimuksiin ja pyritään täten varmistamaan tutkimustulosten reliaabelius ja validius. Hirsjärvi ym. (2012: 231–233) korostavat, että erityisesti laadullisessa tutkimuksessa tutkimuksen luotettavuutta parantaa tutkijan mahdollisimman tarkka selostus tutkimuksen toteutusmenetelmistä. Tässäkin tutkielmassa pyritään kertomaan mahdollisimman tarkasti miten tutkimus tehdään ja miten saavutettuihin lopputuloksiin päästään, jotta tutkimuksen reliaabelius ja validius voitaisiin varmistaa. (Hirsjärvi ym. 2012: 231–233)

1.4. Tutkielman rakenne

Tämän tutkielman tekeminen aloitettiin lokakuun 2013 alussa ja se valmistui helmikuun lopulla vuonna 2014. Tieteellisten lähteiden etsiminen ja tutkiminen sekä empiirisen materiaalin kerääminen ja analysointi suoritettiin asteittain kohdeyrityksen tarpeet ja aikataulu huomioiden.

Tutkielma jakaantuu rakenteeltaan teoria- ja empiriaosaan. Tutkielman toisessa, kolmannessa ja neljännessä luvussa käydään läpi työn teoreettista viitekehystä ja paneudutaan tarkemmin muun muassa materiaalinohjaukseen ja varastoihin (luku 2), erilaisiin varastohallinnan menetelmiin (luku 3) ja nimikkeiden luokitteluun ABC- ja XYZ-analyysien avulla (luku 4). Viidennestä luvusta alkaa työn empiriaosuus. Siinä käydään läpi yrityksen nykytila, miten ja missä järjestyksessä tutkimus toteutetaan ja mitä työkaluja käytetään. Kuudennessa luvussa käsitellään tutkimuksen tuloksia, luodaan tutkimustulosten pohjalta ohjaussuosituksia eri nimikeluokille ja määritellään säännöt tutkimuksen toistamiselle tulevaisuudessa. Lopuksi vielä seitsemännessä luvussa vedetään langat yhteen yhteenvedon muodossa.

2. MATERIAALINOHJAUS JA VARASTOT

Materiaaliohjaus ja -hallinta käsittävät yrityksen raaka-aineiden, puolivalmisteiden ja lopputuotteiden, varastoinnin, hankinnan sekä jakelun ohjauksen ja hallinnan. Materiaaliohjauksen kautta ohjataan kaikkia yrityksen materiaalivirtoja toimittajilta aina asiakkaalle saakka. Materiaaliohjauksen ja hankintatoimen merkitys on kasvanut viime vuosina, koska materiaalihankintojen osuus yritysten kustannusrakenteesta on kasvanut kiihtyvää tahtia viimeisten vuosikymmenien aikana. Samaan aikaan varastojen kokoa on pyritty jatkuvasti selvästi pienentämään ja tilaus-toimitusprosessien aikajänteitä on lyhennetty huomattavasti. Yhdessä nämä tavoitteet edellyttävät materiaalitoimintojen tehokasta hallintaa ja organisointia. (Haverila, Kouri, Miettinen & Uusi-Rauva 2005: 443)

2.1. Materiaaliohjauksen tehtävät ja tavoitteet

Karruksen (2005: 77) mukaan materiaalivirrat ostosta ja raaka-aineista valmiiksi tuotteiksi on tärkeä materiaaliohjauksen suunnittelukohde, jossa tulee ottaa huomioon myös olemassa olevat varastot. Useissa teollisuusyrityksissä varastoissa on kiinni suuri määrä pääomaa, joten pelkkä kapasiteetin ja työvaiheiden ohjaus ei riitä. Erityisesti keskeneräiseen tuotantoon liittyy voimakasta kustannusten kertymistä ja toimituksiin liittyviä lupauksia, joten materiaalivirtojen ohjaamiseksi tarvitaan kokonaisvaltaista materiaalien ohjausta. (Karrus 2005: 77)

Haverila ym. (2005: 449) mukaan varastotasojen suunnittelu on materiaaliohjauksen yksi tärkeimmistä tehtävistä. Varastojen tulee olla tarpeeksi suuret, että toimituskyky ja palvelutaso pystytään turvaamaan, mutta toisaalta varastoinnin sitoma pääoma tulee pystyä pitämään minimissään. Haverila ym. (2005: 443–444) määrittelevätkin materiaaliohjaukselle kaksi keskeistä päätavoitetta. Ensimmäisen tavoitteen mukaan materiaaliohjauksen tulee pystyä varmistamaan haluttu palvelutaso. Palvelutaso muodostuu muun muassa tuotteiden saatavuudesta ja toimitusajan pituudesta. Materiaaliohjauksen toimintoja tulisi pyrkiä kehittämään siten, että varastot pystyvät palvelemaan sekä loppuasiakasta, että omaa tuotantoa halutulla tavalla. Materiaalitoiminnoilta vaadittu palvelutaso on yksi yrityksen tärkeimmistä strategisista päätöksistä. Toinen materiaaliohjauksen päätavoite on pyrkiä minimoimaan materiaalihallinnan kokonaiskustannukset. Materiaaliohjauksen kokonaiskustannukset koostuvat ostettavien materiaalien hinnasta ja ostojen kustannuksista, kuljetus-, vastaanotto- ja tarkastuskustannuksista, varastointi- ja

jakelukustannuksista, materiaalivirheiden tuotannossa aiheuttamista kustannuksista sekä puute- ja reklamaatiokustannuksista. (Haverila ym. 2005: 443–444)

2.2. Varastojen ja varastoinnin määritelmiä

Varastot ja varastointi liittyvät aina jollain tapaa materiaalinohjaukseen. Bozarth & Handfield (2008: 437) määrittelevät varaston tavaroiksi tai nimikkeiksi, joita käytetään tukemaan tuotantoa (raaka-aineet ja keskeneräinen tuotanto), avustamaan toimintoja (huoltoa, kunnossapitoa ja hankintoja) sekä ylläpitämään asiakaspalvelua (valmiit tuotteet ja varaosat). (Bozarth ym. 2008: 437) Tavallisessa arkikielessä varastolla tarkoitetaan yleensä tilaa jossa säilytetään tavaroita. Taloudellisessa kielenkäytössä varastolla kuitenkin tarkoitetaan koko yrityksen vaihto-omaisuutta riippumatta siitä, missä kohdassa arvoketjua se sattuu kulloinkin olemaan tai missä sitä fyysisesti säilytetään. (Sakki 2009: 101–114)

Tuote- ja materiaalivarastot ovat tärkeitä kaikentyypisille organisaatioille ja toimitusketjuille. Varastoja tarvitaan tuotantoprosessin eri vaiheiden kytkennässä ja toimitusketjun turvaamisessa. Varastot sitovat kuitenkin paljon pääomaa ja ovat merkittävä kustannustekijä yritykselle. (Haverila 2005: 445–453; Krajewski ym. 2010: 434–437) Varastoihin sijoitetut varat ovat poissa yrityksen muista mahdollisista sijoituskohteista, mutta varastoinnilla on silti tärkeä rooli, sillä tuotteiden ja materiaalien saatavuus on monesti avaintekijä pyrittäessä kannattavaan liiketoimintaan. Yritykset joutuvatkin usein tasapainottelemaan kahden keskeisen ongelman kanssa. Toisaalta liian isot varastot vähentävät yrityksen kannattavuutta, mutta toisaalta taas liian pienet varastot aiheuttavat puutteita toimitusketjussa ja lopulta vahingoittavat asiakkaiden luottamusta yritykseen. (Krajewski ym. 2010: 434–437)

Logistiikkaprosesseissa varastoiminen ja kuljettaminen ovat usein toistensa vastapainoja. Kuljetuskustannuksia suhteessa kuljetetun tavarahan arvoon voidaan alentaa kuljettamalla suurempia tavaramääriä, mutta samalla suuret kertakuljetuserät voivat kuitenkin kasvattaa varastoja. Suhde varastoinnin ja kuljettamisen välillä ei kuitenkaan ole niin ilmeinen, vaan suhteet niiden välillä on usein huomattavasti monimutkaisempia. (Sakki 2009: 101–114) Karruksen (2003: 34–36) mukaan varastoinnin kohteena ovat ensisijaisesti välttämättömät raaka-aineet ja tuotteet, jotka ovat saatavuudeltaan tai menekiltään epävarmoja tai hitaasti saatavia.

2.2.1. Erilaisia varastotyyppejä

Sakki (2009: 101–114) luokittelee varastot kolmeen päätyyppiin: raaka-aine-, puolivalmiste- ja valmistevalmisteisiin. Raaka-ainevarastoissa säilytetään kaikkia tuotteeseen tarvittavia raaka-aineita, materiaaleja, komponentteja ja osia. Puolivalmistevalmiste varasto koostuu keskeneräisestä tuotannosta ja valmistevalmiste myyntiä odottavista valmiista tuotteista. (Sakki 2009: 101–114)

Sakin tapaan myös Karrus (2005: 77) luokittelee varastot kolmeen päätyyppiin. Raaka-ainevarastojen tarkoituksena on joko varmistaa halpa hankintahinta tai edesauttaa tuotannon häiriöttömyyttä. Etenkin projektitoiminnassa esiintyvät keskeneräisen tuotannon varastot koostuvat keskeneräisistä tuotteista, joihin on ennustettu käytettävän tai on jo käytetty tietty määrä kapasiteettia ja materiaaleja. Lopputuotevarastot ja varastoidut puolivalmisteet muodostavat Karruksen mainitseman kolmannen varastotyyppin. (Karrus 2005: 77)

Hopp ja Spearman (2011: 603–607) jakavat tuotantoketjussa esiintyvät varastot neljään kategoriaan: raaka-ainevarastoihin, keskeneräisen tuotannon varastoihin, lopputuotevarastoihin sekä varaosavarastoihin. Kaikki teollisuuslaitokset tarvitsevat raaka-ainevarastoja, koska materiaalien saaminen täsmälleen silloin kuin tarvitaan (Just-In-Time, ks. luku 3.2.) ei ole koskaan käytännössä mahdollista täydellisesti. Keskeneräisen tuotannon varastot sisältävät kaikki keskeneräiset osat tai tuotteet, joiden valmistus on vielä kesken tuotantoprosessissa. Lopputuotevarastot taas koostuvat valmiista tuotteista, joita ei ole vielä myyty asiakkaille. Varaosavarastot eivät liity suoranaisesti tuotantoprosessiin, vaan ovat enemmänkin tukitoimintoja. Varaosavarastojen avulla pidetään tuotantoprosessi käynnissä esimerkiksi yllättävien materiaalipuutteiden ilmetessä. (Hopp ym. 2011: 603–607)

Bozarth ym. (2008: 436–440) esittelevät kuusi erilaista tuotantoketjussa esiintyvää varastotyyppiä. Kaksi yleisimmistä esiintyvistä varastotyyppiä ovat käyttövarasto ja varmuusvarasto. Käyttövarasto muodostuu saapuvan toimituserän aiheuttamasta varaston lisäyksestä. Käyttövarasto mielletään usein aktiivivarastoksi, sillä yritykset alituisesti käyttävät ja heidän toimittajat alituisesti täydentävät sitä. Varmuusvarasto on ylimääräinen varasto, jonka avulla yritys suojautuu kysynnän ja tarjonnan epävarmuutta vastaan. Neljä muuta yleisesti esiintyvää varastotyyppiä ovat ennakointivarasto, suojarasto, kuljetusvarasto ja tasoitusvarasto. Ennakointivaraston avulla nimensä mukaisesti ennakoidaan asiakkaiden kysyntää. Suojarasto on eräänlainen varmuusvaraston erikoista-

paus. Sen avulla suojaudutaan esimerkiksi spekulatiivisten hinnan nousujen ja lakkojen varalta. Kuljetusvarastoja esiintyy tavaroiden liikkeessa toimitusketjussa paikasta toiseen etenkin välimatkojen ollessa pitkiä. Tasoitusvarastoja taas käytetään tasoittamaan kysynnän ja tuotannon välisiä eroja. (Bozarth ym. 2008: 436–440)

Sakki (2009) ja Karrus (2005) luokittelevat varastojen päätyypit lähes samoin. Varastotyyppien nimityksissä on hieman eroja, mutta idea molempien luokittelussa on sama. Myös Hopp ym. (2011) määrittelevät varastotyyppit Sakin ja Karruksen kanssa hyvin samankaltaisesti, mutta Hoppin ym. määritelmässä on mukana myös varaosavarasto neljäntenä varastotyyppinä. Bozarth ym. (2008) lähestyvät taas varastointia hieman eri näkökulmasta määrittelemällä kuusi erilaista varastotyyppiä, jotka poikkeavat Sakin, Karruksen ja Hoppin ym. määritelmistä.

2.2.2. Varastoinnin hyödyt

On olemassa lukemattomia syitä miksi varastoja esiintyy toimitusketjuissa. Kun asiakas vaihtaa kilpailijalle, koska jokin tuote on tilapäisesti loppu tai tärkeää projektia ei päästä tekemään valmiiksi materiaalipuutteiden takia, paljastavat varastot kiistattoman hyödyllisyytensä. (Ballou ym. 2004: 326–330; Slack, Chambers, Johnston & Betts 2009: 283–286)

Ballou ym. (2004: 326–330) määrittelevät kaksi seikkaa, jotka tekevät varastoista hyödyllisiä. Ensinnäkin varastot mahdollistavat paremman asiakkaiden palvelun. Yritysten tuotantojärjestelmiä ei ole ehkä suunniteltu vastaamaan kuluttajien äkilliseen ja alati muuttuvaan kysyntään, joten varastojen avulla pystytään paremmin vastaamaan kuluttajien tuotteille asettamiin saatavuusvaatimuksiin. Toiseksi varastot voivat alentaa yrityksen tuotantokustannuksia, vaikkakin varastoihin itsessään liittyy paljon kustannuksia myös. Varastojen olemassa olo vähentää tuotantokustannuksia, koska ne suojaavat kysynnän ja tarjonnan vaihtelua vastaan jolloin tuotantoa voidaan pitää käynnissä tehokkaammin. Varastot myös vähentävät kuljetuksista aiheutuvia kustannuksia, koska ne mahdollistavat suurempien tilauserien tilaamisen ja kuljettamisen. Varaston avulla pystytään myös spekuloidaan materiaalien tai osien hinnoilla, jolloin tulevaisuudessa kalliimpia materiaaleja tai osia voidaan tilata jo aiemmin varastoon pienemmillä kustannuksilla. Lisäksi varastot voivat antaa suojaa erilaisia shokkeja vastaan. Tällaisia shokkeja saattavat olla esimerkiksi lakot ja luonnon katastrofit. (Ballou ym. 2004: 326–330)

Myös Slackin ym. (2009: 283–286) mielestä varastoihin liittyy monta hyödyllistä seikkaa ja Slackin sekä Balloun havainnot varastojen hyödyllisyydestä ovatkin hyvin samankaltaisia. Slackin ym. (2009: 283–286) mielestä varasto on vakuutus epävarmuutta vastaan, koska se voi toimia puskurina odottamatonta kysynnän ja tarjonnan vaihtelua vastaan. Varaston avulla yritys voi myös hyötyä lyhyen aikavälin mahdollisuuksista, kuten alemmista raaka-aineiden ja materiaalien hinnoista. Varastojen avulla voidaan myös alentaa tuotannon kokonaiskustannuksia ostamalla isoja tukkueria raaka-aineita ja materiaaleja, jolloin yksikkökustannukset jäävät pienemmiksi. Jollain erikoisaloilla varastojen avulla voidaan kasvattaa lisäksi tuotteiden arvoa. Esimerkiksi viiniteollisuudessa tuotteista saadaan parempi hinta, kun ne varastoidaan tietyksi aikaa ja myydään vasta varastoinnin jälkeen. (Slack ym. 2009: 283–286)

2.2.3. Varastoinnin haitat

Varastot voivat olla hyödyllisiä olemassa, mutta samaan aikaan yritykset eivät halua ylläpitää kuin täsmälleen sen määrän varastoja kuin on välttämätöntä (Bozarth ym. 2008: 441–442). On väitetty, että yrityksen johtaminen on paljon helpompaa, kun johdolla on turvanaan isot varastot. Tämä johtuu siitä, että liialliseen varastointiin kohdistuvaa kritiikkiä vastaan on huomattavasti helpompi puolustautua kuin kritiikkiä, joka kohdistuu toimitusvaikeuksiin. (Ballou ym. 2004: 330) Sakin (2009: 108) mielestä asiakkaat odottavat kuitenkin ennen kaikkea toimituskykyä eivätkä varastossa säilyttämistä, joten materiaalinohjausta kehittämällä varastotasoa voitaisiin pienentää. Varastoihin ja varastojen kasvuun liittyykin monta ongelmaa.

Ensinnäkin varastoja pidetään tuhlauksena, koska ne sitovat pääomaa, jonka voisi sijoittaa parempiin kohteisiin, kuten tuottavuuden tai kilpailukykyyn parantamiseen. Varastot eivät myös yleensä tuota mitään lisäarvoa yrityksen tuotteisiin, vaikka ne onnistuisivatkin säilyttämään tuotteiden arvon ennallaan. Lisäksi yritykset voisivat usein käyttää varastojen viemän tilan myös tuottavampiin tarkoituksiin. (Ballou ym. 2004: 330; Bozarth ym. 2008: 441–442; Slack ym. 2009: 283–284) Haverilan ym. (2005: 445–453) mielestä varastoihin liittyy aina myös riskejä sillä tuotteet voivat vanhentua varastossa taloudellisesti tai teknisesti. Slackin ym. (2009: 283–284) mukaan varastointiin liittyy myös riski tuotteiden vahingoittumisesta ikääntymisen tai esimerkiksi korroosion myötä.

Varastot saattavat myös peittää alleen yrityksen laatuongelmia, koska laatuongelmien ilmaantuessa varastojen avulla voidaan korvata virheellinen tuote ja itse laatuongelman aiheuttajien korjaaminen saattaa jäädä huomioimatta (Ballou ym. 2004: 330; Slack 2009: 283–284). Bozarth ym. (2008: 441–442) kuvailevatkin varastoja laatuongelmien kipulääkkeiksi, jotka poistavat oireet, mutta eivät syytä.

Slack ym. (2009: 283–284) mainitsevat edellä mainittujen asioiden lisäksi myös muitakin negatiivisia varastoihin liittyviä seikkoja. Varastot kasvattavat materiaalien ja tuotteiden läpimenoaikoja prosesseissa, tuotannossa ja toimitusketjussa, koska materiaalit ja tuotteet kasaantuvat varastoihin. Jotkin tuotteet saattavat myös viedä kohtuuttoman paljon varastotilaa niiden arvoon nähden. Lisäksi samankaltaisia varastoja voi esiintyä useassa eri paikassa, mikäli yhden ison keskusvaraston rakentaminen ei ole mahdollista. (Slack ym. 2009: 283–284) Karruksen (2005: 34–35) mukaan yksi varastointiin liittyvä ongelma on se, että varaston avulla tuotanto ja kulutus erotetaan toisistaan. Varasto luo tavallaan kaksi erilaista ja eri tavalla ohjautuvaa toimintoa, joista toisessa tuotetaan varastoon ja toisessa kulutetaan varastosta. (Karrus 2005: 34–35)

2.2.4. Varaston mittarit ja tunnusluvut

Tehokkuus on keskeinen tavoite kaikelle yrityksen toiminnalle ja alati kiristynvä kilpailu edellyttää usein erilaisten tehokkuuteen liittyvien mittareiden entistä runsaampaa käyttöä. Mittareiden tärkein tehtävä on antaa kattava kuva yrityksen tilasta ja tehokkuudesta. Niiden avulla voidaan löytää toiminnan ongelmakohtia sekä tehostaa yrityksen toimintaa entisestään. Yksi tehokkuutta vaativa kohde on varastot ja vaihto-omaisuus. Vaihto-omaisuuteen on usein sitoutunut merkittävä osa yrityksen pääomasta ja materiaalinohjauksella vaikutetaankin pääsääntöisesti juuri tähän pääomaerään. Etenkin aloilla, joilla vallitsee kova kilpailu, vaihto-omaisuuteen liittyvien tunnuslukujen tärkeys korostuu. (Karrus 2005: 169–177; Sakki 2009: 76–77)

Vaihto-omaisuuden käytön tehokkuuden mittaamiseksi yleisimmin käytetty tunnusluku on varaston kiertonopeus. Mitä korkeampi kierto, sen parempaa on varastonhallinta ja sen tehokkaammin varastoon sidottu pääoma yritykselle tuottaa, kunhan korkea kierto ei aiheuta liian isoja täydennyskustannuksia. Hyvin kiertävien ja huonosti kiertävien nimikkeiden määritelmät riippuvat aina toimialasta. Esimerkiksi varaosatoiminnassa yli 20 kertaa vuodessa kiertäviä nimikkeitä voidaan pitää hyvin kiertävinä, kun taas päivittäistavarakaupassa hyvin kiertävät nimikkeet voivat kiertää yli 100 kertaa vuodessa.

Kiertonopeudesta puhuttaessa tulee myös laskennan perusteista olla selvillä. Esimerkiksi, jos kierto lasketaan varaston ja kulutuksen arvosta, tulee molempien olla hinnoiteltu ja samoin perustein. Sakki määrittelee varaston kiertonopeuden laskentakaavan seuraavasti (kaava 1). (Karrus 2005: 177–179; Sakki 2009: 76)

$$\text{Varaston kiertonopeus} = \frac{\text{Vuoden kulutuksen arvo}}{\text{Varastojen (keski)arvo}} \quad (1.)$$

Varaston kiertoa voidaan mitata myös varaston pysähdysajalla. Tämä varaston riittönäkin tunnettu tunnusluku kertoo kuinka kauan varasto riittää keskimääräisen kulutuksen tai myynnin toteutuessa. Varaston pysähdysaika saadaan jakamalla päivät varaston kiertoluvulla. Varaston pysähdysaika voidaan laskea kaavan 2 mukaan. (Sakki 2009: 76–77)

$$\text{Varaston pysähdysaika} = \frac{365}{\text{Varastonkiertonopeus}} \text{ (d)} \quad (2.)$$

Ehkä kaikkein käyttökelpoisin varastokierron ilmaisun on tunnusluku, jossa vaihtomaisuuden arvo suhteutetaan liikevaihtoon. Tämä tunnusluku helpottaa etenkin varaston kiertojen vertailua eri yritysten välillä. Tunnusluku voidaan laskea alla olevan kaavan mukaisesti (kaava 3). (Sakki 2009: 76–77).

$$\text{Vaihto-omaisuuden osuus} = \frac{\text{Vaihto-omaisuuden arvo}}{\text{Liikevaihto}} \text{ (\%)} \quad (3.)$$

Edellä mainittujen tunnuslukujen lisäksi on olemassa myös paljon muitakin varastoihin liittyviä tunnuslukuja. Eri tunnuslukuja vertailtaessa eri yritysten kesken tulee aina

muistaa, että eri yritykset saattavat käyttää eri lähtötietoja samojen tunnuslukujen laskemiseen. Täten tunnusluvut eivät sellaisenaan ole välttämättä vertailukelpoisia. Lisäksi on hyvä muistaa, että tunnuslukuja tulee seurata pitkään ja järjestelmällisesti. Oleellista tunnusluvuissa ei niinkään ole yksittäiset arvot, vaan niiden kehittyminen ja suunta aikojen saatossa. (Karrus 2005: 169–179; Sakki 2009: 76–77)

2.2.5. Varaston palvelutaso

Varaston palvelutaso ja -kyky tarkoittaa yrityksen valmiutta toimia asiakkaan odotusten mukaisesti. Peruslähtökohdat palvelutasolle ovat toimituskyky ja tuotteiden laatu. Jos yritys pystyy näihin kahteen vastaamaan asiakkaan odottamalla tavalla, ovat asiakkaat yleensä tyytyväisiä. Asiakkaiden kokemukset palvelutasosta voivat erota huomattavasti yrityksen käsityksestä, siksi palvelutasoa tulisi aina mitata asiakkaiden näkökulmasta. (Sakki 2009: 84) Hoppe (2006: 260) määrittelee viisi seikkaa, joista palvelutaso koostuu ja joita kehittämällä palvelutasoa voidaan nostaa kustannuksia kasvattamatta. Nämä seikat ovat:

- Toimitusvalmius
- Toimitusaika
- Toimitusvarmuus
- Toimitusten laatu
- Toimitusten joustavuus

Hoppe (2006: 260) kuitenkin korostaa, että pelkästään edellä mainittujen seikkojen kehittämällä ei päästä parhaaseen mahdolliseen tulokseen, jos yrityksen perusprosessit eivät ole kunnossa.

Jotta palvelutaso pystytään määrittämään ja sitä pystytään seuraamaan, se pitää pystyä mittaamaan. Palvelutaso saadaan laskettua vertaamalla ajoissa toimitettujen nimikkeiden tai tuotteiden määrää toimitusten kokonaismäärään. Kaavassa 4 palvelutason arvo esitetään välillä 0 ja 1. (Ballou 2004: 336; Hoppe 2006: 260, 336)

$$\text{Palvelutaso} = 1 - \frac{\text{Ajoissa toimitettujen määrä}}{\text{Toimitusten kokonaismäärä}} \quad (4.)$$

Edellä mainitun kaavan lisäksi palvelutasoa voidaan mitata myös käyttäen monia muitakin mittareita. Yrityksen tuleekin miettiä mitä asioita se haluaa tarkastella. Kouri (2005: 19) käyttää palvelutason mittaamiseksi puuteprosenttia, jossa puutetilanteiden määrää verrataan varaston toimituserien kokonaismäärään (kaava 5).

$$\text{Puuteprosentti} = \frac{\text{Puutetilanteet}}{\text{Varaston toimituserien kokonaismäärä}} * 100 \% \quad (5.)$$

Sopivan palvelutason määrittäminen on yksi yrityksen strategisista päätöksistä. Yleensä kompromisseilta ei pystytä välttymään, sillä yritys joutuu miettimään muitakin tavoitteitaan, kuten varastokustannusten minimointia ja kapasiteetin käyttöasteen parantamista. Korkean palvelutason saavuttamiseksi yritys joutuu usein kasvattamaan varastojaan, mikä on varastokustannusten minimoinnin kanssa ristiriidassa. Lisäksi korkean palvelutason tavoittelu voi johtaa liiallisten puskurivarastojen syntymiseen, mikä puolestaan johtaa pitempiin läpimenoaikoihin. (Hoppe 2006: 48–50) Yletön palvelutason kasvattaminen siis aiheuttaa usein myös kustannusten nousua, joten oleellista onkin optimaalisen palvelutason löytäminen ja sen ylläpito minimikustannuksin (Haverila ym. 2005: 445). Usein on myös mielekästä asettaa eri tavoitteet eri nimikeluokkien palvelutasoille. Esimerkiksi ABC-analyysin avulla luokitelluiden nimikkeiden eri nimikeryhmille tulee määrittää niille sopivat palvelutasot. Tämä on osa palvelutasojen optimointiprosessia. (Hoppe 2006: 264)

3. VARASTONHALLINNAN MENETELMÄT

Materiaalinohjaus ja varastonhallinta voidaan jakaa kahteen perusstrategiaan, joita ovat työntöohjaus (push) ja imuohjaus (pull). Työntöohjaus perustuu tulevien tarpeiden arviointiin erilaisten ennusteiden pohjalta ja imuohjaus kysyntälähtöiseen ohjaukseen, jossa asiakaskysynnästä johdettu signaali aloittaa tuotannon. (Sakki 2009: 115–134) Näiden perusstrategioiden lisäksi tässä luvussa käsitellään tilauslähtöisten ja varastolähtöisten ohjaustapojen eroja ja tutustutaan niiden toteuttamismetodeihin.

3.1. Työntöohjaus

Materiaalitarpeiden ennakkointiin perustuvaa tuotantomenetelmää voidaan kutsua työntöohjaukseksi. Se pohjautuu tuleviin tarpeisiin ja siinä ennustamisella on aina jonkinlainen rooli. Työntöohjauksessa päätökset tuotannon läpi kulkevien materiaalivirtojen kuluista tehdään keskitetysti ja tuotantoerä ”työnnetään” seuraavaan valmistusvaiheeseen. Tuotannon keskeisenä suunnittelutyökaluna toimii materiaalitovelaskenta (MRP, Material Requirements Planning), jonka avulla eri valmistusvaiheissa tuotettavat määrät suunnitellaan kerralla lopputuotteen myyntiennusteiden, kulloistenkin varastomäärien ja tuotteiden rakennetietojen pohjalta. (Sakki 2009: 127–128)

Koska työntöohjauksessa jokainen kysynnän ennustus tehdään aikaisempien tietojen pohjalta, ennustukset voivat mennä pieleen kysynnän muuttuessa nopeasti (Gross & McInnis 2005: 181–182). Työntöohjaukseen liittyy myös yleensä menekin ennustamiseen perustuvat suuret tuotevarastot. Tämä on johtanut usein suureen keskeneräisen tuotannon määrään, huonosti synkronoituihin tuotantoprosesseihin sekä tarpeettoman isoihin varastoihin. (Naufal, Jaffar, Yusoff & Hayati 2012: 1721–1726)

Työntöohjaus on osoittautunut hankalaksi myös ohjatessa laajoja ja monimutkaisia valmistusketjuja. Ongelmat johtuvat usein siitä, että suunnitelmat eivät vastaa täysin todellisuutta eikä valmistus pysty aina toimimaan suunnitelman mukaisesti. Jos valmistusketjut ovat pitkiä, tämä johtaa helposti välivarastojen syntymiseen. Työntöohjauksessa esiintyviä ongelmia hoidetaan monesti vaiheiden välisillä varastoilla, jotka saattavat vaikeuttaa entisestään valmistuksen suunnittelua ja hallintaa, koska hallittavien asioiden määrä kasvaa. Haverilan ym. (2005: 422) mielestä työntöohjaus on hyvä menetelmä,

mutta se vaatii ennen kaikkea selkeää ja hallittavissa olevaa tuotantoprosessia. (Haverila ym. 2005: 422)

Vaikka työntöohjauksen ja MRP:n käyttöön liittyy monia ongelmia, on se osoittautunut käyttökelpoiseksi etenkin pitkien toimitusaikojen nimikkeiden ohjaamisessa ja tilaamisessa sekä ennusteiden luomisessa. Tapauksissa, joissa nimikkeiden toimitusajat ovat todella pitkiä, MRP saattaa olla todella hyvä työkalu sekä johtaa parempiin lopputuloksiin kuin imuohjaus. MRP on usein myös tehokas työkalu raakamateriaalien ohjaukseen, tuotanto- tai myyntiennusteita hyväksikäyttämällä. Parhaisiin lopputuloksiin kuitenkin päästään, kun MRP:tä ja kanbania käytetään samanaikaisesti. Tällöin MRP toimii enemmän suunnittelutyökaluna ja kanbanin avulla hoidetaan tuotannon aikataulutus ja ehkäistään ylituotantoa. (Gross ym 2005: 181–184)

3.2. Imuohjaus ja JOT-tuotantofilosofia

Taiichi Ohno kehitti toisen maailmansodan jälkeen Toyotan autotehtailla Just-In-Time (JIT) tuotantofilosofian, jota myös Toyota Production Systemiksi (TPS) kutsutaan (Kumar & Panneerselvam 2007: 393–408). Suomessa JIT:stä käytetään pääsääntöisesti nimeä JOT (Juuri Oikeaan Tarpeeseen). JOT ei ole pelkästään materiaalinohjauksen menetelmä, vaan koskee kokonaista tuotannollista ajattelua. (Sakki 2009: 129). JOT -tuotantofilosofian ensisijainen tavoite on pyrkiä jatkuvasti vähentämään sekä lopulta poistamaan kaikki tuottamaton toiminta tuotantoprosesseista (Brown & Mitchell 1991: 906–917; Ohno 1988; Sugimore, Kusunoki, Cho & Uchikawa 1977: 553–564). JOT korostaa ”nollakonseptia”, jonka tavoitteena on poistaa kokonaan virheet, jonot, varastot ja häiriöt tuotantoprosesseista (Kumar ym. 2007: 393–408). JOT:iin liittyy läheisesti myös lean-johtamisfilosofia, jonka keskeinen ajatus on niin ikään kaiken turhan poistaminen (Sakki 2009: 129). Teknologisen kehityksen ansiosta, materiaalarvelaskentaan (MRP) perustuva perinteinen työntöohjausjärjestelmä oli mahdollista muuttaa JOT -tuotantofilosofian periaatteita noudattavaksi imuohjausjärjestelmäksi, jonka avulla pystyttiin paremmin vastaamaan globaaliin kilpailuun ja keskeneräistä tuotantoa pystyttiin johtamaan sekä ohjaamaan täsmällisemmin (Mason 1999: 19–23).

Imuohjauksessa kaikki tuotanto perustuu kysyntään (Matzka, Di Mascolo & Furmans 2012: 49–60; Slack 2009: 362). Kysyntä ja tarjonta saadaan tuotannossa yleensä parhaiten kohtaamaan toisensa imuohjauksen avulla. Kysynnän laukaistua tuotannon, tuotan-

toketjun alajuoksu ohjeistaa yläjuoksua lähettämään oikea-aikaisesti oikean määrän nimikkeitä. Imuohjauksessa seuraava työvaihe ei voi alkaa ennen kuin se on saanut siihen luvan alajuoksulta. Alajuoksun työpiste siis osoittaa yläjuoksun työpisteelle asiakas-kysynnästä johdetun tarpeen ja yläjuoksun työpiste imee tiedon alajuoksun työpisteeltä. Näin imuohjaus toimii koko tuotantoketjun läpi. (Slack 2009: 362)

Kumarin ym. (2007: 393–408) mukaan imuohjauksen ensisijainen hyöty on pienentyneet varastotasot ja niihin liittyvien kustannusten pieneminen. Hoppin ym. (2011: 359–363) mielestä imuohjauksen konkreettisia hyötyjä on, että se pienentää kustannuksia keskeneräistä tuotantoa vähentämällä, vähentää tuotantoprosessin vaihtelevuutta, parantaa laatua lyhentämällä virheiden syntymisen ja tarkastuksen väliin jäävää aikaa sekä parantaa tuotantoprosessin joustavuutta. Kaikki nämä imuohjauksen hyödyt perustuvat siihen, että se asettaa keskeneräiselle tuotannolle ylärajan ja siksi varastot eivät täyty ylen määrin. (Hopp 2008: 99–101) Spearmanin, Woodruffin ja Hoppin (1990: 879–894) tutkimusten mukaan taas imuohjauksen hyödyt liittyvät lyhyempiin läpimenoaikoihin ja parempaan asiakaslähtöisyyteen.

3.2.1. Kanban

Termiä kanban on käytetty umpimähkäisesti tarkoittamaan sekä korttia, että koko kanban-järjestelmää itsessään (Muris & Moacir 2010: 13–21). Sana kanban on japania ja tarkoittaa korttia tai signaalia. Joskus kanbania kutsutaan myös ”näkymättömäksi liukuhihnaksi”, joka ohjaa nimikkeiden kulkua eri työvaiheiden välillä (Slack ym. 2009: 361–362). Tässä työssä sanalla kanban tarkoitetaan koko kanban-järjestelmää.

JOT -tuotantofilosofian toteuttamiseksi luotiin kanban, joka mahdollisti suuren tuotantovolyymien ja korkean kapasiteetin käyttöasteen saavuttamisen lyhentyneiden tuotanto-aikojen sekä pienemmän keskeneräisen tuotannon määrän avulla (Kumar ym. 2007: 393–408). Matzkan ym. (2012: 49–60) mukaan kanban on TPS:n ydinelementti, jonka avulla hallitaan tuotannon määriä jokaisessa prosessissa. Kanbanin päämääränä on ”vetää” tarvittavia osia tuotantoprosessin yläjuoksulta silloin kun niitä tarvitaan, eikä osan tuotanto voi alkaa ennen kuin kanban-signaali osoittaa, että kyseistä osaa tarvitaan tuotantoprosessin alajuoksulla (Matzka ym. 2012: 49–60). Kanban luotiin varastotasojen, tuotannon ja komponenttien saatavuuden ohjaamiseksi ja hallitsemiseksi. Joissain tapauksissa sen avulla ohjataan ja hallitaan myös raaka-aineiden saatavuutta (Muris ym. 2010: 13–21). Gravesin, Konopkan ja Milnen (1995: 395–403) mukaan kanban on mää-

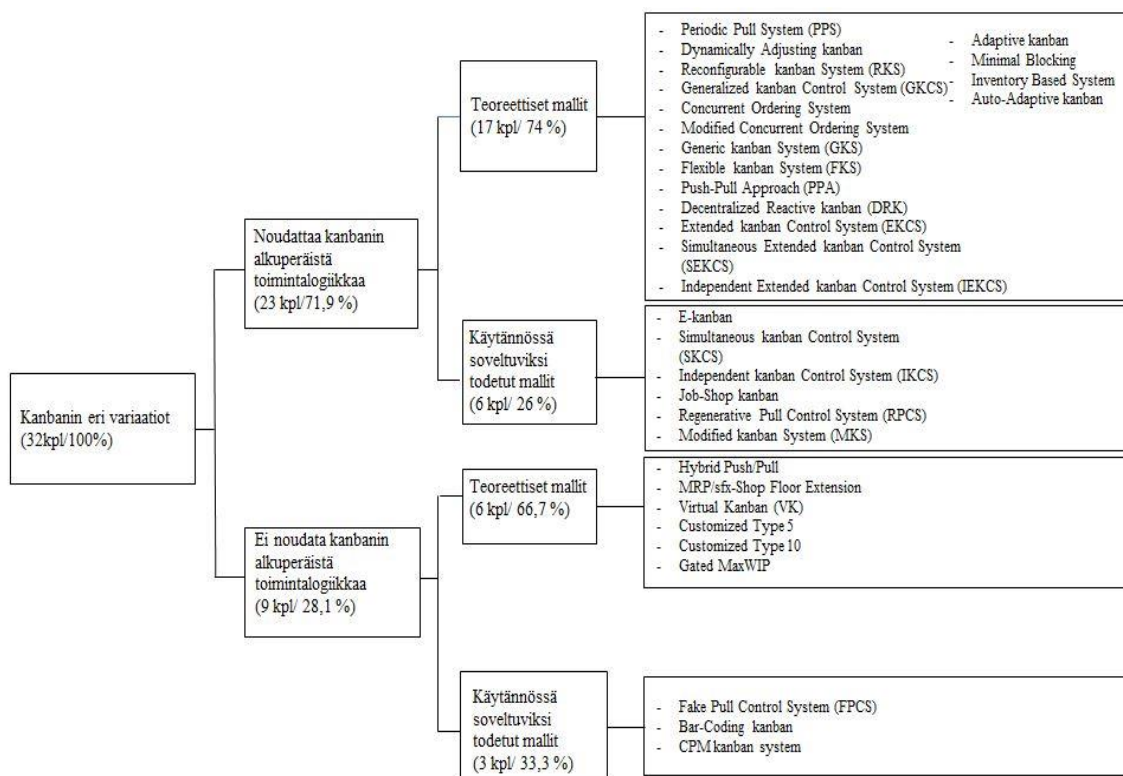
ritelty materiaalivirtojen ohjausmekanismiksi ja sen tarkoituksena on ohjata tuotantoa tuottamaan oikea-aikaisesti oikea määrä tarvittavia tuotteita. Naufalin ym. (2012: 1721–1722) mielestä kanban on varaston ohjausjärjestelmä, jonka toiminta perustuu siihen, että se antaa laukausignaalin asiakkaiden todellisista tarpeista tuotannolle. Kanban varmistaa täten, että tarjonta on oikea-aikaista, sitä on oikea määrä, se on oikeassa paikassa ja koskee oikeita materiaaleja (Kumar ym. 2007: 393–408). Monet tutkijat ovat sitä mieltä, että kanbanin käyttäminen yrityksessä johtaa yleensä läpimenoaikojen lyhenemiseen ja tuotannon paranemiseen (Kumar ym. 2007: 393–408; Singh & Shek 1990: 28–36).

Kanban ei perustu menekin ennustamiseen, kuten perinteiset työntöohjaustuotantoperiaatteet. Päinvastoin, kanban nimenomaan perustuu imuohjaustuotantostrategiaan ja se pyrkii minimoimaan varastot. Siinä missä työntöohjaus vaatii usein isoja varastoja, aiheuttaa keskeneräisen tuotannon kasaantumista ja huonosti synkronoituja tuotantoprosesseja, imuohjaukseen perustuvan kanbanin avulla pyritään pääsemään juuri näistä ongelmista eroon. Kanbanin käyttöönotto onkin parantanut useiden yritysten tehokkuutta, sulavoittanut materiaalivirtoja ja auttanut heidän tuotantoaan vastaamaan joustavammin asiakkaiden kysyntään. (Naufal ym. 2012: 1721–1722) Kanbanin käyttö on yksi tapa toteuttaa imuohjausta. Sen olennaisin ajatus on synkronoida tuotanto vastaan täydellisesti asiakkaiden kysyntää. Yksinkertaisimmassa muodossaan kanbanin toteuttamiseksi käytetään kanban-korttia, jonka avulla tuotantoketjun alajuoksu ohjeistaa yläjuoksua lähettämään lisää nimikkeitä. Kanbanin variaatioita on monenlaisia, mutta pääperiaate niissä on kuitenkin aina sama: yhden kanban-signaalin vastaanotto käynnistää toiminnon, tuotannon tai tarjonnan aina yhdestä kappaleesta tai sovitusta kiinteästä eräkoosta nimikettä. Toimintoja, tuotantoa tai tarjontaa suoritetaan aina vastaanotettujen kanban-signaalien osoittama määrä. (Slack ym. 2009: 361–362)

3.2.2. Kanbanin variaatiot

Kanban kehitettiin täyttämään nimenomaan Toyotan erityiset tarpeet ja toimimaan tehokkaasti Toyotalle ominaisissa tuotanto- ja markkinaolosuhteissa (Muris ym. 2010: 13–21). Olosuhteet, eivät kuitenkaan ole samanlaiset kaikille organisaatioille, joten perinteisen kanbanin käytölle on löydettävissä runsaasti rajoituksia kirjallisuudesta. Monet alan asiantuntijat ovat sitä mieltä, että perinteinen kanban ei sovellu tilanteisiin joissa kysyntä ei ole tasaista, prosessointiajat vaihtelevat tai ovat epävakaita, käytetään standardisoimattomia työvaiheita tai pitkiä asetusajoja, nimikkeiden vaihtelu on suurta tai

raaka-aineiden saatavuus on epävarmaa. (Aggarwal 1985: 8–16; Grünwald, Striekwold & Weeda 1989: 281–292; Sipper & Bulfin 1997) Johtuen yritysten hankaluuksista käyttää kanbania erilaisissa olosuhteissa sen alkuperäisessä konseptissaan, erilaisia variaatioita ja muokkauksia alkuperäiseen kanbaniin on tehty lukuisia, jotta se sopeutuisi paremmin yritysten tarkoin määrättyihin tarpeisiin (Muris ym. 2010: 13–21).



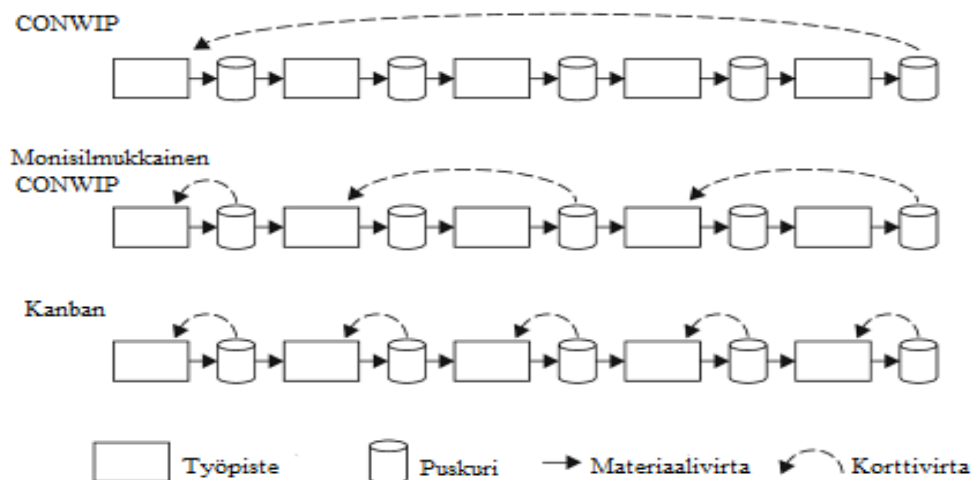
Kuvio 1. Kanbanin variaatiot (Muris & Moacir 2010: 13–21).

Muris ym. (2010: 13–21) esittelevät tutkimuksessaan 32 erilaista kanbanin variaatiota (kuviota 1). Näistä 32:sta eri kanbanin variaatiosta 23 kappaletta noudattaa kanbanin alkuperäistä toimintalogiikkaa, loput yhdeksän variaatiota noudattavat sitä vain osittain tai eivät ollenkaan. 23 kappaletta kanbanin variaatioista ovat vain teoreettisia malleja eikä niiden käytännön soveltuvuudesta ole vielä riittävä näyttöä. Monilla näistä teoreettisista malleista näyttäisi kuitenkin olevan valtavasti potentiaalia korvata vanhoja ohjausjärjestelmiä tulevaisuudessa. Käytännössä soveltuvia malleja on tutkimuksen mukaan yhdeksän kappaletta. Näistä käytäntöön soveltuvista malleista ainakin kennomaisessa tuotantorakenteessa toimivalla Regenerative Pull Control Systemillä (RPCS), Job shop -ympäristöön kehitetyllä kanbanilla ja erityisesti puolijohdetuotantoon kehitetyllä Modi-

fied kanban Systemillä (MKS) on havaittu olevan selkeitä etuja verrattuna perinteiseen kanbaniin. Monet kanbanin variaatioista edellyttävät kuitenkin melko suuria muutoksia tuotantostrategiassa ja organisaatiossa, joten niiden käyttöönotto on usein haastavaa. (Muris ym. 2010: 13–21)

3.2.3. CONWIP

CONWIP (CONstant Work In Process) tuotannonohjausjärjestelmä luotiin 1990-luvun alussa vaihtoehdoksi kanbanille. Perinteisessä CONWIP:ssä kaikki työpisteet eivät toimi imuohjausperiaatteella, vaan ainoastaan ensimmäinen työpiste tuotantoprosessissa toimii sen mukaisesti (kuvio 2). Muut työpisteet toimivat työntöohjausperiaatteen mukaisesti. (Takahashi 2005: 25–40) CONWIP:ssä ensimmäinen työpiste saa signaalin kysynnästä tuotantoprosessin viimeiseltä työpisteeltä, jolloin ensimmäisen työpisteen tuotanto alkaa. Ensimmäisen työpisteen tuotannon valmistuttua, se työnnetään aina työpisteeltä seuraavalle, kohti tuotantoprosessin loppua. Vaikka osa tuotantoprosessista toimii työntöohjausperiaatteen mukaisesti, Hoppin (2008: 102–108) mukaan CONWIP kuitenkin on kaiken kaikkiaan imuohjautuva sillä tuotantoprosessin aloitus perustuu todelliseen kysyntään. CONWIP:n perusajatus onkin juuri se, että kaikkien tuotantoprosessin työpisteiden ei tarvitse olla imuohjautuvia, kuten kanbanissa, jotta imuohjautuvan tuotannon operatiiviset hyödyt voidaan saavuttaa. (Hopp 2008: 102–108) Durin, Frein ja Leen (2000: 219–229) määritelmien mukaan CONWIP onkin jonkinlainen hybridijärjestelmä jossa yhdistyvät imu- ja työntöohjaus.



Kuvio 2. CONWIP:n ja kanbanin toimintaperiaatteet (Hopp 2008: 106).

Hoppin (2008: 102–108) mielestä CONWIP on monissa toimintaympäristöissä erittäin toimiva tapa järjestää imuohjautuva tuotanto. Tilanteissa, joissa tuotantoprosessin eri työpisteet ovat eri johdon alaisuudessa tai fyysisesti kaukana toisistaan, saattaa olla järkevää luoda useampi CONWIP silmukka. Kuitenkin tilanteissa, joissa tuotantoprosessin eri työvaiheiden on pakko kommunikoida jatkuvasti keskenään, saattaa olla tehokkainta siirtyä käyttämään kanbania. (Hopp 2008: 102–108)

Ovallen ja Marquezin (2003: 195–215) tutkimusten perusteella CONWIP toimii tehokkaammin kuin tavanomainen kanban, koska CONWIP jatkuvasti johtaa lyhyempiin asiakkaan keskimääräisiin odotusaikoihin ja alempaan keskeneräisen tuotannon määrään. Spearmanin ym. (1990: 879–894) mielestä CONWIP:n joustavuus mahdollistaa sen käytettävyyden myös monessa sellaisessa tuotantoprosessissa, missä kanbanin käytettävyys on rajoittunutta. CONWIP:n yksi isoimmista hyödyistä on, että sen avulla tuotantoprosessin läpimenoaika on hyvin ennustettavissa. Koska keskeneräisen tuotannon määrä pysyy melko muuttumattomana, se helpottaa tuotantoprosessin koordinoitua. (Spearman ym. 1990: 879–894) Duri ym. (2000: 219–229) tuovat kuitenkin esiin laadunäkökulman ja heidän mielestään CONWIP:n käyttö johtaa usein huonompaan laatuun, koska laaduntarkastus jää liian vähäiseksi. Pettersenin ja Segerstedtin (2009: 199–207) tutkimusten mukaan sekä kanban, että CONWIP suoriutuvat yhtä huonosti vaihtelun lisääntyessä. CONWIP:ssä käyttäjän ei ole nimenmukaisesti mahdollisuutta ohjailta keskimääräistä keskeneräisen tuotannon määrää, vaan se määräytyy muiden tekijöiden perusteella. Käyttäjä pystyy ohjaamaan vain keskeneräisen tuotannon maksimaalista määrää. Tämän vuoksi he ehdottavatkin, että informatiivisuuden parantamiseksi CONWIP:ssä ensimmäinen sana CONstant (pysyvä) tulisi korvata sanalla CONstrained (pakotettu). (Pettersenin ym. 2009: 199–207)

Pettersenin ym. (2009: 199–207) tutkimuksien mukaan kanban ja CONWIP johtaa samoissa olosuhteissa täsmälleen samaan suoritustehoon, töiden välissä kuluvaan aikaan sekä läpimenoon aikayksikköä kohden. Kanban johtaa kuitenkin suurempaan maksimaaliseen keskeneräisten tuotannon määrään, jolloin kiinteät kustannukset kasvavat ja käyttöaste pienenee verrattuna CONWIP:iin. Pettersenin ym. (2009: 199–207) mielestä voidaan sanoa, että CONWIP toimii paremmin kuin perinteinen kanban lähes kaikissa olosuhteissa, joskin tutkimusta vaadittaisiin vielä lisää. Yksi suurimmista CONWIP:n ongelmista on kuitenkin sen käyttöönotto. Esimerkiksi, suurin osa olemassa olevista toiminnanohjausjärjestelmistä ei sisällä mahdollisuuksia käyttää CONWIP:iä. Kirjallisuutta CONWIP:n käyttöönotosta kyllä löytyy, mutta kanban on kuitenkin huomattavas-

ti paremmin tunnettu ja tietotaitoa sen käytännön soveltamiseen löytyy huomattavasti helpommin. (Pettersenin ym. 2009: 199–207)

3.2.4. Muita imuohjauksen ohjausperiaatteita

Kanbanin eri variaatioiden ja CONWIP:in lisäksi on olemassa muitakin imuohjaukseen perustuvia materiaalinohjauksen metodeja. Yksi niistä on Rajan Surin vuonna 1998 lanseeraama Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization (POLCA). POLCA on materiaalinohjausmetodi, jota suositellaan käytettävän Quick Response Manufacturing (QRM) -tuotantoympäristössä, jossa yrityksen organisaatiosta on muodostettu itsenäisiä QRM -soluja. (Suri 1998: 243–246) CONWIP:n tavoin POLCA:kaan ei toimi pelkästään imuohjautuvasti, vaan kyseessä on hybridijärjestelmä. CONWIP:n tavoin POLCA:nkin voidaan katsoa kuitenkin perustuvan imuohjautuvuuteen, koska tuotantoprosessin aloitus perustuu asiakkaiden todelliseen kysyntään. (Harrod & Kanet 2013: 620–626) Surin (1998: 243) mukaan POLCA on erityisen tehokas yrityksissä, jotka valmistavat asiakkaille räätälöityjä tuotteita pienissä erissä. POLCA on myös erityisen tehokas yrityksille joilla on suuri määrä erilaisia nimikkeitä ja yhdistelmiä varastossaan. (Suri 1998: 243–246)

3.3. Tilauslähtöinen ohjaus

Massatuotannossa tuotetaan isoja määriä tuotteita jolloin materiaaleja ja raaka-aineita joudutaan miltei aina varastoimaan. Mikäli tuotteet ovat kuitenkin sellaisia, ettei niitä ole kannattavaa tuottaa varastoon, on ne järkevää tuottaa vasta tilauksen perusteella. Tilaukseen kokoaminen (ATO, Assemble-To-Order), tilaukseen tuottaminen (MTO, Make-To-Order) ja tilaukseen suunnittelu (ETO, Engineer-To-Order) ovat tyypillisiä esimerkkejä tilauslähtöisestä ohjauksesta. Myös projekteja voidaan pitää tilaukseen suunnittelun erikoistapauksena, mutta useassa tapauksessa niitä pidetään kuitenkin ihan omana ohjausympäristönään. (Karrus 2005: 53–71) Tilauslähtöinen ohjaus soveltuu erityisesti A-nimikkeille ja kaikki A-luokan nimikkeet olisi saatava tilauslähtöisen ohjauksen piiriin (Lapinleimu, Kauppinen, & Torvinen 1997: 208).

Edellä mainitut tilauslähtöiset ohjaustavat eroavat jonkin verran toisistaan. Tuotetta koottaessa tilauksesta (ATO), pystytään tuotetta jonkin verran räätälöimään asiakkaan vaatimusten mukaan, mutta varsinainen kokoonpano tapahtuu kuitenkin asiakastilausten

perusteella valmiita osakokoonpanoja käyttäen. Kun tuotetaan tilaukseen (MTO), yleensä on käytettävissä jo etukäteen tarkka tieto tuotteen standardi rakenteesta, tuotantoajoista, raaka-aineista sekä kustannuksista. Tuotteella on kuitenkin suuremmat räätälöintimahdollisuudet kuin koottaessa tuotetta tilauksesta. Tilaukseen suunniteltaessa (ETO), on olemassa jo tietoa samantyyppisistä tuotteista, mutta lopullinen tuotesuunnittelu tehdään kuitenkin asiakaskohtaisesti. Tällöin asiakkaan vaatimusten mukaisen räätälöinnin mahdollisuus on kaikista suurin. (Karrus 2005: 53–71)

Tilauslähtöisten ohjaustapojen pääkilpailukeinona voidaan pitää aikaa. Aikaa kilpailukeinona käyttävät yritykset pyrkivät määrätietoisesti lyhentämään tuotteidensa toimitusaikoja tai tarjoamaan parempaa asiakaskohtaista räätälöintiä samassa ajassa ja samoilla ehdoilla kuin kilpailijat. Avain ajan hyödyntämiseen kilpailukeinona on yrityksen sisäisten toimien tehostaminen. (Karrus 2005: 53–71)

Tilauslähtöisen ohjauksen yksi isoimmista ongelmista on, että se ei kestä juurikaan komponenttien toimitusten viivästymistä. Yrityksen tulisikin pyrkiä ennustamaan aktiivisesti toimitusviiveitä esimerkiksi toimitusaikakirjanpidon avulla, jotta viivästymiset saataisiin minimoitua. (Karrus 2003: 173) Tilauslähtöisessä ohjauksessa tuotteeseen liittyy myös yleensä ainakin jonkin verran räätälöintiä. Sen lisäksi, että tuoteräätälöinti johtaa korkeampiin tuotantokustannuksiin, siihen liittyy myös kaksi muuta ongelmaa: Miten prosessoida tuotteeseen liittyvä tieto ja miten koordinoida operatiiviset toiminnot. Vaikeustaso on riippuvainen siitä, minkä tasoinen räätälöinti on kyseessä ja se kasvaa useamman operaatiotason liittyessä räätälöintiin. (Forza 2007)

On hyvin yleistä, että tuotantotalouden kirjallisuudessa tilauslähtöinen ohjaus ja imuohjaus kuvataan lähes identtisinä toimintatapoina tai jopa synonyymeinä toisilleen. Imuohjaus voi kuitenkin toimia myös varastoon tuottamisen periaatteella (MTS, Make-To-Stock), joten kyse ei ole kahdesta identtisestä toimintatavasta, vaikkakin niillä on paljon yhteisiä piirteitä. (Hopp 2008: 96–97) Imuohjaus kuvaa enemmän tuotantoprosessia, missä itse tuote saattaa olla myös standardituote. Tilauslähtöisessä ohjauksessa tuotanto puolestaan tehdään vain jo asiakkaalta saatuun tilaukseen perustuen, joka on usein pieni erä tai yksittäiskappale. Tällöin useimmat hankinnatkin suoritetaan saatuun asiakastilaukseen kohdistettuna eli tilataan työlle tai projektille. (Karrus 2005: 53–71)

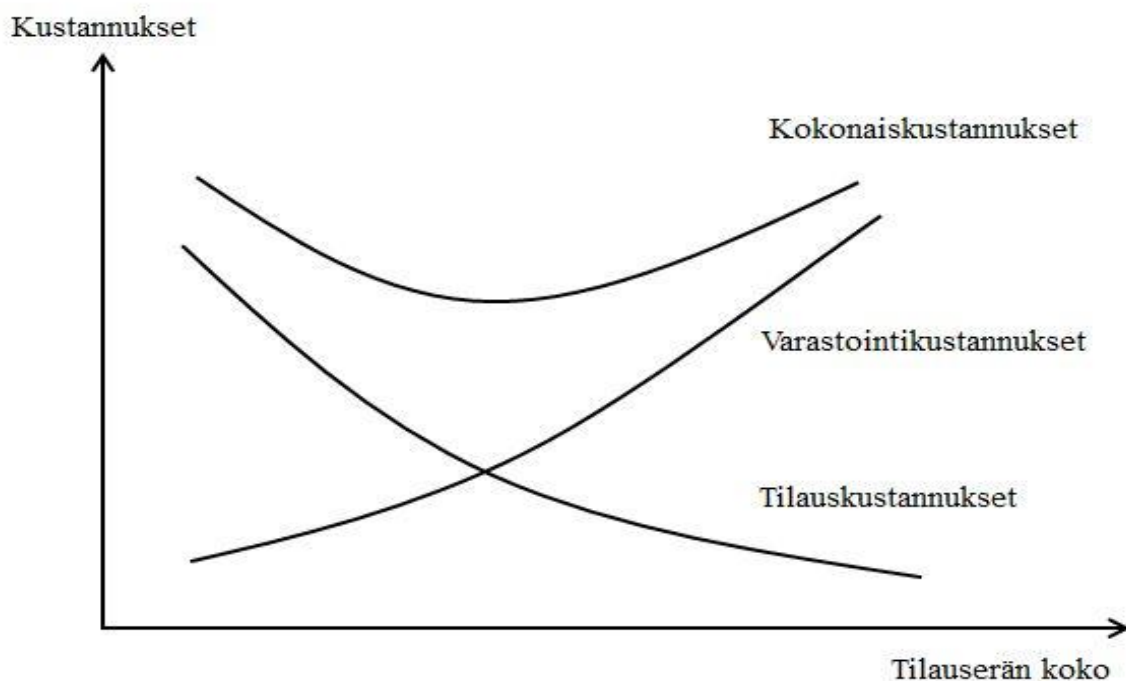
3.4. Varastolähtöinen ohjaus

Varastolähtöinen ohjaus on kaikkein perinteisin materiaalinohjauksen ohjaustapa ja yksi logistiikan perusajattelutavoista. Siinä tieto tilaustarpeesta saadaan varastosta, jota seurataan materiaalikirjanpidon avulla. (Sakki 2009: 120–126) Karruksen (2005: 34–52) mukaan varastointi on logistinen ratkaisu tuotteille joiden kysyntä on huonosti ennakoitavissa esimerkiksi kysynnän satunnaisuuden tai sesonkiluonteisuuden takia. Joissain tapauksissa varastoja käytetään myös puskuriksi tarjonnan vaihtelun varalle. (Karrus 2005: 34–52) Sakin (2009: 120–126) mielestä varastolähtöistä ohjaustapaa voidaan käyttää hyvinkin erilaisissa toimintaympäristöissä, kun varaston pitäminen katsotaan tarpeelliseksi riittävän nopealle toimituskyvyille. Karruksen (2005: 34–52) mukaan varasto-ohjauksen lähtökohtana on yleensä minimoida, joko toteutuvaa tai odotettua kokonaiskustannusta.

Varastolähtöinen ohjaus soveltuu etenkin nimikkeille, joita kulutetaan jatkuvasti. Sitä käytetään yleensä erityisesti halpojen, suuren volyymin omaavien nimikkeiden ohjaamiseen. (Sakki 2009: 120–126) Varastolähtöinen ohjaus onkin tehokas ohjaustapa yleensä B- ja C-luokan osille (Lapinleimu ym. 1997: 208–209; Sakki 2009: 34–52). Varastolähtöisen ohjaustavan toteuttamiseksi on olemassa erilaisia tapoja. Yleisiä varastolähtöisen ohjauksen menetelmiä ovat muun muassa tilauspistemenetelmä, taloudellisen tilauserän malli, tilausvälimenetelmä, kahden laatikon menetelmä ja toimittajan valvoma varasto. (Karrus 2005: 34–52; Sakki 2009: 34–52)

3.4.1. Taloudellisen eräkoon menetelmä

Taloudellisen eräkoon menetelmä on yksinkertaisin varastohallinnan malli optimaalisen tilauserän määrittämiseen. Wilsonin kaavanakin tunnettu menetelmä ilmaistaan usein kirjainyhdistelmällä EOQ, joka on lyhenne sanoista Economic Order Quantity. Kaavan kehitti Ford Harri vuonna 1915 selvittääkseen optimaalisen tilauserän koon. Menetelmä tuli kuitenkin laajalti tunnetuksi vasta vuonna 1934 R.H. Wilsonin saatua julkisuuteen sitä käsittelevän artikkelinsa Harvard Business Reviewissä. Tilaus- ja varastointikustannusten kehitys tilauserän koon suhteen on havainnollistettu kuviossa 3, jossa optimaalinen tilauserä saavutetaan kokonaiskustannusten ollessa pienimmillään. (Haverila 2005: 454–457; Karrus 2005: 36–42; Nahmias 2001: 203–210; Sakki 2009: 116–117)



Kuvio 3. Tilaus- ja varastointikustannukset tilauserän koon suhteen (Haverila ym. 2005: 456).

Taloudellisen eräkoon laskentakaava optimoi tilauserän koon perustuen toimituserän toimituskustannuksiin ja yksikkökohtaisiin varastointikustannuksiin. Kaava olettaa, että kysyntä tunnetaan ja se on tasaista, puutteita ei ole, varaston täydennys tapahtuu kerralla, tilauserän koko ei vaikuta tuotteen hintaan sekä toimitusaika on vakio ja se tiedetään varmuudella. (Haverila 2005: 454–457; Karrus 2005: 36–42; Krajewski 2010: 437–439; Nahmias 2001: 203–210; Sakki 2009: 116–117)

Sakki (2009: 116) määrittelee Wilsonin taloudellisen eräkoon kaavan 6 mukaisesti. Laskentakaavassa D on arvio vuosimenekistä, TK tarkoittaa yhden toimituserän kustannusta, H ilmaisee tuotteen yksikköhintaa ja VK sen vuosittaisia varastointikustannuksia. Kaavassa menekki ilmaistaan kappaleissa tai muissa yksiköissä, kustannukset rahayksiköissä ja varastoinnin kustannus prosentteina suhteessa varaston arvoon. (Sakki 2009: 116–117)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * TK}{H * VK}} \quad (6.)$$

Wilsonin kaavan antama tulos on käytännössä aina likiarvo, sillä kaavassa käytetyt muuttujat ovat yleensä arvioita tai keskiarvoja. Kaava ei olekaan missään nimessä täydellinen ja ongelmaton, vaan monissa tilanteissa pikemminkin päinvastoin. Monet kaavan oletuksista eivät useinkaan toteudu käytännössä, mistä johtuen sillä saatuihin tuloksiin on hyvä suhtautua kriittisesti. Esimerkiksi Wilsonin kaavalla laskettuja tilauserän optimikokoja on pidetty liian isoina, koska se ei ota huomioon tilauskustannusten pienenemistä erien kasvaessa. Wilsonin kaava ei myöskään ota huomioon varastojen kasvun haitallisuutta läpäisy aikaan ja laatuun. Kaavalla saatuja arvoja onkin pidetty noin 2–4 kertaa liian suurina toiminnan tehokkuuden kannalta. Lisäksi Wilsonin kaavan sokea käyttö, kaavan perusolettamuksia huomioonottamatta on herättänyt runsaasti kritiikkiä sitä kohtaan. Oikein käytettynä kaavaa voidaan kuitenkin käyttää tilauserän kokuokan summittaiseen arviointiin. Sen avulla voidaan myös arvioida oikea suuruusluokka A- ja B-luokan nimikkeiden ostoerille. (Haverila 2005: 454–457; Karrus 2005: 36–42; Sakki 2009: 116–117)

3.4.2. Tilauspiste- ja tilausvälimenetelmä

Tilauspistemenetelmä on yksi yleisempi varastohallinnan ohjausmenetelmiä ja sen etuna on, että se mukautuu Wilsonin kaavaa paremmin väistämättömään kysynnän epävarmuuteen. Tilauspistemalleissa täydennystilauksen laukaisee nimikkeelle ennalta määrätyn varastotason saavuttaminen tai alittuminen. Tilauspisteen käytöllä pyritään saavuttamaan korkea palvelutaso ja välttämään materiaalipuutteita. (Karrus 2005: 43–47; Sakki 2009: 123–124)

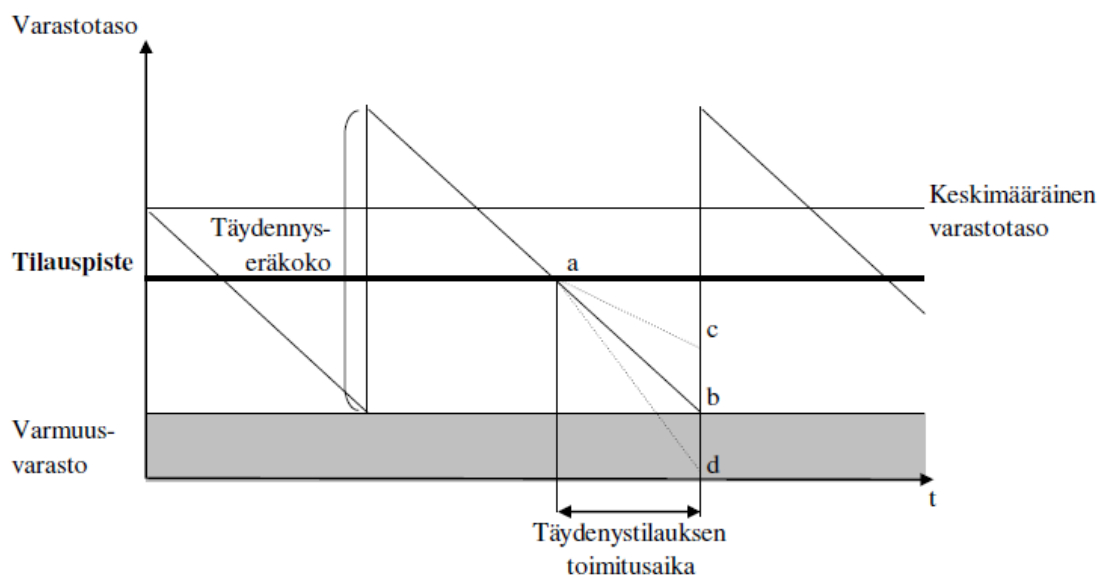
Tilauspistemallit perustuvat hälytysrajaan eli tilauspisteeseen. Hälytysraja on nimikkeen varastomäärä, joka aiheuttaa uuden erän tilaamisen kyseisen rajan tullessa alitetuksi. Hälytysraja määritellään nimikkeen ennustetun tai havaitun kysynnän, toimitusviiveen tai kokonaiskustannusten perusteella sopivalle tasolle. Hälytysraja tulisi asettaa sellaiselle tasolle, että normaalin toimitusajan puitteissa kyseistä nimikettä ehditään hankkia lisää. Jos kaikki menee niin kuin on suunniteltu, on varastossa toimitusten saapumishetkellä tavaraa vielä varmuusvaraston verran jäljellä. Jos taas kysyntä on ollut tavallista

suurempi, voidaan varmuusvaraston avulla kuitenkin turvata riittävä toimituskyky. Tilauspisteen määrittämiseksi tulee tuntea nimikkeen hankinta-aika, menekki hankinta-aikana ja sopiva varmuusvaraston taso. Sakin (2009: 123) mukaan tilauspiste voidaan laskea kaavan 7 mukaisesti. Kaavassa T on tilauspiste. D tarkoittaa keskimääräistä menekkiä tavara- tai nimikeyksiköissä tietyn ajanjakson aikana ja L on hankinta-ajan pituus viikoissa. B tarkoittaa varmuusvarastoa tavarayksiköissä. (Karrus 2005: 43–47; Sakki 1999: 123; Sakki 2009: 123–124)

$$T = DL + B \quad (7.)$$

Usein käytännön ostotyössä tilaukset tehdään kuitenkin määrävälein, esimerkiksi kerran kuukaudessa. Tilauksien tapahtuessa määrävälein, voidaan samaan tilaukseen koota kaikki tarvittavat nimikkeet samalta toimittajalta ja täten saada säästöjä kuljetuskustannuksissa. Tällöin yllä oleva kaava ei ole riittävä, vaan sitä tulee muokata niin, että se ottaa huomioon varaston riittävyyden sekä toimitusajan, että tarkasteluvälin pituiselle ajalle. Kaavaan tulee siis lisätä vielä P , joka tarkoittaa tarkasteluvälin pituutta (kaava 8). (Sakki 2009: 123–124)

$$T = D(L + P / 2) + B \quad (8.)$$



Kuvio 4. Nimikkeen tilauspisteohjaus (Lehtonen 2004: 122).

Kuvio 4 havainnollistaa tilauspistemethoden logiikkaa. A-pisteen kohdalla varasto alittaa tilauspisteen. Kuvassa kysyntä on määritelty vakioksi eli tasaisen kysyntäennusteen mukaiseksi, jolloin varmuusvarastoon jouduttaisiin turvautumaan juuri kun täydennyserä saapuu (piste b). Ennusteissa saattaa kuitenkin tapahtua virheitä ja todellinen kysyntä voikin olla ennakoitua suurempi (piste d) tai pienempi (piste c). Tämän takia tarvitaan varmuusvarastoa estämään varaston tyhjeneminen ennustettua suuremman kysynnän tai täydennystilauksen myöhästymisen seurauksena. Tilauspistemethodella voidaan myös reagoida vaihtelevaan kysyntään seuraamalla varastotasoa tulevaisuuteen. Tällöin varastosaldosta vähennetään tulevia joko todellisia tai ennustettuja tilauksia. (Lehtonen 2004: 122)

3.4.3. Kahden laatikon methodä

Kahden laatikon methodä on hyvin yksinkertainen ja käytännön läheinen tapa järjestää varastolähtöinen ohjaus. Se on yksi käytetyimmistä visuaaliseen valvontaa perustuvista varastohallinnan methodistä. Methodä soveltuu etenkin tasaisesti kulutetuille halvoille nimikkeille, kuten ruuveille, muttereille ja aluslevyille. (Haverila ym. 2005:

452; Krajewski ym. 2010: 448; Sakki 2009: 124) Kahden laatikon menetelmä onkin yleisin kirjallisuudessa suositeltu ohjaustapa C-luokan nimikkeille (Buffa & Sarin 1987; Galloway 1993; Naylor 1996; Stevenson 2005).

Kahden laatikon menetelmässä nimikkeet on varastoitu kahteen eri laatikkoon ja ensimmäisen laatikon tyhjennyttyä otetaan toinen laatikko käyttöön sekä tehdään täydennystilaus. Laatikossa on tavallisesti kortti, joka määrittelee ostettavan nimikkeen ja osuuden. Toinen laatikko toimii varmuusvarastona kunnes täydennystilaus saapuu. Kun täydennystilaus saapuu, täydennetään varmuusvarastona toimiva jälkimmäinen laatikko normaalille tasolle ja loput tilauksesta sijoitetaan ensimmäiseen laatikkoon. Kahden laatikon menetelmä on ohjauksen kannalta hyvin yksinkertainen, mutta sen muokkaaminen ajan kuluessa tapahtuviin muutoksiin sopivaksi voi olla työlästä. Tulee ratkaista miten uusien tai käytöstä poistuvien nimikkeiden kanssa menetellään ja miten viimeisen laatikon tavaramäärää muutetaan, jos menekki lisääntyy tai toimitusajat kasvavat. (Haverila 2005: 452; Krajewski ym. 2010: 448; Sakki 2009: 124)

Kahden laatikon menetelmä voi toimia myös kanbanin avulla imuohjautuvasti. Tällöin menetelmää kutsutaan usein myös ”kolmen laatikon menetelmäksi”, kahden laatikon menetelmän sijaan, vaikkakin molempia nimityksiä käytetään sekaisin. Kolmen laatikon menetelmässä yksi laatikko toimii käyttövarastona, toinen varmuusvarastona ja kolmas laatikko on toimittajalla, joka täyttää tyhjäksi käytetyn laatikon. Menetelmässä informaation kulku eli tiedot tarvittavien nimikkeiden määrästä ja ominaisuuksista toteutetaan kanban-korttien avulla. (ABB 2013b)

3.4.4. Toimittajan valvoma varasto

Toimittajan valvoma varasto (Vendor Managed Inventory, VMI) on toimintamalli, jossa toimittaja seuraa toimittamiensa nimikkeiden varastotasojen kehittymistä asiakkaansa varastossa. Tavallisimmassa ratkaisussa toimittaja pääsee esimerkiksi internetin kautta käsiksi asiakkaansa varastokirjanpitoon. Asiakas ja toimittaja sopivat pelisäännöt, joiden puitteissa toimittaja määrittää toimituserien koot ja ajankohdat. Toimittaja on kuitenkin vastuussa materiaalin riittävydestä ja jokaiselle nimikkeelle on määrätty varastopaikka, joita toimittaja täydentää säännöllisesti. Menetelmää voidaan toteuttaa myös niin, että toimittaja omistaa asiakkaan varastossa olevat nimikkeet, kunnes asiakas käyttää niitä. Asiakasta laskutetaan vasta nimikkeiden käytön perusteella. (Krajewski ym. 2010: 388; Haverila ym. 2005: 452–453)

Toimittajan valvoman varaston toteuttaminen vaatii luotettavaa informaation vaihtoa asiakkaan ja toimittajan välillä. Joskus luottamuksen rakentaminen asiakkaan ja toimittajan välille saattaa olla vaikeaa, etenkin jos toimitettava nimike on asiakkaan liiketoiminnassa avainasemassa. Toimittajan valvottaviksi sopivatkin yleensä vakionimikkeet joiden toimitusaika on suhteellisen lyhyt ja kysyntä melko tasainen. (Krajewski ym. 2010: 388; Haverila ym. 2005: 452–453)

Toimittajan valvomasta varastosta voivat hyötyä sekä asiakas, että toimittaja. Asiakkaalle se voi tuoda kustannussäästöjä, koska asiakas välttää varastojen kasvattamisen ja säästää tilauskuluissa. Menetelmä johtaa usein myös parempaan palvelutasoon, koska toimittaja oppii ymmärtämään paremmin asiakkaan tarpeita. Täten nimikkeiden toimitusajat lyhenevät ja materiaalipuutteet vähenevät. Toimittajan valvoman varaston avulla onkin pystytty alentamaan merkittävästi varastotasoja monissa yrityksissä. Toimittajan kannalta toimittaja hyötyy asiakkaan kysyntätiedoista, joiden avulla se pystyy suunnittelemaan tarkemmin tuotantoaan ja varautumaan kysyntäpiikkeihin (Haverila ym. 2005: 452–453; Hopp ym. 2011: 636; Krajewski ym. 2010: 388) Kauremaan (2006: 11–14) mielestä toimittajan valvomasta varastosta saadaan paras hyöty irti toimitusketjussa, johon sisältyy niin kutsuttua bullwhip -efektiä eli kysynnän piiskavaikutusta. Menetelmä vähentää kysynnän piiskavaikutusta, koska se lisää toimitusketjun läpinäkyvyyttä ja jakaa tietoa todellisesta kysynnästä koko toimitusketjulle. (Kauremaa 2006: 11–14)

4. NIMIKKEIDEN LUOKITTELU ANALYYSIEN AVULLA

Saadakseen kilpailuetua markkinoilla, yritysten on pystyttävä yhä paremmin tyydyttämään asiakkaiden erilaisia tarpeita. Tämä on johtanut siihen, että jopa pienten yritysten käytössä saattaa olla tuhansia erilaisia nimikkeitä. Koska on todella raskasta ja hankalaa käsitellä suuria määriä erilaisia yksittäisiä nimikkeitä, yritykset joutuvat luokittelemaan nimikkeet erilaisiin luokkiin esimerkiksi ABC- tai XYZ-analyysin avulla, jotta tehokas varastonhallinta ja materiaalinohjaus olisivat mahdollisia. (Guvenir ym. 1998: 29–37) Luokittelun avulla saadaan parempi käsitys siitä miten materiaalinohjausta tulee kehittää ja mihin resursseja tulisi käyttää (Sakki 2009: 91).

4.1. Pareton 20/80-periaate

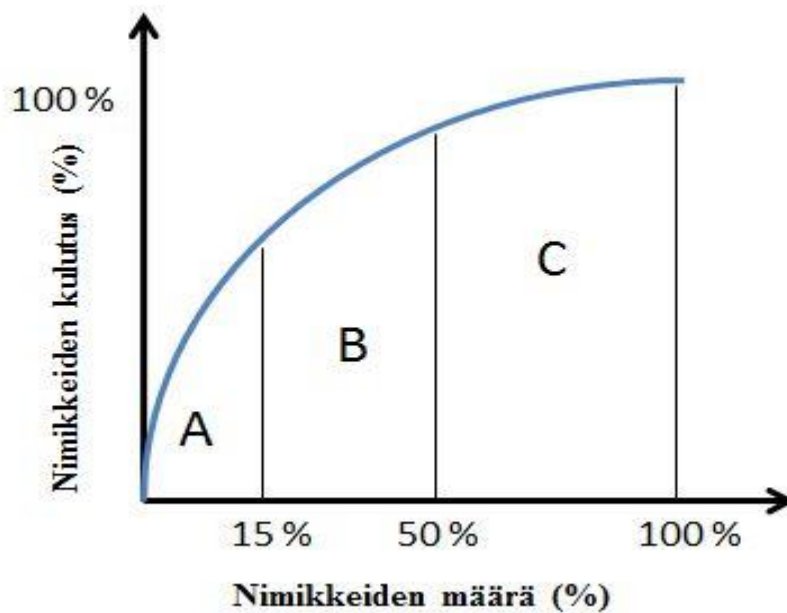
Klassinen ABC-analyysi, jonka kehitti General Electric 1950-luvulla, on kaikista käytetyin tapa luokitella nimikkeet (Guvenir ym. 1998: 29–37). ABC-analyysi perustuu Vilfredo Pareton kehittämään 20/80-periaatteeseen, jonka mukaan 20 % syistä aiheuttaa 80 % seurauksista (Yu 2011: 3416–3421). Pareton lakia on kuvailtu myös lausahduksella ”elintärkeitä muutama, vähäpätöisiä useita” (Hendrick & Moore 1985: 173; Yu 2011: 3416–3421). Materiaalinhallinnassa tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että suhteellisen pieni määrä nimikkeitä saattaa muodostaa merkittävän osan nimikkeiden kokonaisvolyymista. Vuonna 1987 Pareto huomasi tutkiessaan vaurauden jakautumista Englannissa, että noin 20 % ihmisistä piti hallussaan suunnilleen 80 % varallisuudesta. (Coyle 1996: 179; Anderson 2008: 125). Kun Pareto myöhemmin vertasi tätä tulosta muihin maihin, hän teki saman havainnon varallisuuden jakautumisessa (Anderson 2008: 125). Myöhemmin vastaavan ilmiön toistuvuus on huomattu useissa eri alan tutkimuksissa. Esimerkiksi liiketoiminnan kentällä on huomattu muun muassa, että usein 20 % tuotteista edustaa 80 % liikevaihdosta, 20 % nimikkeistä edustaa 80 % ostoista ja, että 20 % toimittajista edustaa 80 % tavaravirroista. (Pouri 1997: 111)

Andersonin (2008: 130–131) mielestä Pareton 20/80-sääntö on usein väärinymmärretty kolmesta eri syystä. Ensinnäkin suhde on harvoin tasan 20/80, vaan esimerkiksi liiketoiminnassa useimmissa tapauksissa 10 % tai jopa vähemmän syistä aiheuttaa 80 % seurauksista. Toinen sekaannusta aiheuttava harhaluulo on, että prosenttien summa tulisi olla tasan 100, mutta koska 20 ja 80 luvut ovat peräisin eri asioista, prosenttien summan ei tarvitse välttämättä olla tasan 100. Suhdeluku voi olla yhtä hyvin 10/80 tai 25/95 kuin

20/80. (Anderson 2008: 130–131) Myös Sakki (2009: 91) korostaa, että prosenttiluvut tulisi ottaa enemmän suuntaa antavina ja tärkeintä on ymmärtää, että riippuvuus on lähempänä 20/80-suhdetta kuin 50/50-suhdelukua. Kolmas väärinymmärryksiä aiheuttava seikka on, että alkuperäistä Pareton sääntöä on sovellettu hyvin erilaisiin asioihin. Liiketoiminnassa se saattaa väärinkäytettynä ja väärinymmärrettynä aiheuttaa arvaamattomia vaikutuksia yrityksen liiketoimintaan. Pareton sääntö aiheuttaa liiketoiminnassa helposti esimerkiksi syrjintää, jolloin 20 %:iin nimikkeistä kiinnitetään huomiota ylikorostuneesti ja loput 80 % jätetään liian vähälle huomiolle. Tämän kaltainen säännön soveltaminen saattaa johtaa tuhoisiin seurauksiin. (Anderson 2008: 130–131)

4.2. ABC-analyysi

ABC-analyysi on erotteliva luokittelutapa, jonka avulla pyritään erottamaan merkittävät seikat vähemmän merkittävistä. ABC-analyysi käytetään yleensä materiaalivarastojen analysoinnin yhteydessä, mutta sen periaatetta voidaan soveltaa myös moneen muuhun tarkoitukseen. ABC-analyysin avulla pystytään suunnittelemaan materiaalien ohjausperiaatteita sekä etsimään materiaalihallinnan kehityskohteita. ABC-analyysissä nimikkeet tai tuotteet luokitellaan luokkiin esimerkiksi myynnin, kappalemääräisen kulutuksen, tuotteiden myyntikatteen tai jonkun muun tunnusluvun mukaan. Tärkeää on, että luokittelun kohteena on yksittäisiä nimikkeitä tai tuotteita eikä esimerkiksi nimikeryhmiä, koska nimikeryhmän sisällä saattaa olla hyvinkin eri tavalla käyttäytyviä nimikkeitä. (Haverila ym. 2005: 457; Sakki 2009: 91)



Kuvio 5. Esimerkki nimikkeiden luokittelusta ABC-analyysissä (Hoppe 2008: 84).

Perinteisesti nimikkeet jaetaan vähintään kolmeen eri luokkaan, mutta luokkien määrä voi olla isompikin, riippuen yrityksen tarpeista (kuvio 5). Yleisin tapa on jakaa nimikkeet A, B ja C-luokkiin. Luokan A nimikkeitä on määrällisesti suhteellisen vähän, mutta ne muodostavat suurimman osan nimikkeiden vuotuisesta käytöstä. Päinvastoin kuin A-luokassa, C-luokan nimikkeitä on määrällisesti paljon, mutta ne muodostavat vain pienen osan vuotuisesta nimikkeiden kulutuksesta. Nimikkeet, jotka jäävät näiden kahden luokan väliin, kuuluvat B-luokkaan. (Ramanathan 2006: 695–700) Jotkin tutkimukset väittävät, että B-luokkaa ei tarvita välttämättä ollenkaan ja kahden luokan käyttäminen on riittävää (Hautaniemi & Pirttilä 1999: 85–95). Asiasta kuitenkin vallitsee erimielisyys, sillä esimerkiksi Sakki (2009: 91–92) jakaa nimikkeet jopa viiteen eri luokkaan. Johnsonin ja Woodin (1999: 320) mukaan nykyään ABC-analyysille onkin usein tyypillistä jakaa nimikkeet useampaan kuin kolmeen luokkaan, jolloin ”kuolleelle varastolle” saadaan oma luokkansa. Tämän luokan avulla pystytään löytämään nimikkeet, jotka voidaan mahdollisesti poistaa kokonaan varastosta. (Johnson ym. 1999: 320)

4.2.1. ABC-analyysin toteuttaminen käytännössä

ABC-analyysin toteuttaminen on melko helppoa. Ensimmäiseksi tulee valita kriteeri, jonka perusteella nimikkeet tullaan luokittelemaan. Luokittelun voi tehdä esimerkiksi

nimikkeiden vuosikulutuksen tai myynnin perusteella. Toiseksi nimikkeet järjestetään alenevaan järjestykseen siten, että ylimmäksi sijoitetaan vuosikulutukseltaan suurin nimike. Tämän jälkeen lasketaan kunkin nimikkeen todellinen ja kumulatiivinen prosenttiosuus vuosikulutuksesta (taulukko 1). Lisäksi taulukkoon tulee laskea nimikkeiden määrä prosentteina nimikkeiden kokonaismäärästä. (Coyle 1996: 180–181; Haverila ym. 2005: 457)

Taulukko 1. Esimerkki perinteisen ABC-analyysin toteuttamisesta käytännössä.

Nimikkeen nimi	Vuosikulutus (kpl)	Vuoden kulutus (%)	Kumulatiivinen kulutus (%)	Nimikkeet prosentteina	Luokittelu
63R	6800	68.0	68.0	10.0	A
89J	1200	12.0	80.0	20.0	A
67U	500	5.0	85.0	30.0	B
32J	400	4.0	89.0	40.0	B
88K	200	2.0	91.0	50.0	B
11M	200	2.0	93.0	60.0	B
32U	200	2.0	95.0	70.0	B
63S	200	2.0	97.0	80.0	C
49Y	150	1.5	98.5	90.0	C
19D	150	1.5	100.0	100.0	C
	10000 kpl	100.0 %			

ABC-luokittelun jakaantumiseen ei ole olemassa yhtä oikeaa sääntöä, vaan tärkeintä on tiedostaa mitä luokittelulla haetaan (Sakki 2009: 91–92). Kirjallisuudesta löytyy runsaasti erilaisia luokitteluperusteita. Esimerkiksi Tersine (1994: 438–441) luokittelee nimikkeet siten, että A-luokkaan kuuluu 5–10 % nimikkeistä, jotka muodostavat 70–75 % kulutuksesta tai myynnistä. B-luokkaan kuuluu 15–20 % nimikkeistä, jotka muodostavat 15–20 % kulutuksesta tai myynnistä. Ja C-luokkaan kuuluu loput nimikkeistä, jotka muodostavat 5–10 % kulutuksesta tai myynnistä. Haverila ym. (2005: 457) jakavat puolestaan nimikkeet siten, että A-luokkaan kuuluu 15 %, B-luokkaan 30 % ja C-luokkaan 55 % nimikkeistä. Heidän luokittelussaan A-luokka muodostaa 80 %, B-luokka 15 % ja C-luokka 5 % vuosikustannuksista (Haverila ym. 2005: 457). Esimerkiksi Sakki (2009: 91) taas esittelee hieman erilaisen lähestymistavan. Hän ei ole asettanut luokille lainkaan prosentuaalisia kokoja, vaan pelkästään kulutus- ja myyntivolyymien määrät ja lisäksi hän luokittelee nimikkeet viiteen eri ryhmään:

- A-tuotteet = ensimmäiset 50 % kumulatiivisesta kulutuksesta tai myynnistä
- B-tuotteet = seuraavat 30 % kumulatiivisesta kulutuksesta tai myynnistä
- C-tuotteet = seuraavat 18 % kumulatiivisesta kulutuksesta tai myynnistä
- D-tuotteet = viimeiset 2 % kumulatiivisesta kulutuksesta tai myynnistä
- E- tuotteet = tuotteet, joilla ei ole kulutusta tai myyntiä

4.2.2. ABC-analyysin luokkien ohjaussuositukset

Vaikka ABC-analyysi onkin todella yleinen tapa luokitella nimikkeitä, ei yksiselitteisiä ohjaussuosituksia eri luokille kuitenkaan kirjallisuudesta löydy ohjaussuositusten vaihdellussa suuresti. Erityisesti B-luokan nimikkeiden ohjaaminen vaikuttaa haasteelliselta ja ohjausstrategiasuositukset vaihtelevat paljon riippuen tutkijasta. Buxey (2006: 996–1012) onkin sitä mieltä, että kirjallisuuden suurimpia puutteita on kunnollisten varastonohjaussuositusten puuttuminen. Yleisin kirjallisuudessa mainittu ohjaustapa luokan C nimikkeille on kaksilaatikko-ohjaus. Luokan A nimikkeille yksiselitteisiä ohjausjärjestelmiä ei juuri löydy, joskin optimaaliseen tilauserään ja tavoitesaldoon perustuvia menetelmiä on ehdotettu. Vielä hankalampaa on löytää ohjaussuosituksia B-luokan nimikkeille. (Buxey 2006: 996–1012) Lähes yksimielisiä tutkijat ovat kuitenkin siitä, että ABC-analyysin avulla luokitelluiden nimikkeiden eri nimikeluokkia tulisi kohdella eri tavoin. Esimerkiksi Hopp ym. (2011: 608–616) mainitsevat, että A-luokan osille on ominaista isot kustannukset, mutta pieni kappalemäärä, joten niihin on järkevää soveltaa tarkempia ja täsmällisempiä ohjausmetodeja kuin usein halpoihin C-luokan osiin. Tässä luvussa on esiteltynä kirjallisuudesta löytyviä ohjaussuosituksia ja -periaatteita eri luokkien ohjaamiseen.

Hoppin ym. (2011: 608–616) mukaan A-luokan osien, joiden pitäminen varastossa on kallista ja erittäin isojen osien, joiden pitäminen varastossa on hankalaa (esim. pakkausmateriaalit) kohdalla on järkevää soveltaa tarkkaa materiaalinohjausta. Tavoitteena on pitää mahdollisimman vähän kyseisiä osia varastossa. Hopp ym. (2011: 608–616) suosittelevatkin JOT -filosofian soveltamista A-luokan osille. Kaikille yrityksille JOT:in käyttäminen ei kuitenkaan ole mahdollista. Tällaisissa tapauksissa Hopp ym. mukaan paras mahdollinen vaihtoehto on ajoittaa A-luokan osien ostot mahdollisimman lähelle tuotantoaikataulua. (Hopp ym. 2011: 608–616) Hopp ym. (2011: 608–616) mielestä edellä mainitut A-luokan osille sovelletut ohjaustavat soveltuvat ajoittain myös B-luokan osille, mutta eivät tavallisesti ole tarkoituksenmukaisia halvoille C-luokan osille. Ei ole järkevää synkronoida esimerkiksi ruuvien ja muttereiden tilauksia tiukasti tuotan-

toaikataulun mukaisesti, koska se saattaa aiheuttaa materiaalipuutteita. Hopp ym. (2011: 608–616) esittävätkin C-luokan ohjaustavaksi niin kutsuttua Wilsonin kaavaa eli optimaalisen eräkoon mallia (EOQ, Economic Order Quantity), jonka avulla määritetään tilauskoko, joka minimoi varastointi- ja tilauskustannuksia. (Hopp ym. 2011: 608–616)

Sakin (2009: 95) antaman yleisohjeen mukaan A- ja B-luokan nimikkeet tulisi pyrkiä ostamaan jatkuvana virtana sopivissa erissä. Sopivat eräkoot määritellään Wilsonin kaavan avulla. Kohtuullisen varastokierron lisäksi ostajan tulisi pyrkiä ostamaan nämä nimikkeet mahdollisimman edullisesti. Loput kulutettavat nimikkeet eli Sakin jaottelussa C- ja D-luokan nimikkeet tulisi ostaa järkevän suurissa erissä. Oheiskulujen minimointi ja työn tehokkuuden lisääminen on C- ja D-luokissa tärkeintä. (Sakki 2009: 95)

Sakki (1999: 111–116) määrittelee aiemmassa julkaisussaan materiaalinohjauksen perusohjeet. Sakki tähdentää, että perusohjeet ovat vain viitteellisiä nyrkkisääntöjä ja niitä tulee täydentää yrityskohtaisesti, mutta jo pelkästään niiden soveltaminen nopeuttaa varaston kiertoa huomattavasti. Alla olevassa listassa on esiteltyä Sakin (1999: 112) suosituksia eri luokkien ohjaamiseen.

A- ja B-tuotteet

Toimituserän koko: Mahdollisimman pieni. 0,5–4 viikon tarve.

Tilaustapa: Tilausvälimenetelmä. Säännöllinen ja tiheä toimitusrytmi. Samaa nimikettä toimitetaan 1–10 kertaa kuukaudessa.

Ostoerän koko: Suuri, hankinnat ovat osa jatkuvaa prosessia.

Varmuusvarasto: Mahdollisimman pieni, mutta valvonta tarkkaa ja usein toistuvaa.

Seuranta: Tarkkaa ja jatkuvaa.

C- ja D-tuotteet

Toimituserän koko: Mahdollisimman suuri. 1–6 kuukauden tarve.

Tilaustapa: Tilauspistejärjestelmä.

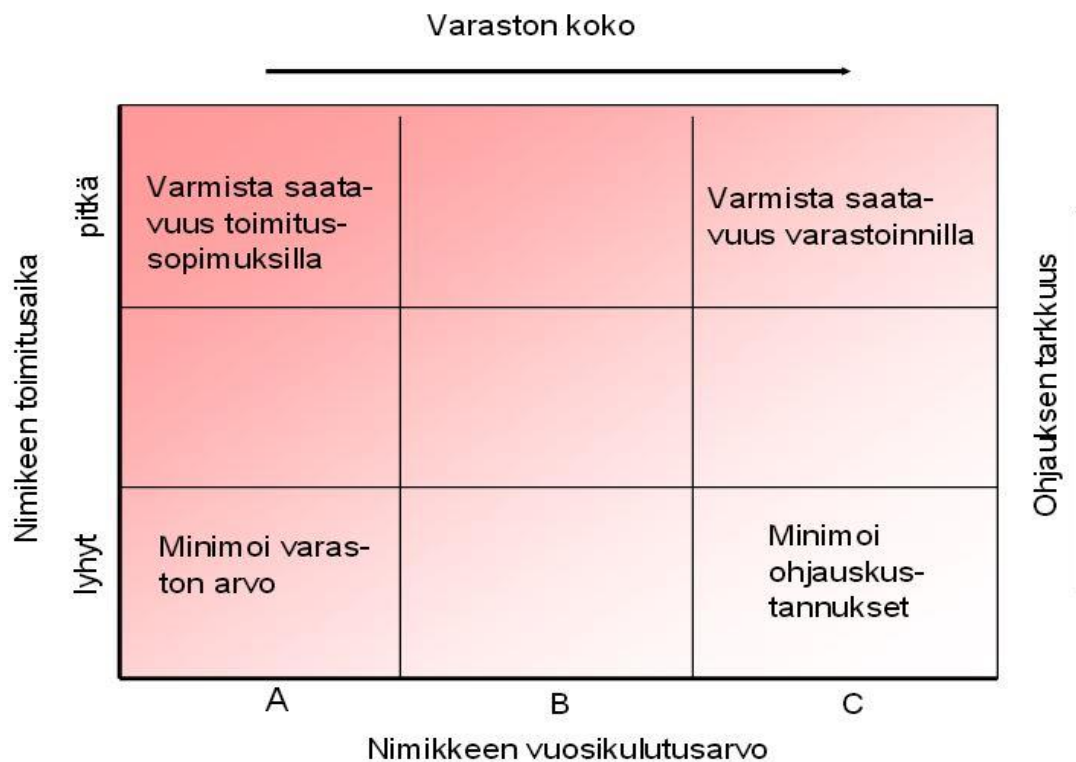
Ostoerän koko: Sama kuin toimituserä.

Varmuusvarasto: Suurehko = usean viikon tarve.

Seuranta: Harvemmin, esimerkiksi kerran kuukaudessa.

Kuviossa 6 Kouri (2005: 16) määrittelee A- ja C-luokan varastovalvontaperiaatteet nimikkeille niiden toimitusajan mukaan. A-luokan lyhyen toimitusajan nimikkeiden va-

rastoarvo tulisi pyrkiä minimoimaan ja pitkien toimitusaikojen nimikkeiden saatavuus varmistaa toimitussopimuksilla luotettavien toimittajien kanssa. C-luokan lyhyen toimitusajan nimikkeiden ohjaukustannukset tulisi pyrkiä minimoimaan automatisoimalla toimitukset mahdollisimman pitkälle. C-luokan pitkää toimitusaikaa vaativien nimikkeiden saatavuus puolestaan tulisi varmistaa riittävällä varastoinnilla. (Kouri 2005: 8–16)



Kuvio 6. Varastovalvontaperiaatteiden valinta (Kouri 2005: 16).

Karruksen (2005: 179–182) suositusten mukaan parhaimmillaan A-luokan nimikkeitä voidaan ohjata täydelliseen, JOT -tyyppiseen imuohjaukseen perustuvalla ohjaustavalla, jolloin varastot minimoituvat. Usein ei kuitenkaan päästä täysin tasaiseen imuohjaukseen, joten sopivien varmuusvarastojen mitoittaminen A- ja B-luokan nimikkeille on järkevää. Varmuusvaraston kuitenkin tulee olla pieni ja jatkuvasti seurattu sekä toimituserien pieniä, jotta varaston kierto pysyy tehokkaana. C-luokan nimikkeiden aiheuttama valvontataakka tulisi Karruksen mielestä minimoida. C-luokan nimikkeiden määrään puolestaan vaikutetaan standardisoinnilla, ulkoistamisella ja toimittajan hallitsemilla käyttövarastoilla. Toimituserissä tulisi pyrkiä useamman kuukauden tarpeisiin ja

varmuusvarastoksi tulee tyypillisesti usean viikon tarve. C-luokan nimikkeille voidaan käyttää tilauspistemenettelyä täydennyserän mitoittamiseen ja ajoittamiseen. (Karruksen 2005: 179–182)

Krajewski ym. (2010: 436–437) suosittelevat, että A-luokan nimikkeisiin kohdistetaan tiukka, usein toistuva seuranta toimitusten eräkoon pienentämiseksi ja alihankkijoiden oikea-aikaisten toimitusten varmistamiseksi. Tärkeää on myös ylläpitää nopeaa varaston kiertonopeutta. B-luokan nimikkeille he suosittelevat keskitason seurantaa. B-luokan nimikkeiden kohdalla seuranta ei tarvitse olla niin usein toistuvaa kuin A-luokan nimikkeiden kanssa, vaan hieman väljempi seuranta yhdistettynä sopiviin varmuusvarastoihin voi olla kustannustehokas keino nimikkeiden riittävyden takaamiseksi. C-luokan nimikkeille tulee soveltaa löyhää seurantaa. Tärkeää on kuitenkin ymmärtää, että materiaali puutteet C-luokan nimikkeissä voivat olla yhtä kohtalokkaita kuin A-luokan nimikkeiden puutteet. C-luokan nimikkeiden varastointikustannukset ovat kuitenkin yleensä alhaisia, joten korkeammat varastotasot, isommat varmuusvarastot ja suuremmat eräkoot saattavat olla hyvä vaihtoehto C-luokan nimikkeille. (Krajewski ym. 2010: 436–437)

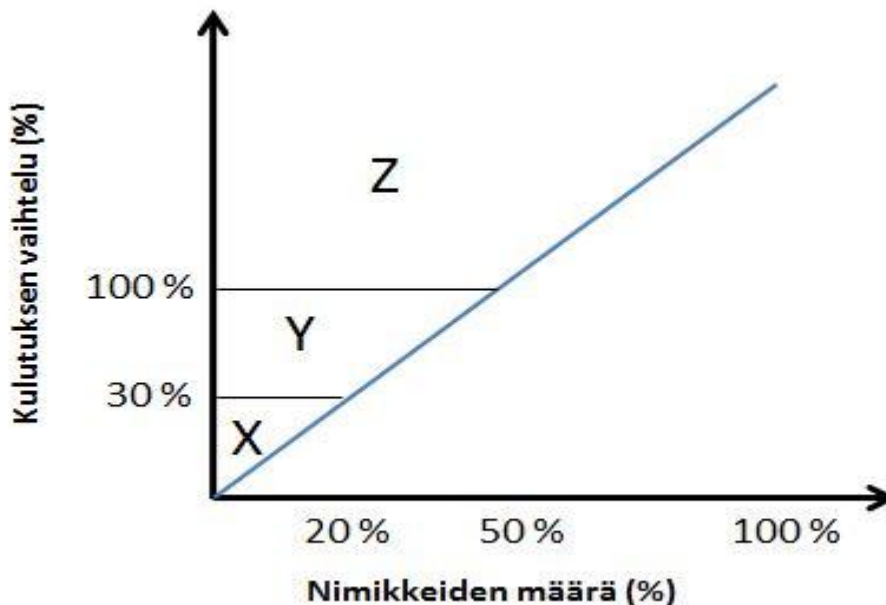
Hoppen (2006: 54–60) mukaan A-luokan osille tulisi käyttää täsmällisiä ohjelmistopohjaisia ennustemenetelmiä ja tarkkaa varastokontrollia sekä harjoittaa intensiivistä markkinoiden tarkkailua. Lisäksi A-luokan nimikkeille tulisi solmia toimitussopimukset tehokkaiden ja hyvän toimitusvarmuuden omaavien toimittajien kanssa, jotta eräkoot pystytään pitämään riittävän pieninä. A-luokan nimikkeille varmuusvarastojen tulee olla niin pieniä kuin mahdollista ja nimikkeiden tilausyksiö tulisi pitää mahdollisimman lyhyenä tai käyttää JOT -menetelmää. C-luokan nimikkeitä tulisi ohjata niin automaattisesti kuin vain mahdollista ja nimikkeiden ostot tulisi suorittaa kiinteinä erinä tai tietyn ajan välein. Myös Hoppe muistuttaa C-luokan nimikkeiden kriittisyydestä tuotantoprosessille ja suosittelee riittävän isoja varmuusvarastoja. C-luokan nimikkeitä voidaan tilata lisää viikoittain tai kuukausittain. B-luokan nimikkeitä Hoppe suosittelee tarkastelemaan nimikekohtaisesti ja jakamaan ne useampaan alaryhmään sopivien ohjaustapojen löytämiseksi. (Hoppe 2006: 54–60)

Nahmias (2001: 275–276) on A-luokan nimikkeistä samoilla linjoilla kuin muutkin edellä mainitut tutkijat eli suosittelee niihin kohdistettavan tarkkaa kontrollia. B-luokan nimikkeitä hän suosittelee seurattavan tietyn aikavälein ja hänen mielestään niitä kannattaa hankkia mieluummin erissä kuin yksittäin. Halvat C-luokan nimikkeet tulisi taas

tilata isoissa erissä, jotta tilauskustannukset saadaan minimoitua. Kalliit C-luokan nimikkeet, joilla on todella vähän kysyntää, tulisi ohjata tilausohjautuvasti ja pyrkiä välttämään kokonaan niiden varastointia. (Nahmias 2001: 275–276)

4.3. XYZ-analyysi

ABC-analyysi on materiaalinohjauksen ensisijainen analyysi, mutta sitä voidaan täydentää esimerkiksi XYZ-analyysillä (Hoppe 2008: 58). XYZ-analyysi on muunnos ABC-analyysistä ja perustuu myös Pareton 20/80-periaatteeseen. XYZ-analyysiä käytetään erityisesti silloin, kun tavarankäsittelyä halutaan kehittää. Sen avulla pystytään esimerkiksi joissain tapauksissa määrittelemään tuotteille ja nimikkeille varastokeräilyn kannalta optimaaliset sijainnit, jotta keräily on joutuisaa ja keräilymatkat lyhyitä. XYZ-analyysin avulla voidaan myös tutkia tuotteiden, myynnin ja nettotuloksen muodostumista. XYZ-analyysille on omat käyttötarkoituksensa, mutta sitä voidaan käyttää myös täydentämään ABC-analyysiä. (Sakki 2009: 96–97)



Kuvio 7. Esimerkki nimikkeiden luokittelusta XYZ-analyysissä (Hoppe 2008: 84).

XYZ-analyysissä materiaalit luokitellaan nimensä mukaisesti X-, Y- ja Z-luokkiin esimerkiksi niiden kulutuksen vaihtelun mukaisesti (kuvio 7). Hoppen (2008: 83) mielestä kulutuksen vaihtelun analysointia voidaan käyttää erityisesti varastotasojen optimointiin. X-luokkaan kuuluvat nimikkeet, joiden kulutus on tasaista ja tulevaisuuden kysyntä on melko helposti ennustettavissa. Y-luokkaan luokitellaan nimikkeet, joiden kysyntä ei ole jatkuvaa, mutta ei myöskään satunnaista. Nimikkeiden kulutus vaihtelee usein trendinomaisesti tai kausittain ja niiden kulutuksessa on havaittavissa selkeitä nousu- ja laskukausia. Y-luokan nimikkeiden kulutuksesta on kuitenkin melko hankala tehdä tarkkoja ennusteita. Z-luokan nimikkeillä ei ole säännöllistä kulutusta ja nimikkeiden kulutus voi voimakkaasti heilahdella sekä sitä voi esiintyä hyvin satunnaisesti. Tämän luokan materiaaleille on myös ominaista pitkät aikavälit, jolloin kulutusta ei esiinny lainkaan. Z-luokan materiaalien kulutuksen ennustaminen on hyvin työlästä ja vaikeaa. (Hoppe 2008: 58–86)

4.3.1. ABC- ja XYZ-analyysien yhdistäminen

ABC-XYZ-analyysi on laajennus klassisesta ABC-analyysistä. Pelkkä ABC-analyysi ei useinkaan vastaa yritysten tarpeisiin riittävän hyvin, koska se ottaa huomioon pelkästään nimikkeiden kulutuksen. Yhdistämällä ABC- ja XYZ-analyysit yhdeksi ABC-XYZ-analyysiksi, voidaan myös kulutuksen vaihtelu ottaa huomioon. (Reiner & Trcka 2004: 217–229) XYZ- ja ABC-analyysit voidaan yhdistää toisiaan täydentäväksi matriisiksi, jolloin ne yhdessä voivat antaa hyvän lähtökohdan materiaalinohjauksen toteuttamiselle (kuvio 8) (Sakki 2009: 96–100). Tämä onkin varsin yleinen tapa toimia, sillä muun muassa Reese & Geisel (1997: 147–154) havaitsivat tutkiessaan Saksan teollisuusyrityksiä, että kaksi kolmasosaa yrityksistä käyttivät ABC-analyysiä materiaalinohjauksen tarpeisiin. Lisäksi yli puolet näistä yrityksistä yhdisti ABC-analyysiin XYZ-analyysin, jotta pystyivät seuraamaan myös kulutuksen vaihtelua. (Reese ym. 1997: 147–154)

	A	B	C
X	AX	BX	CX
Y	AY	BY	CY
Z	AZ	BZ	CZ

Kuvio 8. Yhdistetty ABC- ja XYZ-analyysi.

On tärkeää tehdä nimikkeiden luokittelu tasaisin väliajoin, määriteltyjen standardien mukaisesti, jotta mahdolliset muutokset kysynnässä ja kysynnän vaihtelussa huomataan välittömästi (Bergman, Heger, Meinecke & Scholtz-Reiter 2012: 445–451). Gudehus ja Kotzab (2012: 269–270) suosittelevat toistamaan luokittelun kuukausittain, neljännesvuosittain tai vähintään vuosittain riippuen teollisuuden alasta. Bergman ym. (2012: 445–451) havaitsivat tutkimuksissaan, että nimikkeiden luokittelun toistaminen puolen vuoden välein johti parempiin tuloksiin kuin vuoden välein tehty nimikkeiden luokittelu.

4.3.2. Yhdistetyn ABC- ja XYZ-analyysin luokkien ohjaussuositukset

Yhdistetty ABC- ja XYZ-analyysi johtaa matriisiin, joka sisältää yhdeksän eri nimikekenttää. Jokaiselle kentälle voidaan toteuttaa omaa tarkoin määrättyä ohjaustapaa, joiden avulla ABC-XYZ-matriisi mahdollistaa varastotasojen tehokkaan optimoinnin. (Hoppe 2008: 84)

	A	B	C
X	Kallis osa Tasainen kysyntä Hyvä ennustettavuus	Keskihintainen osa Tasainen kysyntä Hyvä ennustettavuus	Halpa osa Tasainen kysyntä Hyvä ennustettavuus
Y	Kallis osa Vaihteleva kysyntä Kohtalainen ennustettavuus	Keskihintainen osa Vaihteleva kysyntä Kohtalainen ennustettavuus	Halpa osa Vaihteleva kysyntä Kohtalainen ennustettavuus
Z	Kallis osa Epäsäännöllinen kysyntä Huono ennustettavuus	Keskihintainen osa Epäsäännöllinen kysyntä Huono ennustettavuus	Halpa osa Epäsäännöllinen kysyntä Huono ennustettavuus

Kuvio 9. ABC-XYZ-analyysin nimikejakauma (Hoppe 2008: 85).

Kuvion 9 ABC-XYZ-matriisista voidaan helposti nähdä esimerkiksi, että AX-kentän nimikkeisiin sisältyy iso tehostamispotentiaali, kun taas CZ-kentän nimikkeissä taloudellisten säästöjen aikaan saaminen on hyvin haastavaa. Perinteisesti A- ja B-luokan nimikkeisiin sisältyy korkeampi optimointipotentiaali, kun taas Y- ja Z-luokan nimikkeisiin suurempia kontrollointikustannuksia. AX-luokan nimikkeille, joiden menekki on suuri ja kulutus tasaista, tulisi pyrkiä mahdollisimman tarkkoihin ja automaattisiin ennusteisiin. AX-luokan nimikkeillä onkin varastotasojen optimoinnissa yleensä kaikista eniten potentiaalia. CZ-luokan osien ennustaminen on vaikeaa ja niihin ei sitoudu paljoa pääomaa, joten niihin ei kannata kohdistaa myöskään ylettömästi kontrollointia. Hoppen (2008: 3.4) mukaan CZ-luokan nimikkeiden ennustaminen tulisikin saada täysin automaattiseksi, jotta ostajien aikaa ei tuhlaannu tämän ryhmän nimikkeiden parissa. AZ-luokan nimikkeet joudutaan usein ennustamaan manuaalisesti, koska niiden kysyntä vaihtelee suuresti. Toisaalta AZ-luokan materiaaleihin liittyy suuri varastotasojen optimoinnin potentiaali, jos ennusteet saadaan luotettaviksi. (Hoppe 2008: 84–86)

4.4. Muita luokittelumalleja

Moniulotteinen luokittelu on yleensä tarpeellinen, jos varastoitavia nimikkeitä on paljon ja ne ovat kulutukseltaan keskenään hyvin erityyppisiä. ABC-analyysistä on kehitetty XYZ-variaation lisäksi myös useita muitakin moniulotteisia luokittelumalleja. Tällaisia malleja on muun muassa analyttinen hierarkiaprosessi (AHP), tilastollinen analyysi, painotettu lineaarinen ohjelmointi ja geneerinen algoritmi. Yhteinen ongelma kuitenkin näille kaikille menetelmille on, että ne ovat usein liian monimutkaisia soveltuvaksi päivittäiseen käyttöön. (Chen, Li, Kilgour & Hipel. 2006: 777)

5. ABC-XYZ-ANALYYSI ABB:N MATERIAALINOHJAUKSEN TYÖKALUNA

Tässä luvussa teoriaosuudesta tuttuja ABC- ja XYZ-analyysejä sovelletaan ABB Oy:n materiaalinohjauksen tarpeisiin. Aluksi käydään läpi luokitteluprosessin kulku ja analyysien luokittelukriteerit, jonka jälkeen analyysit yhdistetään yhdeksi ABC-XYZ-analyysiksi nimikkeiden luokittelemiseksi nimikeluokkiin. Yhdistetyn analyysin avulla tutkitaan kohdeyrityksen 1.5.2013–31.10.2013 välisenä aikana kulutettujen nimikkeiden kappalemääräistä kulutusta ja kulutuksen vaihtelua kahdella eri kokoonpanolinjalla. Nimikkeiden kulutushistoria saadaan SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä, jonka jälkeen ABC-XYZ-analyysi tehdään AL10- ja AL2A-kokoonpanolinjoilla kulutetuille nimikkeille.

5.1. Yleisiä asioita moottorituotannosta

Vaasan moottoritehtaassa on käytössä seitsemän eri sähkömoottoreiden kokoonpanolinjaa ja ne on jaettu moottoreiden runkokoon mukaisesti taulukon 2 esittämällä tavalla. Runkokoko ilmoittaa moottorin korkeuden maasta akselin keskikohtaan millimetreinä mitattuna. Taulukossa 2 esitetyllä AL20-linjalla valmistettavat HAUK-moottorit eroavat rakenteeltaan perinteisistä sähkömoottoreista, sillä ne sisältävät ainoastaan aktiivikomponentit eli käämityn staattorin ja roottorin. AL1- ja AL1B-linjoilla kokoonpannaan molemmissa samankokoisia sähkömoottoreita, mutta AL1B-linjalta valmistuu ainoastaan räjähdysvaarallisten tilojen moottoreita ja joitain asiakaskohtaisia moottoreita. AL1-linjalla valmistetaan kaikki loput runkokoon 280–315 sähkömoottorit (taulukko 2). Tässä tutkimuksessa tutkittavana on AL10- ja AL2A-kokoonpanolinjat ja niillä kulutettujen nimikkeiden käyttäytyminen. Näihin kahteen kokoluokkaan kuuluu erilaisia räjähdysvaarallisten tilojen moottoreita, prosessi- ja laivamoottoreita sekä erikoisempia moottoreita esimerkiksi savukaasujen poistoon tai rullaratakäyttöön. Kokoonpanolinjojen lisäksi Vaasan moottoritehtaassa koneistetaan myös runkoja sekä valmistetaan staattoripaketteja ja roottoreita.

Taulukko 2. Kokoonpanolinjat.

Kokoonpanolinja	Runkokoko (mm)
AL10	71–132
AL15	160–250
AL20	HAUK 200–400
AL1	280–315
AL1B	280–315
AL2A	355–400
AL2B	450

Sähkömoottorin pääkomponentteja ovat staattori, staattorirunko, roottori akseleineen, laakerointiosat, laakerikilvet ja liitäntäosat. Runkokokojen 200–450 roottorit ja staatto-ripaketit valmistetaan ABB:n toimesta, mutta esimerkiksi moottoreiden valurautaiset osat hankitaan pääsääntöisesti Aasiasta. Valurautaisista osista koneistetaan moottoreihin tarvittavat staattorirungot, osittain ABB:n omassa runkokoneistuksessa ja osittain alihankintana. Staattoreiden käämintä ja hartsaus tapahtuvat osittain alihankkijalla ja osittain omassa tuotannossa. Loput osista ostetaan joko valmiina tai teetetään alihankkijalla. Jokaisesta komponentista on olemassa lukuisia erilaisia variaatioita, mikä luo omat haasteensa materiaalinhallinnalle.

Vaasan moottoritehtaassa valmistettavat moottorit voidaan jaotella karkeasti kahden eri toimitusprosessin perusteella. Osa moottoreista valmistetaan keskusvarastoon MTS (Make-To-Stock) periaatteen mukaisesti ja ne lähetetään sieltä suoraan asiakkaalle tilauksen jälkeen. Tällaisten MTS-moottoreiden osuus valmistettavista moottoreista on nykyisellään jo hyvin pieni ja tulee tulevaisuudessa pienenemään edelleen. Loput moottoreista valmistetaan joko ATO (Assemble-To-Order), MTO (Make-To-Order) tai ETO (Engineer-To-Order) -periaatteen mukaisesti. ATO-moottorit ovat moottoreita, joille pystytään lupaamaan nopea toimitusaika, koska niiden valmistukseen tarvittavat osat ja osakokonaisuudet on puskuroitu kokoonpanolinjalle valmiiksi. ATO-moottorit eivät vaadi myöskään suunnittelua ja niille on varattu valmiiksi pääkomponentit sekä kapasiteettiä tuotannosta. MTO-moottoreiden rakenne taas ei vaadi vaativaa suunnittelutyötä ja niiden komponentit hankitaan tai ostetaan tuotantotilauksen perusteella. MTO-moottoreiden toimitusaika on hieman pidempi kuin ATO-moottoreiden. Pisimmän toi-

mitusajan moottoreita ovat ETO-moottorit, sillä niiden rakenne tarvitsee vaativaa suunnittelua ja usein myös kauppakohtaisia osia.

5.2. Speed2Win-projekti

Vaasan moottoritehtaalla käynnistyi loppukeväästä 2013 laajamittainen Speed2Win-projekti, johon myös tämä tutkielma osittain liittyy. Speed2Win on kunnianhimoinen kehityshanke, jossa on mukana useita ABB:n moottoritehtaita, pääosin Euroopassa. Projektia varten aluksi ulkopuoliset konsultit yhdessä projektipäälliköiden kanssa keräsivät ja analysoivat taustatietoja toimenpiteiden käynnistämiseksi. Hankkeeseen on nimetty mukaan myös projektihenkilöitä, jotka ovat panostuksesta riippuen mukana projektissa joko osa- tai kokoaikaisesti. (ABB 2013b)

Vaasan moottoritehdas on kärsinyt jo pitkään pitkistä toimitusajoista ja asiakkailta saatu palaute on antanut alku sysäyksen tehdä asialle jotakin. Speed2Win-projektilla onkin kolme tehdaskohtaista päätavoitetta: toimitusaikojen puolittaminen, volyymijoustavuus vakioitoimitusajalla ja tuottavuuden lisääminen. Speed2Win-projektilla on varattu aikaa noin 1,5 vuotta, koska projektin tavoitteena on hakea isoa muutosta toiminnassa, eikä se onnistu muutamassa kuukaudessa. Myöhemmin Speed2Win-projektia on tarkoitus vielä jatkaa ja keskittyä erityisesti pienen runkokoon moottoreiden tuottavuuden parantamiseen. (ABB 2013b)

5.3. Tavoitteellinen palvelutaso eri nimikeluokille

Jotta kokoonpanolinjat pystyisivät toimimaan parhaalla mahdollisella tavalla, tulee varastojen palvelutaso olla mahdollisimman korkea. Haverila ym. (2005: 443–444) määrittävätkin tutkielman teoriaosuudessa halutun palvelutason varmistamisen yhdeksi materiaalinohjauksen päätavoitteista. Hoppen (2006: 48–50) mukaan korkean palvelutason tavoittelu johtaa kuitenkin lopulta varastojen kasvamiseen, joten kompromisseilta ei pystytä välttymään, mikäli varastotasot halutaan pitää matalina. Tärkeintä onkin määrittellä optimaaliset palvelutasot. Yleensä on järkevää määrittellä analyyseillä luokiteltujen nimikkeiden jokaiselle nimikeluokalle oma tavoitteellinen palvelutaso sen sijaan, että määriteltäisiin pelkästään yksi yhteinen tavoitteellinen palvelutaso kaikille nimikkeille. (Hoppe 2006: 264)

	X	Y	Z
A	97,5%	96,5%	93,0%
B	96,5%	95,0%	92,5%
C	94,0%	92,5%	90,0%

Kuvio 10. Palvelutasojen tavoitteet eri nimikeluokille.

Kuviossa 10 on määriteltynä kohdeyrityksen palvelutasotavoitteet eri nimikeluokille. Tavoitteet on asetettu Speed2Win-projektin yhteydessä ja niiden avulla on tarkoitus saada kokoonpanolinjat toimimaan mahdollisimman tehokkaasti ilman materiaali- puutteita ja varastotasojen liiallista nousua. Kuviossa 10 on merkitty eri väreillä erilaisia ohjauksen periaatteita materiaalinohjauksen tehostamiseksi. Speed2Win-projektin yhteydessä määritellyt periaatteet noudattavat melko hyvin teoriassa läpikäytyjä nimikeluokkien ohjaussuositusten periaatteita. Punaisella merkittyjen nimikeluokkien (CX, CY & CZ) kohdalla tulisi pyrkiä pienentämään varmuusvarastoja ja vähentää luokkien nimikkeiden seuranta. Vihreällä merkittyjen nimikeluokkien (AX, AY & BX) kohdalla tulisi niin ikään pyrkiä mahdollisimman mataliin varmuusvarastojen tasoon tiukan seurannan ja täsmällisen materiaalinohjauksen keinoin. Sinisellä merkitylle BY-nimikeluokan kohdalla ennustemenetelmiä sekä suunnitteluprosesseja tulisi kehittää ja myös sopiva seurannan taso pitäisi määrittää tälle nimikeluokalle. Keltaisella merkittyjen nimikeluokkien (AZ & BZ) kohdalla tulisi keskittyä saamaan ennustemenetelmät mahdollisimman luotettaviksi, jotta nimikkeiden hankkiminen imuohjautuvasti olisi mahdollista. (ABB 2013b)

5.4. Luokitteluprosessin kulku

Nimikkeiden luokittelun avulla voidaan tunnistaa eri tavalla käyttäytyvät nimikkeet, jakaa ne nimikeluokkiin ja lopulta pystytään määrittelemään jokaiselle luokalle oma

materiaalinohjausmenetelmä. Duchessi, Taiy & Levy (1988: 8–15) määrittelevät luokitteluprosessille neljä eri vaihetta:

1. Määrittele sopivat luokittelukriteerit
2. Määritä kontrollointitarpeet eri luokille
3. Valitse sopiva materiaalinohjausmenetelmä
4. Implementoi

Jotta nimikkeille voidaan määrittellä sopivat luokittelukriteerit, tulee niiden ominaisuudet ja kriittisyys liiketoiminnalle tuntea. Luokittelun jälkeen tulee määrittellä kontrollointitarpeet eri luokille. Onko kaikille nimikeluokalle esimerkiksi tarpeellista soveltaa yhtä tarkkaa seuranta ja mitkä ovat niille optimaaliset varastotasot? Näiden päätösten jälkeen voidaan valita jokaiselle nimikeluokalle sopivat materiaalinohjausmenetelmät ja implementoida prosessi jatkuvaan käyttöön. (Duchessi ym. 1988: 8–15)

5.5. ABC-analyysin luokittelukriteerit

Ensimmäinen vaihe ABC-analyysissä on valita sopivat luokittelukriteerit. Koska tämän tutkimuksen ensisijaisena tavoitteena on parantaa palvelutasoa eikä pelkästään optimoida varastotasoja, valitaan ABC-analyysin luokittelukriteeriksi nimikkeiden kappalemääräinen kulutus 1.5.2013–31.10.2013 väliseltä ajalta. Lisäksi pelkkä varastotasojen optimointi ei olisi järkevää vain kahden kokoonpanolinjan osalta, koska loput viisi linjaa kuluttavat myös osittain samoja nimikkeitä ja täten varastotasotkin optimoituisivat vain osittain. Tuotannossa kulutettavia nimikkeitä ei hankita kokoonpanolinjakohtaisesti, joten tutkimus tulisi tehdä jokaiselle kokoonpanolinjalle, jotta pelkkä varastotasojen optimointi olisi järkevää nimikkeiden hintamääräiseen luokitteluun perustuen. Tämän vuoksi nimikkeiden kappalemääräinen kulutus valitaan ABC-analyysin luokittelukriteeriksi ja sitä käytetään ABC-luokittelun luokittelukriteereinä sekä AL10-linjalle, että AL2A-linjalle. Tämä nimikkeiden puolen vuoden kulutushistoria saadaan SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä. Tärkeää on kuitenkin ymmärtää, että kulutushistoriassa ei ole mukana niin kutsuttu ”kuollut varasto” eli nimikkeet joita ei ole kulutettu tarkastellulla aika välillä ollenkaan. Tällaiset kuluttamattomat nimikkeet esimerkiksi Sakki (2009: 91) luokittelee omassa ABC-analyysissä E-luokkaan.

Nimikkeet jaetaan perinteisen ABC-analyysin mukaan kolmeen eri luokkaan. Kolmeen luokkaan jakaminen nähdään riittävänä ABB:n tarpeisiin ja se mahdollistaa XYZ-

analyysin yhdistämisen ABC-analyysin helposti. Jos nimikkeet jaettaisiin ABC-analyysissä useampaan kuin kolmeen luokkaan ja siihen liitettäisiin vielä XYZ-analyysi, olisi tuloksena niin monta nimikeluokkaa, että niiden hallitseminen käytännön toiminnassa olisi liian työlästä ja vaikeaa. Alla on esiteltynä valitut ABC-analyysin luokkien jaotteluperiaatteet. Luokkajako tehdään yhdenmukaisesti Speed2Win-projektin ABC-analyysin luokkajaon kanssa.

- A: 80 % kulutuksesta
- B: 15 % kulutuksesta
- C: 5 % kulutuksesta

Taulukko 3. Esimerkki AL2A-kokoonpanolinjan ABC-luokittelusta ja luokkarajoista.

Kulutus (kpl)	Kulutuksen osuus kokonaiskulutuksesta (%)	Kumulatiivinen kulutuksen summa	Nimikkeiden kumulatiivinen määrä nimikkeiden kokonaismäärästä	ABC-luokitus
10	0,016 %	94,988 %	34,947 %	B
10	0,016 %	95,004 %	35,018 %	B
10	0,016 %	95,021 %	35,088 %	B
10	0,016 %	95,037 %	35,158 %	B
10	0,016 %	95,054 %	35,228 %	B
10	0,016 %	95,070 %	35,298 %	B
10	0,016 %	95,086 %	35,368 %	B
10	0,016 %	95,103 %	35,439 %	B
10	0,016 %	95,119 %	35,509 %	B
10	0,016 %	95,135 %	35,579 %	B
9	0,015 %	95,150 %	35,649 %	C
9	0,015 %	95,165 %	35,719 %	C

Taulukossa 3 on esimerkki ABC-luokittelun luokkarajoista. Luokkarajat on määritetty siten, että nimike joka ensimmäisenä ylittää luokalle määritetyn kumulatiivisen kulutuksen summan on vielä mukana samassa luokassa. Esimerkiksi B-luokan ollessa kyseessä ensimmäinen nimike, joka ylittää 95 % nimikkeiden kumulatiivisessa kulutuksessa, on vielä mukana B-luokassa. Tämä sääntö pätee myös A- ja C-luokkiin. Kuitenkin, jos kumulatiivisen kulutusrajan ylittävän nimikkeen jälkeisiä nimikkeitä on kulutettu tarkastellulla aikavälillä yhtä monta kappaletta, on nekin vielä mukana samassa luokassa.

Esimerkiksi AL2A-linjan B- ja C-luokan välisen kumulatiivisen kulutusrajan (95 %) ylittävän nimikkeen jälkeen B-luokassa on mukana vielä kahdeksan seuraavaakin nimikettä, koska niitä kaikkia on kulutettu 10 kappaletta tarkastellulla aikavälillä (taulukko 3). Vasta, kun kulutus putoaa yhdeksään kappaleeseen, muuttuu nimikkeiden luokitus C-luokaksi. Taulukko 3 havainnollistaa luokkarajojen määrittelyä. Taulukon ensimmäisessä sarakkeessa on laskettuna kappalemääräinen kulutus tarkastellulla aikavälillä, toisessa nimikkeen kulutuksen osuus kokonaiskulutuksesta prosentteina, kolmannessa nimikkeen kumulatiivinen kulutuksen summa, neljännessä nimikkeiden kumulatiivinen määrä nimikkeiden kokonaismäärästä ja viimeisessä sarakkeessa ABC-luokitus.

5.6. XYZ-analyysin luokittelukriteerit

Jotta saataisiin tarkempi kuva nimikkeiden kulutuksen käyttäytymisestä tarkastellulla aikavälillä, on ABC-analyysin rinnalle hyvä ottaa käyttöön myös XYZ-analyysi. Kuten Hoppe (2008: 58–59) kirjassaan mainitsi, on ABC-analyysi materiaalinohjauksen ensisijainen analyysi, mutta sitä voidaan täydentää helposti XYZ-analyysillä paremman kokonaiskuvan saamiseksi ja ABC-analyysillä saatujen nimikeluokkien lisäsegmentoimiseksi. Täten pystytään arvioimaan muitakin nimikkeiden ominaisuuksia kuin pelkästään kulutusta.

Koska ensisijaisena tavoitteena on varmistaa tietty palvelutaso ja osittain myös optimoida varastotasoja, valittiin XYZ-analyysin luokittelukriteeriksi kulutuksen vaihtelu. Kuten tutkielman teoriaosuudessaakin jo mainittiin, esimerkiksi Hoppen (2008: 81–84, 338–341) mielestä kulutuksen vaihtelun valitseminen luokittelukriteeriksi XYZ-analyysissä sopii erityisesti varastotasojen optimointiin, mutta myös palvelutason parantamiseen. Hoppen (2008: 82) mukaan XYZ-analyysin päämääränä on muun muassa:

- Tunnistaa arvokkaat nimikkeet, jotka pystytään suunnittelemaan ja ennustamaan hyvin
- Pienentää varmuusvarastoja, etenkin AX-nimikkeiden osalta
- Pienentää prosessointi- ja varastointikustannuksia keskittämällä suunnittelukustannukset AX-luokkaan ja vähentämällä niitä CZ-luokasta
- Tukea ennustemallien valinnassa

XYZ-analyysiin tarvittava kulutuksen vaihtelu saadaan selville variaatiokertoimen (V) avulla (kaava 11). Variaatiokertoimen selvittämiseksi tulee laskea ensin otoksen keskihajonta (\tilde{s}) (kaava 9) ja keskiarvo (\bar{x}) (kaava 10). Keskihajontaa ja keskiarvoja laskiessa on usein materiaalinohjauksen kannalta järkevempää jättää ”nollaviikot” kokonaan pois laskuista, koska näinä viikkoina ei varastoissa tapahdu nimikkeiden kuluttamista lainkaan. Tällaisten viikkojen sisällyttäminen laskuihin tekee vain kysyntäpiikkien ennustamisen materiaalinohjauksen kannalta entistä vaikeammaksi ja nimikeluokkien ohjaustapojen määrittämisen hankalammaksi. Myös tässä tutkielmassa jätettiin ”nollaviikot” pois laskuista. Alla on esitettyä edellä mainitut kolme laskukaavaa. (Hoppe 2006: 84–85)

$$\text{Keskihajonta: } \tilde{s} = \sqrt{\tilde{s}^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (9.)$$

$$\text{Keskiarvo: } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (10.)$$

$$\text{Variaatiokerroin: } V = \frac{\tilde{s}}{\bar{x}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i - \bar{x})^2}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i} \quad (11.)$$

Tässä tutkimuksessa käytetään viikkotason kulutushistoriaa analyysien perustana. Vaihteluväliä valitessa on olennaista ymmärtää, että mitä pitempi on tarkasteltava periodi, sen tasaisemmaksi vaihtelu yleensä muuttuu eli variaatiokerroin laskee (Hoppe 2006: 86). Esimerkiksi, jos tutkimuksessa käyttämäni puolen vuoden kulutushistoriaa tarkasteltaisiin vaikkapa kuukausitasolla eikä viikkotasolla, nimikekohtaiset variaatiokertoimet olisivat todennäköisesti merkittävästi pienempiä. Ajan kulumisella on siis tasoittava vaikutus vaihteluun.

Kulutuksen vaihtelua mitataan variaatiokertoimella ja kulutuksen vaihtelun luokkarajat valittiin perustuen aiemmin kohdeyrityksessä tehtyihin analyyseihin. Valittuihin rajoihin päädyttiin, koska kohdeyrityksen Speed2Win-projektin tiimoilta oli jo aiemmin tehty XYZ-analyysi kyseisillä raja-arvoilla. Käyttämällä samoja variaatiokertoimen raja-arvoja, XYZ-analyyseistä saadut tulokset ovat vertailukelpoisia Speed2Win-projektin tulosten kanssa ja mahdollistavat niiden vertailun keskenään. Valitut variaatiokertoimen luokkarajat ovat:

- X: $0 - 0,4$
- Y: $0,4 - 1$
- Z: ≥ 1

5.7. ABC-XYZ-analyyseiden suorittaminen

Pohjatiedot AL10- ja AL2A-linjojen ABC-XYZ-analyyseille haettiin SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä Excel-taulukkolaskentaohjelmistoon 1.5.2013–31.10.2013 väliseltä ajalta. Alkuperäisessä Exceliin siirretyssä AL10- ja AL2A-linjojen kulutushistoriassa näkyi kuitenkin jokainen kulutustapahtuma yksittäisenä rivinä, joten kulutushistoriaa muokattiin nimikekohtaiseksi. Lisäksi alkuperäisessä kulutushistoriassa jokaiselle kulutustapahtumalle oli merkitty päivämäärä, joten kulutushistoria muokattiin näkymään viikkotasolla. Edellä mainittujen muokkausten jälkeen kulutusdata pystyttiin sijoittamaan Excelissä pivot-taulukkoon, jonka avulla nähtiin jokaisen nimikkeen viikkokulutus. Pivot-taulukkoon järjestetty kulutushistoria molempien linjojen osalta on nähtävissä liitteissä 1 ja 2.

Ensin kulutushistorian avulla nimikkeille tehtiin ABC-analyysi (liite 1 & 2). ABC-analyysiä varten nimikkeet järjestettiin suuruusjärjestykseen niiden kokonaiskulutuksen perusteella. Tämän jälkeen jokaiselle nimikkeelle laskettiin prosentuaalinen osuus kokonaiskulutuksesta. Lisäksi nimikkeiden prosenttiosuuksien kumulatiivinen kulutus laskettiin niin, että kokonaismääräksi muodostui 100 %. Lopuksi vielä ABC-analyysiä varten laskettiin jokaisen nimikkeen osuus nimikkeiden kokonaismäärästä ja määritettiin niiden kumulatiiviset arvot. Tämän jälkeen pystyttiin luokittelemaan nimikkeet ABC-luokkiin laskelmien perusteella, luvussa 5.5. mainittujen jaotteluperiaatteiden mukaisesti.

ABC-analyysin valmistuttua tehtiin nimikkeille XYZ-analyysi (liite 1 & 2). XYZ-analyysiä varten nimikkeille laskettiin keskihajonta ja keskiarvo kaavojen 9 ja 10 mukaisesti. Keskihajonnan ja keskiarvon perusteella pystyttiin laskemaan nimikkeiden variaatiokerroin kaavan 11 avulla. Variaatiokertoimeen perustuen nimikkeet luokiteltiin XYZ -luokkiin luvussa 5.6. esitellyn jaotteluperiaatteen mukaisesti. Lopuksi vielä ABC- ja XYZ-analyysien tulokset yhdistettiin ja jokaiselle nimikkeelle määritettiin kaksiulotteinen luokka analyyseistä saatujen tulosten perusteella.

Ennen analyysin aloittamista oli tärkeää ottaa huomioon AL10- ja AL2A-linjojen tuotannon eroavaisuudet. Eroavaisuuksien takia analyysi tehtiin molemmille linjoille erikseen, koska yhteinen analyysi todennäköisesti vääristäisi tuloksia, jolloin se ei olisi kovinkaan hyvin hyödynnettävissä liiketoiminnan tarpeisiin. Tämä johtuu siitä, että volyyymi ja tuotteisiin sitoutunut pääoma näiden kahden linjan välillä ovat hyvin erilaiset. Siinä missä AL10-linjalta valmistuu noin 60 pientä sähkömoottoria päivässä, on AL2A-linjan valmistusvolyymi huomattavasti pienempi, noin 20 kappaletta päivässä. AL2A-linjan moottorit ovat kuitenkin fyysiseltä kooltaan huomattavasti isompia. Rahallisesti mitattuna AL2A-linjan sähkömoottorit ja niihin kulutetut nimikkeet ovat myös monin verroin arvokkaampia kuin AL10-linjan. Tästä johtuen kappalemääräiseen kulutukseen ja kulutuksen vaihteluun perustuva ABC-XYZ-analyysi tulee tehdä molemmille linjoille erikseen, koska muuten tärkeiksi A-luokan nimikkeiksi valikoituisivat lähes pelkästään AL10-linjan nimikkeitä niiden suuren kappalemääräisen kulutuksen vuoksi. Isot AL2A-linjalta valmistuvat moottorit kuitenkin ovat kriittisempiä kohdeyrityksen liiketoiminnan kannalta, koska niissä katteet ovat paljon suuremmat. Lisäksi rahassa mitattuna AL10-linjalla kulutetuista nimikkeistä ei saada niin helposti säästöjä materiaalinohjausta tehostamalla kuin AL2A-linjalle kuluvista kalliista osista.

5.8. ABC-XYZ-analyysin nimikejakauma kappalemääräisessä kulutuksessa

Koska palvelutason parantaminen asetettiin ABC-XYZ-analyysin ensisijaiseksi tavoitteeksi, valittiin kappalemääräinen kulutus ABC-analyysin luokittelukriteeriksi. Tämä muuttaa klassista ABC-analyysiä siten, että nimikkeiden luokittelu ei tapahdu enää perinteisesti niiden hinnan mukaan, vaan kriteeriksi muuttuu niiden tärkeys kokoonpanolinjalle. Tällaisen sovelletun ABC-XYZ-analyysin avulla pystytään seuraamaan, mitkä nimikkeet ovat oikeasti tärkeitä tuotannon toimivuuden kannalta ja sitä kautta palvelutasoa pystytään nostamaan.

	A	B	C
X	Suuri volyyymi Tasainen kysyntä Hyvä ennustettavuus	Kohtalainen volyyymi Tasainen kysyntä Hyvä ennustettavuus	Pieni volyyymi Tasainen kysyntä Hyvä ennustettavuus
Y	Suuri volyyymi Vaihteleva kysyntä Kohtalainen ennustettavuus	Kohtalainen volyyymi Vaihteleva kysyntä Kohtalainen ennustettavuus	Pieni volyyymi Vaihteleva kysyntä Kohtalainen ennustettavuus
Z	Suuri volyyymi Epäsäännöllinen kysyntä Huono ennustettavuus	Kohtalainen volyyymi Epäsäännöllinen kysyntä Huono ennustettavuus	Pieni volyyymi Epäsäännöllinen kysyntä Huono ennustettavuus

Kuvio 11. Kappalemääräiseen kulutukseen perustuva ABC-XYZ-analyysin nimikejakauma.

Kuviossa 11 on kuvattuna kappalemääräiseen kulutukseen ja kulutuksen vaihteluun perustuvan ABC-XYZ-analyysin nimikejakauma. Kuvioista on nähtävissä kuinka nimikkeiden volyyymi tulee yhdeksi luokittelukriteeriksi hinnan sijaan (vrt. kuvio 9)

6. ABC-XYZ-ANALYYSIEN TULOKSET JA OHJAUSSUOSITUKSET

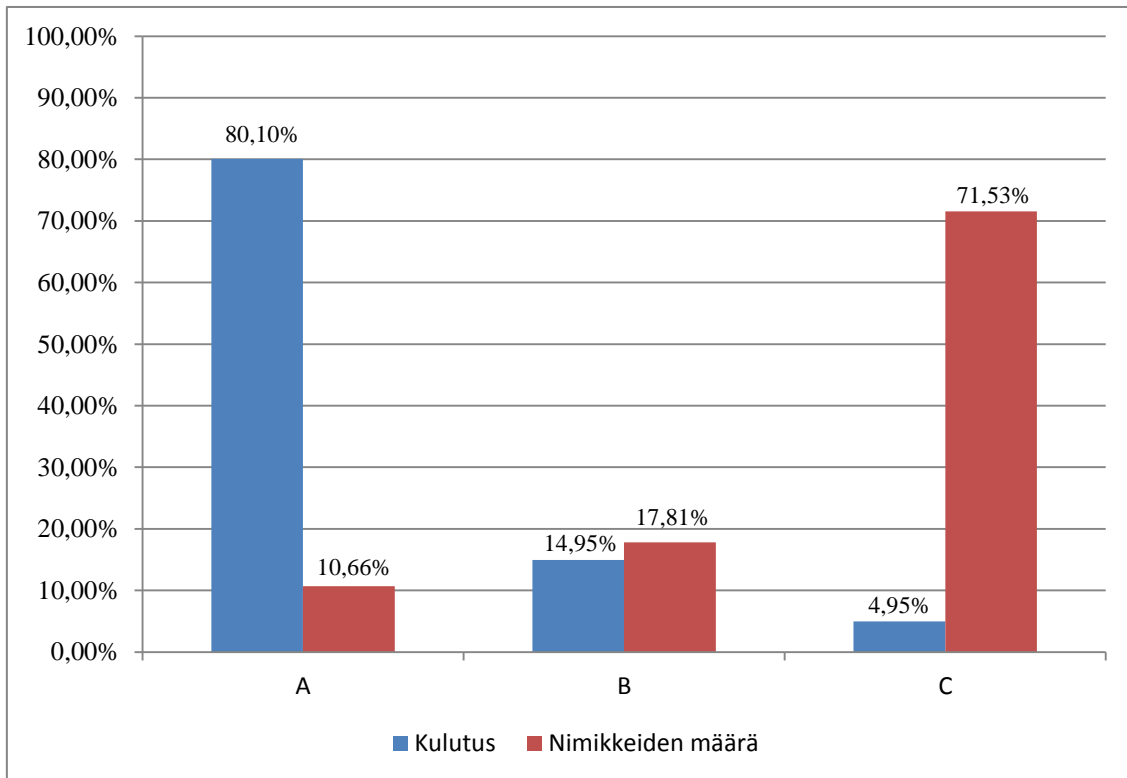
Tässä luvussa käydään läpi ABC-XYZ-analyyseistä saadut tulokset ja määritetään eri nimikeluokille ohjaussuosituksia. Ajan saatossa nimikkeiden käyttäytymisen muuttumisen myötä, myös niiden ohjaustarpeet todennäköisesti muuttuvat. Koska periaatteena olisi pyrkiä pitämään nimikeluokkien ohjaustavat vakioina, nimikkeiden tulee pystyä siirtymään nimikeluokasta toiseen käyttäytymisen muuttuessa. Tässä luvussa tullaan siis määrittelemään myös ne seikat, jotka oikeuttavat nimikkeen siirtymisen nimikeluokasta toiseen.

6.1. Nimikkeiden jakautuminen nimikeluokkiin AL10-kokoonpanolinjan kohdalla

AL10-kokoonpanolinjalle suoritettiin ABC-XYZ-analyysi nimikkeiden 1.5.2013–31.10.2013 välisen ajan kulutushistorialle. Tänä aikana SAP:iin oli kirjautunut 156 021 kulutustapahtumaa AL10-linjan kohdalla, jotka järjestettiin Excelissä siten, että niiden perusteella pystyttiin luokittelemaan nimikkeet nimikeluokkiin. Tarkasteluaikana oli kulutettu 713 erilaista nimikettä, joista osaa oli kulutettu huomattavasti enemmän kuin toisia. Nimikkeet jakautuivat A-, B- ja C-luokan kesken seuraavasti: A-luokka muodostui 76 eri nimikkeestä, B-luokka 127 nimikkeestä ja C-luokka lopuista 510 nimikkeestä.

ABC-analyysin prosentuaaliset luokkajaot noudattivat melko hyvin Pareton periaatteen ideaa ja erityisesti tutkielman teoriaosuudessa mainitut Andersonin (2008: 130–131) huomiot Pareton periaatteesta nousivat esille. Hänen (2008: 130–131) mielestään Pareton 20/80-sääntö on usein väärinymmärretty ja suhde on harvoin tasan 20/80, vaan esimerkiksi liiketoiminnassa useimmissa tapauksissa 10 % tai jopa vähemmän syistä aiheuttaa 80 % seurauksista. Tämä päti myös tässä tutkimuksessa, sillä ABC-luokituksen A-luokka muodostui 10,66 %:sta nimikkeistä, jotka muodostivat 80,10 % nimikkeiden kulutuksesta (kuvio 12). Tersine (1994: 438–441) havaitsi tutkimuksissaan, että B-luokkaan kuuluu yleensä 15–20 % nimikkeistä, jotka muodostavat 15–20 % kulutuksesta. Tämä havainto toteutui lähes täydellisesti myös tässä tutkimuksessa, sillä B-luokkaan valikoitui 17,81 % nimikkeistä, jotka muodostivat 14,95 % kulutuksesta. Myös C-luokan kohdalla Tersinen (1994: 438–441) havainnot pitivät paikkansa, sillä hänen mielestään C-luokan nimikkeet yleensä muodostavat 5–10 % kulutuksesta. AL10-linjalta

saadut tulokset tukivat tätä havaintoa hyvin, sillä C-luokassa 71,53 % nimikkeistä muodosti 4,95 % kulutuksesta (kuvio 12).



Kuvio 12. Nimikkeiden kulutuksen jakautuminen ABC-luokkiin AL10-linjan kohdalla.

ABC-luokitukseen yhdistettiin myös XYZ-analyysi, jolloin saatiin matriisi, jossa on yhdeksän eri kenttää. Nimikkeet jakautuivat kuvion 13 osoittamalla tavalla. Huomioitavaa nimikkeiden jakautumisessa nimikeluokkiin oli se, että AL10-linjan kohdalla kulutuksen vaihtelu oli melko pientä, sillä Z-luokan nimikkeitä oli yhteensä vain 27 kappaletta (3,8 %). X- ja Y-luokkiin nimikkeitä olikin jakautunut huomattavasti enemmän, sillä X-luokkaan nimikkeitä jakautui 324 kappaletta (45,4 %) ja Y-luokkaan 362 kappaletta (50,8 %). Eniten nimikkeitä oli jakautunut CX-luokkaan: 284 kappaletta (39,8 %). Tälle luokalle ominaista on pieni volyyymi ja tasainen kulutus. Myös CY-luokkaan oli jakautunut melko paljon erilaisia nimikkeitä: 209 kappaletta (29,3 %). Yhdessä CX- ja CY-nimikeluokat sisälsivät 493 nimikettä (69,1 %) kaikista 713 nimikkeestä. Voidaan siis sanoa, että AL10 -linjan kohdalla valtaosa nimikkeistä oli pieni volyyymisiä. Toinen huomioitava seikka ABC-XYZ-analyysin tuloksissa AL10-linjan kohdalla on, että AZ-

ja BX-luokkiin ei valikoitunut nimikkeitä ollenkaan tarkastellun ajankohdan aikana. Eli käytännössä AL10-linjan kohdalla ei puolen vuoden aikana ollut kulutettu suuren vo-lyymien, epätasaisen kulutuksen omaavia nimikkeitä, mutta ei myöskään tasaisen ja koh- talaisen kulutuksen omaavia nimikkeitä. Erityisesti AZ-luokan nimikkeiden puuttumi- nen on hyvä asia varastonhallinnan kannalta, koska niiden ennustettavuus on vaikeaa ja kulutetut kertamäärät isoja, jolloin halutun palvelutason ylläpito on hankalaa ilman isoja varmuusvarastoja.

	A	B	C	Yht.
X	40 5.6 %	0 0 %	284 39.8 %	324 45.4 %
Y	36 5.0 %	117 16.4 %	209 29.3 %	362 50.8 %
Z	0 0 %	10 1.4 %	17 2.4 %	27 3.8 %
Yht.	76 10.7 %	127 17,8 %	510 71.5 %	

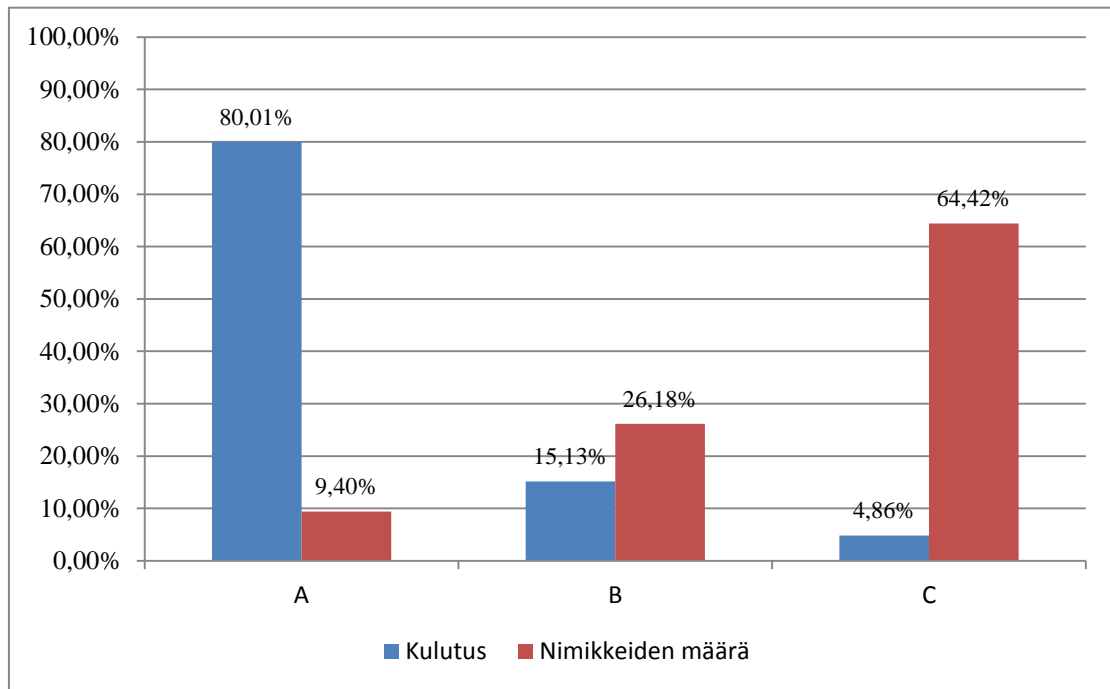
Kuvio 13. Nimikkeiden jakautuminen nimikeluokkiin AL10-linjan kohdalla.

ABC-XYZ-analyysistä on tärkeää ymmärtää valitun aikaperiodin vaikutus nimikkeiden nimikeluokkiin jakautumisessa. Tässä tutkimuksessa kulutushistoriaa tarkasteltiin viik- kotasolla, jolloin ABC-XYZ-analyysin tulokset olivat kuvion 13 kaltaiset. Jos kuitenkin kulutushistoriaa olisi tarkasteltu päivätasolla, olisi kulutuksen vaihtelu todennäköisesti kasvanut rajusti ja Z-luokan nimikkeiden määrä lisääntynyt mikäli XYZ-analyysin luokkarajat olisi pidetty samoina. Mikäli taas olisi valittu pidempi aikaperiodi, esimer-

kiksi kuukausi, olisi kulutuksen vaihtelu todennäköisesti pienentynyt ja nimikkeitä siirtynyt enemmän kohti X-luokkaa. Kuten Hoppe (2006: 86) mainitsi, on ajan kulumisella tasoitettava vaikutus kulutuksen vaihteluun. Tärkeää on siis ymmärtää, että mikäli aikaperiodin pituutta muutetaan, tulee myös XYZ-analyysin luokkarajat määritellä uudestaan, koska kulutuksen vaihtelukin muuttuu aikaperiodia muutettaessa.

6.2. Nimikkeiden jakautuminen nimikeluokkiin AL2A-kokoonpanolinjan kohdalla

1.5.2013–31.10.2013 välisenä aikana AL2A-kokoonpanolinjan kohdalla SAP:iin oli kirjautunut 61084 eri kulutustapahtumaa. Kulutettuja nimikkeitä oli 1425 erilaista, jotka jakautuivat A-, B- ja C-luokkien kesken seuraavasti: A-luokka muodostui 134 erinäimikkeestä, B-luokka 373 nimikkeestä ja C-luokka lopuista 918 nimikkeestä. Verrattuna AL10-linjan kulutustapahtumiin ja kulutettujen erilaisten nimikkeiden määrään, oli AL2A-linjan kohdalla kulutettu huomattavasti enemmän erilaisia nimikkeitä (vrt. AL10 = 713 kpl, ks. luku 6.1), vaikka kulutustapahtumia oli ollut vain alle puolet AL10-linjan määrästä (vrt. AL10 = 156 021 kpl, ks. luku 6.1.). Tämä selittyy suuremman runkokoon moottorien isommalla asiakasräätälöintien määrällä. Sen lisäksi, että isompien moottoreiden kohdalla asiakasräätälöinnit ovat pääsääntöisesti yleisempiä, ovat moottorit myös yleensä pidemmälle räätälöityjä. Tämän seurauksena erilaisia nimikkeitäkin kulutetaan huomattavasti enemmän kuin pienemmän runkokoon moottoreihin. Kuten Guvenir ym. (1998: 29–37) mainitsivat, tuoteräätälöinnit johtavat yleensä erilaisten nimikkeiden määrän kasvuun.



Kuvio 14. Nimikkeiden kulutuksen jakautuminen ABC-luokkiin AL2A-linjan kohdalla.

Kuten AL10-linjan kohdalla, myös AL2A-linjan kohdalla ABC-analyysin prosentuaaliset luokkajaot noudattivat melko hyvin Pareton periaatteen lainalaisuuksia. A-luokan nimikkeiden kohdalla Andersonin (2008: 130–131) huomiot Pareton periaatteesta nousivat jälleen esille, kun 9,4 %:ia nimikkeistä muodostivat 80,01 % kulutuksesta (kuvio 14). B-luokassa 26,18 % nimikkeistä aiheutti 15,13 % kulutuksesta, mikä täsmää melko hyvin tutkielman teoriaosuudessa esiteltyyn Haverilan ym. (2005: 457) määritelmiin ABC-analyysin luokkajaoista. Haverilan ym. (2005: 457) mukaan noin 30 % nimikkeistä aiheuttaa 15 % kulutuksesta B-luokassa. C-luokassa, Tersinen (1994: 438–441) määritelmät luokkajaoista pitivät hyvin paikkansa myös AL2A-linjan, kuten AL10-linjankin kohdalla, sillä C-luokkaan jakautuneet nimikkeet (64,42 %) muodostivat 4,86 % kulutuksesta (kuvio 14).

	A	B	C	Yht.
X	20 1.4 %	63 4.4 %	786 55.2 %	869 61.0 %
Y	105 7.4 %	283 19.9 %	132 9.3 %	520 36.5 %
Z	9 0.6 %	27 1.8 %	0 0 %	36 2.5 %
Yht.	134 9.4 %	373 26,2 %	918 64.4 %	

Kuvio 15. Nimikkeiden jakautuminen nimikeluokkiin AL2A-linjan kohdalla.

ABC-XYZ-analyysin tulokset johtivat kuvion 15 kaltaiseen matriisiin. Analyysin perusteella 786 kappaletta (55,2 %) AL2A-linjalla kulutetuista erilaisista nimikkeistä olivat tasaisesti kulutettuja ja pieni volyymisia eli kuuluivat CX-luokkaan. AL2A-kokoonpanolinjan kohdalla suuret kulutuksen vaihtelut olivat melko harvinaisia, sillä Z-luokkaan jakaantui vain 36 erilaista nimikettä (2,5 %), joista pienen volyymin, epäsäännöllisen kulutuksen omaavaan CZ-luokkaan ei valikoitunut yhtään nimikettä tarkastellun ajankohdan aikana. Pääsääntöisesti AL2A-linjan kohdalla kulutus oli tarkastellulla aikavälillä asiakasräätälöinteihin nähden yllättävänkin tasaista, sillä reilusti yli puolet (61 %) nimikkeistä jakaantui X-luokkaan ja melkein kaikki loput (36,5 %) Y-luokkaan. CX-luokan jälkeen, selkeästi toiseksi suurin luokka oli BY. Näitä kohtalaisen volyymin ja vaihtelevan kysynnän nimikkeitä oli kulutettu 283 kappaletta (19,9 %) tarkasteltuna ajanjaksona. Yhteensä CX- ja BY-luokkiin jakaantui 1072 nimikettä (75,1 %) kaikista 1425 kulutetuista erilaisesta nimikkeestä.

6.3. Materiaaliryhmien jakautuminen nimikeluokkiin

Kaikki kohdeyrityksessä kulutetut nimikkeet pystytään jakamaan materiaaliryhmiin. Materiaaliryhmä on nimikkeiden yläkäsite ja materiaaliryhmään sisältyy aina jokin tietty määrä keskenään samantyyppisiä nimikkeitä. Materiaaliryhmiin jaetut nimikkeet jaotellaan edelleen ABC-XYZ-analyysin avulla nimikeluokkiin, jotta eri materiaaliryhmien käyttäytymistä voidaan tarkastella. Täten pystytään selvittämään käyttäytyykö tietynlaiset materiaaliryhmät tietyllä tavalla ja onko eri materiaaliryhmien käyttäytymisen välillä eroavaisuuksia.

6.3.1. AL10-kokoonpanolinjan materiaaliryhmien jakautuminen nimikeluokkiin

Liitteessä 3 on kuvattuna AL10-kokoonpanolinjalla kulutettujen nimikkeiden jakaantuminen materiaaliryhmiin ja nimikeluokkiin. AL10-linjalla oli kulutettu nimikkeitä, jotka jakaantuivat 37:ään eri materiaaliryhmään. Kulutettujen nimikkeiden määrä materiaaliryhmien välillä vaihteli: joidenkin materiaaliryhmien kohdalla kulutettuja nimikkeitä oli runsaasti, kun taas joidenkin materiaaliryhmien kohdalla vain muutamia, joten materiaaliryhmät erosivat toisistaan tältä osin. Huomioitavaa on kuitenkin se, että pääsääntöisesti jokaisesta materiaaliryhmästä, johon sisältyi hiemankin enemmän nimikkeitä, löytyi hyvin eri tavalla käyttäytyviä nimikkeitä. Toisin sanoen, nimikkeet jakautuivat moneen nimikeluokkaan jokaisen materiaaliryhmän sisällä.

Keskimäärin nimikkeet jakautuivat materiaaliryhmien sisällä noin 3,19 nimikeluokkaan. Ei voida siis sanoa, että tietynlaiset materiaaliryhmät käyttäytyisivät AL10-linjan kohdalla tietyllä tavalla, vaan jokaisesta nimikkeiden kulutustapahtumiltaan suuremmasta materiaaliryhmästä löytyy hyvin eri tavalla käyttäytyviä nimikkeitä aivan kuten Haverila ym. (2005: 457) ja Sakki (2009: 91) tutkielman teoriaosuudessa mainitsivat. Myös monessa nimikkeiden lukumäärältään pienemmässä materiaaliryhmässä nimikkeet olivat jakautuneet yllättävän moneen nimikeluokkaan. Tämä asettaa materiaalinohjaukselle omat haasteensa, sillä materiaalinohjauksen ohjaustapoja ei voida määrittää materiaaliryhmäkohtaisesti, koska jokaiseen materiaaliryhmään sisältyy hyvin eri tavalla käyttäytyviä nimikkeitä.

6.3.2. AL2A-kokoonpanolinjan materiaaliryhmien jakautuminen nimikeluokkiin

AL2A-kokoonpanolinjan kohdalla havainnot olivat hyvin samansuuntaiset kuin AL10-kokoonpanolinjankin kohdalla (liite 4). AL2A-linjan nimikkeet jakoutuivat 47 eri materiaaliryhmään. Materiaaliryhmien suurempi määrä AL2A-linjan kohdalla oli odotettua, sillä olihan erilaisia kulutettuja nimikkeitäkin huomattavasti enemmän kuin AL10-linjalla (ks. luku 6.2.). Aivan kuten AL10-linjallakin, nimikkeiden lukumäärä eri materiaaliryhmien välillä vaihteli myös AL2A-linjan kohdalla. Myöskään AL2A-linjan kohdalla ei ollut havaittavissa nimikkeiden kulutustapahtumiltaan isompia materiaaliryhmiä, joiden nimikkeiden käyttäytyminen olisi keskenään samankaltaista, vaan jokaisesta materiaaliryhmästä löytyi hyvin erilailla käyttäytyviä nimikkeitä. Keskimäärin nimikkeet jakaantuivat materiaaliryhmien sisällä 3,83 nimikeluokkaan AL2A-linjan kohdalla, mikä on hieman enemmän kuin AL10-linjan kohdalla.

6.4. Materiaaliohjauksen nykytila ja käytetyt SAP-ohjausparametrit

Tällä hetkellä kohdeyrityksen materiaaliohjauksen tila on melko sekava eikä nykyisellään nimikkeiden ohjaukselle ole olemassa juuri minkäänlaista yhtenäistä ohjauspolitiikkaa. Ohjaustavat saattavat erota toisistaan, jopa samankaltaisesti käyttäytyvien nimikkeiden kesken. Tämä hankaloittaa materiaaliohjausta huomattavasti. Lisäksi yhtenäisten ohjaustapojen puute aiheuttaa niin varastojen liiallista kasvua kuin materiaali-puutteitakin.

Tällä hetkellä kohdeyrityksellä on käytössään AL10-kokoonpanolinjan kohdalla 10 erilaista SAP-ohjausparametria ja AL2A-kokoonpanolinjan kohdalla 15 erilaista SAP-ohjausparametria. Lisäksi jotkin ohjausparametrit saattavat olla toiminnaltaan lähes identtisiä keskenään.

6.4.1. SAP-ohjausparametrit

Käytännön työssä materiaaliohjauksen ohjausmenetelmät määritellään SAP-toiminnanohjausjärjestelmään ohjausparametreilla. Alla on esiteltyä kaikki ohjausparametrit, joita oli käytetty AL10- ja AL2A-kokoonpanolinjojen nimikkeiden ohjaamiseen 1.5.2013–31.10.2013 välisenä aikana.

- PDEX = Imuohjaus. Kun moottori vapautetaan tuotantoon, lähtee signaali tarvittavista nimikkeistä hankintaan/tuotantoon. Hankitaan tarvittu määrä.
- PDEZ = Imuohjaus. Kun moottori vapautetaan tuotantoon, lähtee signaali tarvittavista nimikkeistä hankintaan/tuotantoon. Maksimieräkkö.
- Z2EZ = Imuohjaus. Kun moottori vapautetaan tuotantoon, lähtee signaali tarvittavista nimikkeistä hankintaan/tuotantoon. Maksimieräkkö. Identtinen PDEZ-ohjausparametrin kanssa.
- Z2TB = Imuohjaus. Kun moottori vapautetaan tuotantoon, lähtee signaali tarvittavista nimikkeistä hankintaan/tuotantoon. Päivittäin hankitaan tietty määrä.
- PDTB = MRP. Ennustaa tarvittavat nimikkeet ennen suunnittelua ja tuotantoon vapauttamista päivätasolla.
- PDWB = MRP. Ennustaa tarvittavat nimikkeet ennen suunnittelua ja tuotantoon vapauttamista viikkotasolla.
- Z3 = Kanban tai jokin manuaalinen ohjausjärjestelmä. Jos on kanban, niin kanban-signaali lähtee, kun nimikkeitä tarvitaan lisää. Jos ei ole kanban, niin käytetään jotain manuaalista ohjausta, esimerkiksi kaksilaatikko-ohjausta. Eräkkö vaihtelee.
- Z3EX = Kanban tai jokin manuaalinen ohjausjärjestelmä. Jos on kanban, niin kanban-signaali lähtee, kun nimikkeitä tarvitaan lisää. Jos ei ole kanban, niin käytetään jotain manuaalista ohjausta, esimerkiksi kaksilaatikko-ohjausta. Eräkkö vaihtelee.
- Z3TB = Kanban tai jokin manuaalinen ohjausjärjestelmä. Jos on kanban, niin kanban-signaali lähtee, kun nimikkeitä tarvitaan lisää. Jos ei ole kanban, niin käytetään jotain manuaalista ohjausta, esimerkiksi kaksilaatikko-ohjausta. Eräkkö vaihtelee.
- Z3ZX = Kanban tai jokin manuaalinen ohjausjärjestelmä. Jos on kanban, niin kanban-signaali lähtee, kun nimikkeitä tarvitaan lisää. Jos ei ole kanban, niin käytetään jotain manuaalista ohjausta, esimerkiksi kaksilaatikko-ohjausta. Eräkkö vaihtelee.
- ZZ20 = Tilauspisteohjaus. Kiinteä eräkkö.
- ZZEZ = Tilauspisteohjaus. Maksimieräkkö
- ZZF7 = Tilauspisteohjaus. Kiinteä eräkkö.
- ZZTB = Tilauspisteohjaus. Päivittäin hankitaan tietty määrä.
- ZZZX = Tilauspisteohjaus. Kiinteä eräkkö.

Kohdeyrityksellä oli siis käytössään tarkasteluaikana neljä erilaista ohjausparametria imuohjaukselle, kaksi ohjausparametria MRP:n ennustemenetelmiin pohjautuvalla ohjausmenetelmälle, viisi erilaista ohjausparametria tilauspisteohjaukselle ja neljä erilaista ohjausparametria lopuille nimikkeille, joita ohjattiin joko kanbanilla tai jollain manuaalisella ohjausmenetelmällä. Monet ohjausparametrit ovat muuten samanlaisia keskenään, mutta hankittavien tai omassa tuotannossa valmistettavien nimikkeiden eräkoot vaihtelevat. Lisäksi imuohjauksessa oli käytetty rinnakkain kahta toiminnaltaan identtistä ohjausparametria. PDEX-ohjausparametrin kanssa rinnakkain oli käytetty Z2TB-ohjausparametria ja PDEZ:n kanssa Z2EZ-ohjausparametria. Syy käytännölle on, että PDEX- ja PDEZ-ohjausparametrien toiminnallisuudessa esiintyy ajoittain virheitä eivätkä ne jostain syystä ota aina huomioon varastosaldot, jolloin niiden käyttö aiheuttaa ajoittain niin varastotasojen kasvua kuin materiaalipuutteitakin.

6.4.2. AL10-kokoonpanolinjan kohdalla käytetyt ohjausparametrit

1.5.2013–31.10.2013 välisenä aikana AL10-kokoonpanolinjan kohdalla oli käytetty 10:tä erilaista SAP-ohjausparametria nimikkeiden ohjaamiseen. Taulukosta 4 on nähtävissä eri nimikeluokille käytetyt SAP-ohjausparametrit AL10-kokoonpanolinjan kohdalla.

Seuraavalla sivulla olevasta taulukosta 4 on helposti havaittavissa kuinka joitain ohjausparametreja oli käytetty usein ja joitain hyvin harvoin nimikkeiden ohjaamiseen. Esimerkiksi Z2EZ-, Z3EX-, ZZ20-, ZZEZ- ja ZZF7-ohjausparametreja ei ollut käytetty ollenkaan. Suurin osa AL10-kokoonpanolinjan nimikkeistä oli ohjattu imuohjautuvuuteen tai MRP:n ennustemenetelmiin pohjautuvien ohjausparametrien avulla. Myös tilauspisteohjausta oli käytetty varsin runsaasti, mutta tilauspisteohjauksen toteuttamiseen oli kuitenkin pääsääntöisesti käytetty vain ohjausparametria ZZZX. Lisäksi taulukosta on havaittavissa, että imuohjaukseen oli käytetty PDEX- ja PDEZ-ohjausparametreja rinnakkain Z2TB-ohjausparametrin kanssa.

Taulukko 4. AL10-kokoonpanolinjan nimikeluokkien ohjausparametrit.

Nimikeluokka/ Ohjausparametri	Ohjausmenetelmä	AX	AY	AZ	BX	BY	BZ	CX	CY	CZ	Nimikkeiden määrä ohjausparametriä kohden	Nimikkeiden määrä ohjausmenetelmää kohden
PDEX	Imuohjaus	1	0	0	0	2	0	47	14	0	64	225
PDEZ		1	0	0	0	0	1	39	7	1	49	
Z2EZ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Z2TB		0	0	0	0	12	4	73	22	1	112	
PDTB	MRP	15	14	0	0	27	0	82	88	6	232	339
PDWB		4	5	0	0	35	3	23	35	2	107	
Z3	Kanban tai manuaalinen ohjausjärjestelmä	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	10
Z3EX		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Z3TB		0	1	0	0	1	0	0	1	3	6	
Z3ZX		0	0	0	0	2	0	0	1	0	3	
ZZ20	Tilaspisteohjaus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139
ZZEZ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ZZF7		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ZZTB		2	5	0	0	0	1	1	1	1	10	
ZZZX		17	10	0	0	38	1	19	40	4	129	
Erilaisten ohjausparametrien määrä yhteensä		6	6	0	0	7	5	7	9	6		
Nimikkeiden määrä yhteensä		40	36	0	0	117	10	284	209	17		

Taulukon 4 perusteella voidaan olettaa, että tällä hetkellä halpojakin nimikkeitä ohjataan runsaasti imuohjauksen tai MRP -ohjauksen avulla, kun niitä voitaisiin ohjata esimerkiksi kanbaniin perustuvan kaksilaatikko-ohjauksen tai tilaspisteohjauksen keinoin ja täten varmistaa hyvä palvelutaso (Karrus 2005: 43–47; Sakki 2009: 123–124). Myös tilaspisteohjauksessa on kehitettävää, sillä lähes jokaista nimikeluokkaa on ohjattu jonkin verran myös tilaspisteohjauksen avulla, vaikka järkevämpää saattaisi olla hyödyntää esimerkiksi tasaisesti kuluviin nimikkeiden kohdalla kanbaniin perustuvaa kaksilaatikko-ohjausta. Lisäksi erilaisten ohjausparametrien käyttö on summittaista, mikä tekee kausittaisten ohjausmenetelmien määrittämisen todella hankalaksi.

6.4.3. AL2A-kokoonpanolinjan kohdalla käytetyt ohjausparametrit

AL2A-kokoonpanolinjan kohdalla oli käytetty 1.5.2013–31.10.2013 välisenä aikana jopa 15:ta erilaista SAP-ohjausparametria nimikkeiden ohjaamiseen. Taulukosta 5 on nähtävissä eri nimikeluokille käytetyt SAP-ohjausparametrit AL2A-kokoonpanolinjan kohdalla

Taulukko 5. AL2A-kokoonpanolinjan nimikeluokkien ohjausparametrit.

Nimikeluokka/ Ohjausparametri	Ohjausmenetelmä	AX	AY	AZ	BX	BY	BZ	CX	CY	CZ	Nimikkeiden määrä ohjausparametriä kohden	Nimikkeiden määrä ohjausmenetelmää kohden
PDEX	Imuohjaus	1	0	0	4	3	0	35	2	0	45	616
PDEZ		1	0	0	1	6	1	21	4	0	34	
Z2EZ		0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
Z2TB		1	14	3	18	75	6	370	49	0	536	
PDTB	MRP	8	36	3	32	144	10	294	66	0	593	656
PDWB		5	18	0	3	16	3	13	5	0	63	
Z3	Kanban tai manuaalinen ohjausjärjestelmä	0	1	0	0	1	0	11	0	0	13	27
Z3EX		0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	
Z3TB		2	0	0	0	4	0	0	0	0	6	
Z3ZX		0	2	0	0	3	0	1	0	0	6	
ZZ20	Tilauspisteohjaus	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	126
ZZEZ		0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
ZZF7		0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
ZZTB		0	3	0	0	3	1	6	0	0	13	
ZZZX		2	29	3	5	27	6	33	5	0	110	
Erilaisten ohjausparametrien määrä yhteensä		7	9	3	6	11	6	11	7	0		
Nimikkeiden määrä yhteensä		20	105	9	63	283	27	786	132	0		

Myös AL2A kokoonpanolinjan kohdalla joitain ohjausparametreja oli käytetty runsaasti, kun taas toisten ohjausparametrien käyttö oli ollut harvinaisempaa. Erityisesti PDTB- ja Z2TB-ohjausparametrien käyttö oli ollut runsasta. Taulukossa 5 silmiin pistävää on erityisesti kanbanin ja tilauspisteohjausmenetelmän käytön vähäisyys. Tarkasteltavana aikana valtaosa nimikkeistä oli tilattu MRP:n ennustemenetelmiin pohjautuvien ohjausparametrien avulla tai imuohjautuvasti.

Myös AL2A-kokoonpanolinjan kohdalla voidaan havaita samansuuntaisia ongelmia kuin AL10-linjan kohdalla: imuohjauksen ja MRP -ohjauksen piirissä on todennäköisesti myös paljon halpoja vakionimikkeitä sekä tilauspisteohjausta käytetään jokaisen nimikeluokan ohjaamiseen (taulukko 5). Lisäksi käytettyjä ohjausparametreja AL2A-linjan kohdalla oli vieläkin enemmän kuin AL10-linjan kohdalla.

6.5. Nimikeluokkien ohjaussuositukset

ABC-XYZ-analyysi mahdollistaa nimikkeiden jakamisen nimikeluokkiin, joista jokaiselle luokalle voidaan toteuttaa tarkoin määrättyä ohjaustapaa. Tällä tavoin voidaan varmistaa haluttu palvelutaso ja optimoida varastoja tehokkaasti (Hoppe 2008: 81–84, 338–341). Karruksen (2005: 34–52) mukaan varastointia voidaan käyttää logistisena ratkaisuna nimikkeille joiden kysyntä on huonosti ennakoitavissa esimerkiksi sen satunnaisuuden tai vaihtelun vuoksi. Pääsääntöisesti suurempi kysynnän vaihtelu vaatii suuremmat varmuusvarastot, jotta sama palvelutaso voitaisiin saavuttaa. Tämä johtuu nimikkeiden kulutuksen huonommasta ennustettavuudesta. (Abb 2013b)

Vaikka ABC-XYZ-analyysi tehtiin AL10- ja AL2A-kokoonpanolinjoille erikseen, on näiden kokoonpanolinjojen nimikeluokille kuitenkin määritelty yhteiset ohjaussuositukset, koska suurinta osaa linjojen kuluttamista nimikkeistä ei hankita kokoonpanolinjakohtaisesti. Toisin sanoen monet nimikkeistä ovat sellaisia, joita kulutetaan usealla kokoonpanolinjalla. Tästä johtuen, nimikeluokkien ohjaussuositukset tulee määritellä kokoonpanolinjojen tiukimman toimitusaikakriteerin mukaisesti. AL10-kokoonpanolinjan toimitusaikakriteerit ovat kaikista tiukimmat, sillä Speed2Win-projektissa AL10-linjan moottoreille on asetettu tavoitteeksi kolmen viikon toimitusaika. Tämä tarkoittaa, että moottoritilauksen saavuttua, moottorin kokoonpanoon tarvittavien nimikkeiden tulee olla viimeistään kuudentena päivänä AL10-kokoonpanolinjalla käytettävissä, jotta tavoitteena oleva kolmen viikon toimitusaika pystytään pitämään.

Nimikeluokkien ohjaustapoja määriteltäessä, tulee huomioon ottaa myös nimikkeen arvo, sillä kalliita erikoisnimikkeitä ja halpoja vakionimikkeitä ei kannata ohjata samalla lailla, vaikka ne nimikkeiden kappalemääräiseen kulutukseen perustuvassa ABC-analyysissä olisikin sijoittunut samaan luokkaan. Esimerkiksi paljon kulutettuja ruuveja ja muttereita ei ole järkevää hankkia yksitellen imuohjautuvasti, vaan esimerkiksi kaksi-laatikko-ohjauksen tai toimittajan valvoman varaston avulla.

Taulukkoon 6 on lisätty ohjaussuositusten lisäksi myös niitä vastaavat SAP-ohjausparametrien arvot karkealla tasolla, jotta nimikeluokkia voidaan ohjata käytännön työssä. Tarkempien SAP-ohjausparametrien määrittely vaatii kuitenkin vielä esimerkiksi varmuusvarastojen määrittämistä optimaaliselle tasolle kunkin nimikeluokan kohdalla (kaavat 7 & 8) sekä optimaalisen tilauserän eräkoon selvittämistä esimerkiksi Wilsonin kaavan perusteella (kaava 6).

Taulukko 6. Nimikeluokkien ohjaussuosituksset.

	Imuohjaus (JOT)	Kanban (kaksilaatikko- ohjaus)	Toimittajan valvoma varasto (VMI)	Tilaukspiste- ohjaus	MRP
ABC/XYZ	Kaikki (Eryityisesti AX)	AX, AY, BX, CX	AX, AY, BX, CX	AZ, BY, BZ, CY, CZ	Kaikki
Nimikkeen toimitusaika	≤ 6 pv	≤ 2 vko	≤ 2 vko	Ei saatavilla	≥ 6 pv
Nimikkeen arvo	Kallis	Halpa	Halpa	Halpa	Kallis
SAP-ohjausparametri	PDEX, PDEZ, Z2EZ, Z2TB	Z3, Z3EX, Z3TB, Z3ZX	Ei saatavilla	ZZ20, ZZEZ, ZZF7, ZZTB, ZZZX	PDTB, PDWB

Kalliit nimikkeet

Hopp ym. (2011: 608–616), Hoppe (2006: 54–56) ja Nahmias (2001: 275–276) suosittelevat JOT -filosofian soveltamista kaikille kalliille nimikkeille, koska niitä ei ole järkevää pitää varastossa isojen varastointikustannusten takia. Myös kohdeyrityksen kohdalla kaikki kalliit nimikkeet tulisi pyrkiä ohjaamaan imuohjautuvasti (taulukko 6). Eryityisesti tasaisesti ja paljon kulutettavien AX-nimikkeiden kohdalla tulisi pyrkiä täydelliseen imuohjautuvuuteen. Myös Karrus (2005: 179–182) suositteli työn teoriaosuudessa kalliiden nimikkeiden ohjaamista imuohjautuvasti, joskin muistutti myös, että usein kuitenkin sopivien varmuusvarastojen mitoittaminen myös kalliille osille on järkevää. Tämä johtuu siitä, että täysin tasaiseen imuohjautuvuuteen pääseminen on hankalaa (Karrus 2005: 179–182).

Tutkielman teoriaosuudessa Karrus (2003: 173) mainitsi, että imuohjauksen ei kestä juurikaan viivästymisiä. Jotta kohdeyritys pystyy pitämään toimitusaikalupauksensa, saa nimikkeiden toimitusaika imuohjauksessa olla korkeintaan kuusi päivää. Kuten Kouri (2005: 16) mainitsi, tulee nimikkeiden saatavuus varmistaa toimitussopimuksilla luotettavien toimittajien kanssa. Myös Hoppe (2006 54–60) suosittelee toimittajayhteistyön kehittämistä, jotta toimitusten tehokkuus ja luotettavuus saadaan kasvamaan. Kohdeyrityksen tulisikin pyrkiä solmimaan kalliiden nimikkeiden toimituksista toimittajasopimuksia luotettavien toimittajien kanssa, jotta nimikkeiden toimitusaikoja saataisiin ly-

hennettyä ja mahdollisimman suuri osa kalliista nimikkeistä saataisiin ohjattua imuohjauksella.

Kaikkien kalliiden nimikkeiden kohdalla ei kuitenkaan todennäköisesti voida päästä kuuden päivän toimitusaikaan. Tällaisten nimikkeiden kohdalla, joiden toimitusaika on yli kuusi päivää, tulee Grossin ym. (2005: 181–184) mukaan pyrkiä MRP:n avulla ennustamaan mahdollisimman tarkkaan tulevaa kulutusta. Myös Hopp ym. (2011: 608–616) suosittelevat tällaisissa tapauksissa ajoittamaan nimikkeiden hankinnat mahdollisimman lähelle tuotantoaikataulua. Gross ym. (2005: 181–184) huomauttavat myös, että MRP:n avulla luotujen ennusteiden avulla päästään yleensä parempiin lopputuloksiin kuin imuohjauksen avulla, kun kyseessä on pitkän toimitusajan osat. Myös kohdeyrityksen kalliiden, pitkien toimitusaikojen nimikkeiden kulutus tulisi pyrkiä ennustamaan mahdollisimman tarkasti MRP:n avulla (taulukko 6). Myös varmuusvaraston pitämistä tulee harkita yli kuuden päivän toimitusajan omaavilla kalliille nimikkeille, jos ei haluta sietää satunnaisia materiaalipuutteita. Varmuusvaraston taso tulee kuitenkin olla mahdollisimman matala, sillä kalliisiin osiin sitoutuu paljon pääomaa, mutta riittävä, halutun palvelutason varmistamiseksi.

Halvat nimikkeet

Halpojen nimikkeiden tilauksia ei yleensä ole järkevää synkronoida tiukasti tuotantoaikataulun mukaisesti, koska se saattaa aiheuttaa materiaalipuutteita (Hopp ym. 2011: 608–616). Tästä johtuen myös taulukossa 6 on kohdeyritykselle määritelty halvoille nimikkeille omat ohjaussuosituksset. Halvoille nimikkeille pätee myös yleisesti sääntö, että niitä on järkevää pitää riittävästi varastossa materiaalipuutteiden välttämiseksi ja tilaukset kannattaa tehdä isoissa erissä tilauskustannusten minimoimiseksi (Kouri 2005: 8–16; Nahmias 2001: 275–276).

Kuten tutkielman teoriaosuudessa mainittiin, kahden laatikon menetelmä on yleisin kirjallisuudessa suositeltu tapa järjestää halpojen nimikkeiden ohjaus (Buffa ym. 1987; Galloway 1993; Naylor 1996; Stevenson 2005). Kahden laatikon menetelmää voidaan toteuttaa myös imuohjautuvasti kanbanin avulla, jolloin menetelmää voidaan kutsua myös kolmen (tai useamman) laatikon menetelmäksi (ABB 2013b). Menetelmä soveltuu erityisesti tasaisesti kulutetuille, suhteellisen lyhyen toimitusajan halvoille vakionimikkeille, joten kohdeyrityksen AX-, AY-, BX- ja CX-nimikeluokkiin kuuluvat

nimikkeet olisi järkevää ohjata kanbaniin perustuvan kahden laatikon menetelmän avulla (Haverila ym. 2005: 452; Krajewski ym. 2010: 448; Sakki 2009: 124). Kuten Krajewski ym. (2010: 448) ja Sakki (2009: 124) tutkielman teoriaosuudessa mainitsivat, on kahden laatikon menetelmä ohjauksen kannalta hyvin yksinkertainen. Lisäksi riskit materiaali puutteiden ilmenemiseen ja palvelutason laskemiseen ovat pienet, koska yksi laatikko toimii aina varmuusvarastona. Tärkeää on kuitenkin määrittää varmuusvarastot oikealle tasolle.

Taulukossa 6 keltaisella värillä on merkitty kahden laatikon menetelmän vaihtoehdoksi toimittajan valvoma varasto (VMI). Mielestäni kohdeyrityksen tulisi harkita myös tämän vaihtoehdon käyttöönottoa joidenkin nimikeluokkien kohdalla kahden laatikon menetelmän rinnalle tai tilalle. Toimittajan valvomassa varaston ohjausmallissa toimittaja on vastuussa varaston täydentämisestä ja materiaalien riittävydestä. Krajewskin ym. (2010: 388) ja Haverilan ym. (2005: 452–453) mielestä erityisesti suhteellisen lyhyen toimitusajan ja melko tasaisen toimitusajan nimikkeet sopivat ohjattavaksi toimittajan valvoman varaston avulla. Eli ohjausmenetelmä soveltuu mainiosti samojen nimikeluokkien ohjausmenetelmäksi kuin kahden laatikon menetelmäksi. Haverilan ym. (2005: 452–453) Hoppin ym. (2011: 636) ja Krajewskin ym. (2010: 388) mielestä menetelmä johtaa usein parempaan palvelutasoon, koska toimittajat oppivat ymmärtämään asiakkaan tarpeita jolloin materiaali puutteet vähenevät. Lisäksi heidän mukaansa varastotasoja on onnistuttu alentamaan menetelmän avulla monessa yrityksessä. Ohjausmenetelmän käyttöönotto vaatii kuitenkin luotettavaa informaation vaihtoa asiakkaan ja toimittajan välillä, koska toimittajan on päästävä käsiksi esimerkiksi asiakkaan varastokirjanpitoon (Krajewski ym. 2010: 388; Haverila ym. 2005: 452–453). Toimittajan valvoman varaston avulla voitaisiin kuitenkin päästä hyviin lopputuloksiin, vaikka sen käyttöönotto voikin olla aluksi haastavaa.

Lopuille halvoille nimikkeille kannattaa soveltaa tilauspisteohjausmenetelmää, koska näiden AZ-, BY-, BZ-, CY- ja CZ-nimikeluokkiin sijoittuvien nimikkeiden kulutus vaihtelee suuresti (Sakki 1999: 112). Lisäksi joidenkin nimikkeiden toimitusajat saattavat olla pitkiä. Tilauspisteohjauksen avulla voidaan saavuttaa näiden nimikeryhmien kohdalla korkea palvelutaso ja pystytään välttämään materiaali puutteita (Karrus 2005: 43–47; Sakki 2009: 123–124). Uuden erän tilauksen laukaiseva hälytysraja eli tilauspiste ja optimaalinen varmuusvaraston määrä tulee kuitenkin määrittellä kaavojen 7 tai 8 avulla oikealle tasolle.

6.6. Nimikkeiden siirtyminen nimikeluokasta toiseen

Ajan saatossa nimikkeiden käyttäytyminen saattaa muuttua. Kulutettava määrä voi esimerkiksi kasvaa tai pienentyä ja kysyntä muuttua epäsäännölliseksi. Tämä johtaa siihen, että myös nimikkeiden ohjaustarpeet muuttuvat yhdessä niiden käyttäytymisen muuttumisen myötä. Koska yksittäisten nimikkeiden käyttäytymisen jatkuva seuraaminen ja ohjaustapojen muuttaminen on hankalaa, ellei jopa mahdotonta, on järkevämpää nimikkeille tehdä ABC-XYZ-analyysi tasaisin väliajoin. Tutkielman teoriaosuudessa muun muassa Bergman ym. (2012: 445–451) muistuttivat tasaisin väliajoin ja määriteltyjen standardien mukaisesti tehdyn luokitteluprosessin tärkeydestä. Näin mahdolliset muutokset nimikkeiden käyttäytymisessä huomataan ja ne pystytään luokittelemaan uusiin nimikeluokkiin sen perusteella.

Jotta nimikkeiden käyttäytymistä voidaan seurata, tulee luokitteluprosessille määritellä luokittelukriteerit, joiden mukaan luokitteluprosessi aina suoritetaan. Luokittelukriteerit tulee pitää samoina tulevaisuudessakin tehtävissä luokitteluissa, sillä muuten nimikkeiden käyttäytymistä ei voida aidosti seurata. ABC-analyysin luokittelu tulee tehdä alla olevan ja jo luvussa 5.5. mainitun luokkajaon mukaisesti.

- A: 80 % kulutuksesta
- B: 15 % kulutuksesta
- C: 5 % kulutuksesta

Myös XYZ-analyysin luokittelukriteerit tulee pitää samoina. Tässä tutkielmassa on käytetty luvussa 5.6. aiemmin mainittuja, alla näkyviä variaatiokertoimia XYZ-analyysin luokkarajoina ja niitä tulee käyttää jatkossakin validin luokitteluprosessin mahdollistamiseksi.

- X: $0 - 0,4$
- Y: $0,4 - 1$
- Z: ≥ 1

Tutkielman teoriaosuudessa Gudehus ym. (2012: 269–270) suosittelivat toistamaan luokitteluprosessin kuukausittain, kvartaaleittain tai vähintään vuosittain. Pääsääntöisesti useammin toistettu luokitteluprosessi mahdollistaa nimikkeiden tarkemman ohjauksen ja nopeamman reagoinnin käyttäytymisen muuttumiseen. Bergman ym. (2012: 445–451) puolestaan havaitsivat tutkimuksissaan, että nimikkeiden luokittelun toistaminen puolen vuoden välein johti parempiin tuloksiin kuin vuoden välein tehty nimikkeiden luokittelu. Päätökset siitä, kuinka usein luokitteluprosessi tulisi toistaa, on kui-

tenkin aina jonkinlaisia kompromisseja. Toisaalta useammin toistettu luokitteluprosessi mahdollistaa tarkemman, nimikekohtaisesti räätälöidyn ohjauksen, mutta toisaalta taas se kasvattaa kustannuksia ja vaatii enemmän resursseja. Tärkeintä onkin valita yritykselle järkevä luokitteluprosessin toistoväli.

Tässä tutkielmassa nimikkeiden kulutusta tarkasteltiin viikkotasolla ja puolen vuoden kulutusdataa käytettiin ABC-XYZ-analyysin pohjatietona. Nimikkeiden kulutusta tulee tarkastella myös jatkossa viikkotasolla, jotta analyysien tulokset pysyvät vertailukelpoisina, sillä esimerkiksi Hoppe (2006: 86) mainitsi tutkielman teoriaosuudessa, että aika-ajan muuttaminen vaikuttaa kulutuksen vaihtelun arvoihin. Luokitteluprosessi olisi tulevaisuudessa hyvä toistaa aluksi puolen vuoden välein, kuten tässäkin tutkielmassa tehtiin. Luokitteluprosessin toistoväliä ei kannata mielestäni pidentää vuoteen, koska silloin tulokset muuttuvat jo huomattavasti epätarkemmiksi, kuten Bergman ym. (2012: 445–451) tutkimuksissaan havaitsivat. Lisäksi vuoden mittaiselle kulutushistorialle luokitteluprosessin suorittaminen on jo huomattavasti työläämpää käytännön kannalta kuin sen suorittaminen puolen vuoden kulutushistorialle. Luokitteluprosessin toistovälin lyhentämistäkään puolesta vuodesta lyhyemmäksi, en näe tällä hetkellä järkevänä, sillä se syö turhan paljon resursseja. Lisäksi uusien nimikkeiden ohjaustapojen oppiminen kohdeyrityksen organisaation eri osapuolilta vie varmasti aluksi aikaa, joten liian usein toistettu luokitteluprosessi ja ohjaustapojen muuttuminen saattaisi aiheuttaa aluksi vaan turhaa sekaannusta. Tärkeintä kohdeyrityksen kannalta on kuitenkin vielä tällä hetkellä saada luokitteluprosessista toimiva materiaalinohjauksen työkalu ja saada organisaation eri osapuolet oppimaan sen käyttö. Tulevaisuudessa olisi kuitenkin hyvä pyrkiä lyhentämään luokitteluprosessin toistoväliä, jotta nimikkeiden käyttäytymisen muuttumista voitaisiin seurata tarkemmin.

7. YHTEENVETO

Tämä pro gradu -tutkielma suoritettiin toimeksiantona ABB Oy:n, Motors & Generators liiketoimintayksikön Vaasan sähkömoottoritehtaalle. Tutkielman tavoitteeksi yleisellä tasolla asetettiin materiaalinohjauksen kehittäminen, jotta ensisijaisesti kohdeyrityksen palvelutasoa pystyttäisiin nostamaan. Tutkielma koostui kahdesta tutkimuskysymyksestä, joista ensimmäisessä pyrittiin löytämään parhaat toteutettavissa olevat materiaalinohjauksen ohjaustavat luokitelluille nimikkeille. Toisessa tutkimuskysymyksessä pohdittiin, että millä perusteella nimikkeiden luokitusta voidaan muuttaa ajan saatossa. Koko Vaasan sähkömoottoritehtaan sijaan, tutkielma rajattiin koskemaan vain kahta eri kokoonpanolinjaa: AL10:tä ja AL2A:ta. Lisäksi tutkimuksissa keskityttiin ainoastaan 1.5.2013–31.10.2013 aikavälin tapahtumiin ja jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle nimikkeet, joilla ei ollut aikavälillä kulutusta.

Tutkielman teoriaosuudessa perehdyttiin materiaalinohjauksen, varastohallinnan ja erilaisten nimikkeiden luokittelumetodien teoreettiseen puoleen alaan liittyvän kirjallisuuden ja tutkimusten pohjalta. Tutkielman teoriaosuuden tavoitteena oli tarkastella varastoihin liittyviä käsitteitä ja tunnuslukuja, materiaalinohjauksen periaatteita yleisesti sekä erilaisia materiaalien ohjaustapoja ja niiden toteutusmenetelmiä. Lisäksi syvällisemmin tutustuttiin materiaalinohjauksen kehittämisen työkaluihin kuten ABC-analyysiin ja XYZ-analyysiin.

Tutkielman empiriaosuudessa ensimmäinen vaihe oli määrittellä käytettävät työkalut, joiden avulla pyrittiin löytämään vastaukset tutkimuskysymyksiin. Nimikkeiden luokitteluun päätettiin käyttää yhdistettyä ABC- ja XYZ-analyysiä, joka johtaisi yhdeksänkenttäiseen matriisiin, joista jokaiselle kentälle pystyttäisiin valitsemaan paras mahdollinen materiaalinohjauksen ohjaustapa. Tämän jälkeen tuli määrittellä kriteerit analyysin suorittamiselle. Koska tutkimuksen ensisijaisena päämääränä oli pyrkiä nostamaan kohdeyrityksen palvelutasoa, ABC-analyysin luokittelukriteeriksi valittiin nimikkeiden kappalemääräinen kulutus, XYZ-analyysin luokittelukriteeriksi kulutuksen vaihtelu ja nimikkeiden kulutusta tarkasteltiin viikkotasolla. Lisäksi ABC- ja XYZ-analyysien luokkarajoiksi valittiin samat arvot kuin Speed2Win -projektin yhteydessä aiemmin tehdyssä ABC-XYZ-analyysissä.

Analyysien suorituskriteerien määrittämisen jälkeen haettiin AL10- ja AL2A-kokoonpanolinjojen nimikkeiden kulutushistoria SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä

1.5.2013–31.10.2013 väliseltä ajalta. Molempien kokoonpanolinjojen nimikkeiden kulutushistoria tuotiin omiin tiedostoihinsa Excel-taulukkolaskentaohjelmaan, jonka avulla kulutushistoriat pystyttiin muokkaamaan jatkotutkimuksia varten käyttökelpoiseen muotoon. Ensimmäinen vaihe nimikkeiden kulutushistorioiden muotoilussa oli saada kulutushistoriat näkymään viikkotason kulutuksena, jonka jälkeen kulutetuille nimikkeille pystyttiin tekemään sekä ABC-, että XYZ-analyysit. Näiden analyysien tulokset yhdistettiin, jolloin saatiin jokaiselle nimikkeelle oma ABC-XYZ-analyysin mukainen nimikeluokka. Tämän jälkeen nimikkeet jaettiin myös materiaalityyppeihin, jotka luokiteltiin edelleen nimikeluokkiin eri materiaalityyppien käyttäytymisen selvittämiseksi. Lisäksi selvitettiin, minkälaisilla SAP-ohjausparametreilla nimikkeitä oli aiemmin ohjattu.

Analyysien avulla päästiin selville materiaalinohjauksen nykytilasta ja suurimmista kehityskohteista. Sekä AL10-, että AL2A-kokoonpanolinjojen nimikkeiden ABC-analyysin mukaisiin nimikeluokkiin jakautumisen kohdalla, tutkielman teoriaosuudessa mainitut aiemmat Pareton periaatteeseen liittyvät tutkimustulokset saivat vahvistusta. Nimikkeiden ABC-XYZ-analyysin mukaisiin nimikeluokkiin jakautumisesta voitiin puolestaan päätellä, että AL10-kokoonpanolinjan kohdalla valtaosa kulutetuista nimikkeistä oli pieni volyymisiä ja kuuluivat CX- tai CY-nimikeluokkaan (yht. 69,1 %). AL2A-kokoonpanolinjan kohdalla 55,2 % tarkastellulla aikavälillä kulutetuista nimikkeistä oli tasaisesti kulutettuja ja pieni volyymisiä eli kuuluivat CX-nimikeluokkaan. Loput AL2A-kokoonpanolinjalla kulutetuista nimikkeistä jakaantuivat pääsääntöisesti joko X- tai Y-nimikeluokkiin (X = 61,0 %, Y = 36,5 %). Z-nimikeluokkaan, jossa kulutus on hyvin epäsäännöllistä, jakaantui kummaltakin kokoonpanolinjalta melko vähän nimikkeitä (AL10 = 3,8 %, AL2A = 2,5 %). Materiaalityyppien jakautumisesta ABC-XYZ-analyysin mukaisiin nimikeluokkiin voitiin päätellä, että nimikkeet jakautuvat kummallakin kokoonpanolinjalla moneen nimikeluokkaan jokaisen materiaalityypin sisällä, joissa kulutustapahtumia oli useita (liite 3 & 4). AL10-kokoonpanolinjan kohdalla materiaalityyppien sisällä nimikkeet jakautuivat keskimäärin 3,19 nimikeluokkaan ja AL2A-kokoonpanolinjan kohdalla 3,83 nimikeluokkaan.

Myös tarkastellulla aikavälillä eri nimikeluokkien nimikkeiden ohjaukseen käytetyt SAP-ohjausparametrit selvitettiin, jotta kokonaiskuva materiaalinohjauksen nykytilasta saatiin selville. Tutkimuksista selvisi, että AL10-kokoonpanolinjalla oli käytetty 10:tä eri ohjausparametria ja AL2A-kokoonpanolinjan kohdalla 15:tä eri ohjausparametria nimikkeiden ohjaukseen. Molempien linjojen kohdalla valtaosa nimikkeistä oli ohjattu imuohjauksen tai MRP-ohjauksen avulla ja ohjausparametreja käytettiin hyvin summit-

taisesti. Tämän perusteella voitiin päätellä, että imuohjauksen ja MRP-ohjauksen piirissä oli runsaasti myös arvoltaan halpoja nimikkeitä, joita voitaisiin ohjata tehokkaammin muilla keinoilla.

Edellä mainittujen analyysien tuloksien perusteella pystyttiin määrittelemään ohjaussuosituksia eri nimikeluokkien ohjaamiseen materiaalinohjauksen kehittämiseksi. Ohjaussuosituksissa suositeltiin, että kaikki kuuden päivän tai sitä lyhyemmän toimitusajan kalliit nimikkeet tulisi ohjata imuohjautuvasti ja loput pidemmän toimitusajan omaavat kalliit nimikkeet MRP-ennusteisiin pohjautuvasti. Halvoista nimikkeistä AX-, AY-, BX- ja CX-nimikeluokkiin kuuluvat alle kahden viikon toimitusajan omaavat nimikkeet tulisi ohjata kanbaniin perustuvan kaksilaatikko-ohjauksen avulla tai vaihtoehtoisesti siirtyä käyttämään toimittajan valvomaan varastoa. Loput halvat nimikkeet tulisi ottaa tilauspisteohjauksen piiriin, halutun palvelutason varmistamiseksi.

Myös ABC-XYZ-luokitteluprosessin toteuttamiselle jatkossa luotiin kriteerit, jotta siitä saadaan tehokas työkalu materiaalinohjauksen käyttöön. Vain luokitteluprosessin toistamisella samoin kriteerein myös tulevaisuudessa, voidaan nimikkeiden käyttäytymisen muuttumista seurata aidosti. Luokitteluprosessin ABC- ja XYZ-analyysien luokkarajojen raja-arvot tuleekin pitää samoina ja luokitteluprosessi tulee toistaa puolen vuoden välein. Lisäksi kulutushistoriaa tulee tarkastella viikkotasolla.

Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää jo tällaisenaan materiaalinohjauksen kehittämiseen, mutta myös jatkotutkimukselle on tarvetta. Ensinnäkin tutkinnan kohteeksi tulisi ottaa myös muut kohdeyrityksen tuotantolinjat ja tehdä niille ABC-XYZ-analyysit määriteltyjen kriteerien mukaisesti, jotta varastotasoa voidaan täysipainoisesti optimoida ja kokonaispalvelutasoa nostaa. Myös määriteltyihin eri ohjaussuosituksiin liittyvät optimaaliset varmuusvarastojen tasot kaipaisivat syvempää perehtymistä ja tarkempaa tutkimusta. Lisäksi SAP-ohjausparametrien käyttäytymisen tarkempi määrittäminen on tulevaisuudessa tärkeää, jotta materiaalinohjauksesta saadaan entistä tehokkaampaa.

LÄHDELUETTELO

- ABB (2013a). *ABB Suomessa* [online]. [Siteerattu 3.12.2013]. Saatavilla World Wide Webistä: <URL:http://www.abb.fi>.
- ABB (2013b). *Speed2Win -projekti*. Projektimateriaalia sisäiseen käyttöön. Julkaisematon. ABB Oy.
- Anderson, Chris (2008). *The Long Tail: Why the Future of Business Is Selling Less of More*. [New York]: Hyperion.
- Aggarwal, S.C. (1985). MRP, JIT, OPT, FMS? *Harvard Business Review* 63:5, 8–16.
- Ballou, Ronald H. (2004): *Business Logistics / Supply Chain Management*. 5. painos. [New Jersey]: Prentice-Hall Inc.
- Bergmann, J., J. Heger, C. Meinecke & B. Scholtz-Reiter (2012). Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis. *International Journal of Productivity and Performance Management* 61:4, 445–451.
- Bozart, Cecil C. & Robert B. Handfield (2008). *Introduction to Operations and Supply Chain Management*. 2. painos. [New Jersey]: Pearson Prentice Hall.
- Brown, K.A. & T.R. Mitchell (1991). A comparison of just in time and batch manufacturing: The role of performance obstacles. *Academy of Management Journal* 34:4, 906–917.
- Buffa, Elwood S. & Rakesh Sarin (1987). *Modern Production/Operations Management*. 8.painos. [New York]: Wiley.
- Buxey, G. (2006). Reconstructing inventory management theory. *International Journal of Operations & Production Management* 26:9, 996–1012.
- Chen, Y., K.W. Li, D.M. Kilgour & K.W. Hipel (2008). A case based distance model for multiple criteria ABC analysis. *Computers & Operations Research* 35:3, 776–796.

- Coyle, John J., Edward J. Bardi & John Langley Jr. (1996). *The Management of Business Logistics*. 6. painos. [St. Paul]: West.
- Duchessi, P., G.K. Tayi & J.B. Levy (1988). A conceptual approach for managing of spare parts. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 18:5, 8–15.
- Duri, C., Y. Frein & H.S. Lee (2000). Performance evaluation and design of a CONWIP system with inspections. *International Journal of Production Economics* 64:1, 219–229.
- Forza, C. (2007). *Product Information Management for Mass Customization*. [Houndmills]: Palgrave Macmillan.
- Galloway, R. (1993). *Principles of Operations Management*. [London]: Routledge.
- Graves, R., J.M. Konopka, R.J. Milne. (1995). Literature review of material flow control mechanism. *Production Planning and Control* 6:5, 395–403.
- Gross, J.M. & K.R. McInnis (2003). *Kanban Made Simple; Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process*. [New York]: AMACOM American Management Association.
- Grünwald, H., P.E.T Striekwold & P.J. Weeda (1989). A framework for qualitative comparison of production control concepts. *International Journal of Production Research* 27:2, 281–292.
- Gudehuss, T. & H. Kotzab (2012). *Comprehensive Logistics*. 2. painos. [New York]: Springer.
- Guvenir, H. A. & E. Erel (1998). Multicriteria inventory classification using a generic algorithm. *European Journal of Operational Research* 105, 29–37.
- Harrod, S. & J.J. Kanet (2013). Applying work flow control in make-to-order job shops. *International Journal of Production Economics* 143, 620–626.

- Hautaniemi, Petri & Timo Pirttilä (1999). The choice of replenishment policies in an MRP environment. *International Journal of Production Economics* 59, 85–92.
- Haverila, Matti, Ilkka Kouri, Asko Miettinen & Erkki Uusi-Rauva (2005). *Teollisuus-talous*. 5. painos. [Tampere]: Infacts Oy.
- Hendrick, T. & F.G. Moore (1985). *Production/Operations Management*. 9. painos. [Homewood]: R.D. Irwin.
- Hirsjärvi, Sirkka, Pirkko Remes & Paula Sajavaara (2012). *Tutki ja kirjoita*. [Hämeenlinna]: Kariston Kirjapaino Oy.
- Hopp, Wallace J. (2008). *Supply Chain Science*. [New York]: McGraw-Hill Irwin.
- Hopp, Wallace J. & Marc L. Spearman (2011). *Factory Physics*. 3. painos. [Long Grove]: Waveland Press.
- Hoppe, Marc (2006). *Inventory Optimization with SAP*. 1. painos. [Boston]: Galileo Press Inc.
- Hoppe, Marc (2008). *Inventory Optimization with SAP*. 2. painos. [Boston]: Galileo Press Inc.
- Johnson, James C. & Donald F. Wood (1999). *Contemporary Logistics*. 7. painos. Upper Saddle River. [New Jersey]: Prentice Hall.
- Karrus, Kaij E. (2003). *Logistiikka*. 3.-4. painos. [Juva]: WS Bookwell Oy.
- Karrus, Kaij E. (2005). *Logistiikka*. 3.-5. painos. [Helsinki]: Werner Söderström Oy.
- Kauremaa, Jouni (2006). *VMI- toimintamalli- vertaileva tapaustutkimus*. [Otaniemi]: Teknillinen Korkeakoulu, Tuotantotalouden osasto.
- Kiviniemi, Kari (2001). Laadullinen tutkimus prosessina. Teoksessa: Juhani Aaltola & Raine Valli (toim.). *Ikkunoita tutkimusmetodeihin II*. [Jyväskylä]: PS-kustannus.

- Kouri, Ilkka (2005). Tuotannonohjauksen jatkokurssi 2005 tenttialue [Online]. [Siteerattu 7.11.2013]. Saatavana World Wide Webistä: <URL: <http://butler.cc.tut.fi/~iko/tojk2005/tojk220305.pdf>>
- Krajewski, Lee J., Larry P. Ritzman & Manoj K. Malhotra (2010). *Operations Management: Processes and Supply Chains*. 9. painos. [New Jersey]: Pearson Prentice Hall.
- Kumar, C.S. & R. Panneerselvam (2007). Literature review of JIT-KANBAN system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 32, 393–408.
- Lapinleimu, Ilkka, Veijo Kauppinen, & Seppo Torvinen (1997). *Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät*. [Porvoo]: Werner Söderström Osakeyhtiö.
- Lehtonen, Juha-Matti (toim.) (2004): *Tuotantotalous*. [Helsinki]: Werner Söderström Osakeyhtiö.
- Mason, P.A. (1999). MRP II and kanban formula. *Logistic Focus* 7, 19–23.
- Matzka, J., M. Di Mascolo & K. Furmans (2012). Buffer sizing of a heijunka kanban system. *Journal of Intelligent Manufacturing* 23:1, 49–60.
- Muris, L. Jr. & G.F. Moacir (2010). Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics* 125:1, 13–21.
- Nahmias, Steven (2001). *Production and Operations Analysis*. 4. painos. [Singapore]: McGraw-Hill.
- Naufal, A.A., A. Jaffar, N. Yusoff & N. Hayati (2012). Development on kanban system at local manufacturing company in Malaysia – case study. *Procedia Engineering* 41, 1721–1726.
- Naylor, J. (1996). *Operations Management*. [London]: Pitman Publishing.
- Ohno, Taiichi (1988). *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. [Cambridge]: Productivity Press

- Ovalle, O.R. & A.C. Marquez (2003). Exploring the utilization of CONWIP system for supply chain management. A comparison with fully integrated supply chain. *International Journal of Production Economics* 83:2, 195–215.
- Pettersen, J.A. & A. Segerstedt (2009). Restricted work-in-process: a study of differences between Kanban and CONWIP. *International Journal of Production Economics* 118:1, 199–207.
- Pouri, Reijo (1997). *Businesslogistiikka*. [Helsinki]: Suomen logistiikkayhdistys.
- Reese, J. & R. Geisel (1997). JIT procurement – a comparison of current practices in German manufacturing industries. *European Journal of Purchasing and Supply Management* 3:3, 147–154.
- Reiner, G. & M. Trcka (2004). Customized supply chain design: problems and alternatives for a production company in the food industry – a simulation based analysis. *International Journal of Production Economics* 89:2, 217–229.
- Sakki, Jouni (2009). *Tilaus-toimitusketjun hallinta. B2B: vähemmällä enemmän*. [Helsinki]: Hakapaino Oy.
- Singh, N. & K.H. Shek (1990). The development of a kanban system: A case study. *International Journal of Operations & Production Management* 10:7, 28–36.
- Sipper, Daniel, & Robert I. Bulfin Jr. (1997). *Production: Planning, Control and Integration*. [New York]: McGraw–Hill.
- Slack, Nigel, Stuart Chambers, Robert Johnston & Alan Betts (2009). *Operations and Process Management: Principles and Practise for Strategic Impact*. 2. painos. [Essex]: Pearson Education Limited.
- Spearman, M., D. Woodruff & W. Hopp (1990). CONWIP: a pull alternative to kanban. *International Journal of Production Research* 28:5, 879–894.
- Stevenson, W. (2005). *Operations Management*. 8. painos. [Boston]: McGraw-Hill/Irwin.

- Sugimori, Y., K. Kusunoki, F. Cho & S. Uchikawa (1977). Toyota production system and kanban system - materialization of just in time and respect for human system. *International Journal of Production Research* 15:6, 553–564.
- Suri, Rajan (1998). *Quick Response Manufacturing. A Companywide Approach to Reducing Lead Times*. [New York]: Productivity Press.
- Takahashi, K., Myreshka & D. Hirotani (2005). Comparing CONWIP, synchronized CONWIP, and kanban in complex supply chains. *International Journal of Production Economics* 93–94, 25-40.
- Tersine, Richard J. (1994). *Principles of Inventory and Materials Management*. 4. painos. [New Jersey]: Prentice-Hall.
- Yu, M.C. (2011). Multi-criteria ABC analysis using artificial-intelligence-based classification techniques. *Expert Systems with Applications* 38:4, 3416–3421.

LIITTEET

LIITE 1. Otos ABC-XYZ-analyysiin liittyvistä laskelmista AL10-linjan kohdalla.

	36	37	38	39	40	41	42	43	44	Kulutus (kpl)	Kulutuksen osuus kokonaiskulutuksesta (%)	Kumulatiivinen kulutuksen summa	Nimikkeiden kumulatiivinen määrä nimikkeiden kokonaisuudesta	ABC- luokitus	Keskiajonta	Keskiarvo	Variatio- kerroin	XYZ- luokitus	ABC- XYZ- luokitus
	452	360	368	394	436	402	370	368	270	11662	7,475 %	7,475 %	0,140 %	A	91,1661	431,9259	0,2111	X	AX
	278	236	234	242	260	273	212	234	210	7143	4,578 %	12,053 %	0,281 %	A	46,5851	264,5556	0,1761	X	AX
	278	236	234	241	260	273	208	234	207	7127	4,568 %	16,621 %	0,421 %	A	47,1298	269,9630	0,1785	X	AX
	250	157	202	181	162	181	176	215	121	5020	3,217 %	19,838 %	0,561 %	A	32,1811	185,9259	0,1731	X	AX
	210	175	176	184	209	189	178	167	129	4908	3,146 %	22,984 %	0,701 %	A	36,3112	204,5000	0,1776	X	AX
	171	174	110	132	230	207	146	113	122	4421	2,834 %	25,818 %	0,842 %	A	45,9546	163,7407	0,2807	X	AX
	136	126	116	139	174	148	148	138	80	4364	2,797 %	28,615 %	0,982 %	A	40,9789	161,6296	0,2535	X	AX
	136	126	116	139	174	148	148	138	80	4362	2,796 %	31,410 %	1,122 %	A	40,9158	161,5556	0,2533	X	AX
	162	148	160	170	98	116	101	188	87	4009	2,570 %	33,980 %	1,262 %	A	38,3776	148,4815	0,2585	X	AX
	161	80	150	142	107	120	80	83	138	3820	2,448 %	36,428 %	1,403 %	A	35,3882	141,4815	0,2501	X	AX
	153	120	142	171	137	143	95	160	85	3768	2,415 %	38,843 %	1,543 %	A	38,0772	139,5556	0,2728	X	AX
	404	200	184	308	496	296	400	176	236	3068	1,966 %	40,810 %	1,683 %	A	103,1512	306,8000	0,3362	X	AX
	96	32	148	116	96	124	68	120	108	2944	1,887 %	42,697 %	1,823 %	A	47,7598	109,0370	0,4380	Y	AY
	57	77	105	92	45	50	60	79	55	2094	1,342 %	44,039 %	1,964 %	A	26,8126	77,5556	0,3457	X	AX
	63	65	99	120	58	75	57	104	41	1992	1,277 %	45,315 %	2,104 %	A	22,9981	73,7778	0,3117	X	AX
	75	63	76	95	72	72	49	88	43	1963	1,258 %	46,574 %	2,244 %	A	19,7499	72,7037	0,2716	X	AX
	58	66	34	58	96	99	78	45	56	1963	1,258 %	47,832 %	2,384 %	A	22,1891	72,7037	0,3052	X	AX
	88	70	60	86	84	74	64	50	118	1768	1,133 %	48,965 %	2,525 %	A	28,9756	65,4815	0,4425	Y	AY
	63	26	48	48	38	34	30	34	60	1434	0,919 %	49,884 %	2,665 %	A	15,6142	53,1111	0,2940	X	AX
	46	48	69	62	38	34	49	62	34	1431	0,917 %	50,801 %	2,805 %	A	19,3640	53,0000	0,3654	X	AX
	47	50	67	62	39	33	49	35	35	1378	0,883 %	51,684 %	2,945 %	A	18,5482	51,0370	0,3634	X	AX
	43	50	66	62	39	33	49	35	34	1372	0,879 %	52,564 %	3,086 %	A	18,0083	50,8148	0,3544	X	AX
	35	51	26	28	68	57	59	30	13	1289	0,826 %	53,390 %	3,226 %	A	17,5585	47,7407	0,3699	X	AX
	66	12	40	86	50	16	52	56	38	1226	0,786 %	54,176 %	3,366 %	A	22,2165	45,4074	0,4893	Y	AY
	48	21	50	40	32	42	30	33	43	1225	0,785 %	54,961 %	3,506 %	A	13,0502	45,3704	0,2876	X	AX
	35	19	26	25	61	57	56	25	11	1187	0,761 %	55,722 %	3,647 %	A	17,2680	43,9630	0,3928	X	AX
	64	48	18	50	20	48	22	80	26	1172	0,751 %	56,473 %	3,787 %	A	20,5034	43,4074	0,4723	Y	AY
	74	49	60	45	35	41	30	29	49	1167	0,748 %	57,221 %	3,927 %	A	16,2100	43,2222	0,3750	X	AX
	74	49	60	45	35	41	30	29	49	1167	0,748 %	57,969 %	4,067 %	A	16,2100	43,2222	0,3750	X	AX
	37	51	26	28	69	57	59	30	13	1161	0,744 %	58,713 %	4,208 %	A	15,4240	48,3750	0,3188	X	AX
	36	34	57	47	32	25	34	46	30	1139	0,730 %	59,443 %	4,348 %	A	14,7549	42,1852	0,3498	Y	AY
	30	48	20	28	67	46	46	20	11	1073	0,688 %	60,131 %	4,488 %	A	16,0614	39,7407	0,4042	Y	AY
	30	60	21	42	46	68	36	48	23	1073	0,688 %	60,818 %	4,628 %	A	16,6880	39,7407	0,4199	Y	AY
	30	60	21	42	46	68	33	48	23	1073	0,688 %	61,506 %	4,769 %	A	16,6880	39,7407	0,4199	Y	AY
	38	37	50	36	46	63	23	28	68	1061	0,680 %	62,186 %	4,909 %	A	14,6914	39,2963	0,3739	X	AX

LIITE 3. Materiaaliryhmien jakautuminen nimikeluokkiin AL10-linjan kohdalla.

Materiaaliryhmä ▾	AX	AY	BY	BZ	CX	CY	CZ	Nimikkeet yhteensä	Moneenko nimikeluokkaan materiaaliryhmä jakautuu?
0			1					1	1
32A2	1	1	24		26	14	5	71	6
32B2	1		9	3	62	32	4	111	6
33A1						1		1	1
3A01	2	5						7	2
3AA0	1					1		2	2
3AA1	3		13	1	20	15		52	5
3AB1	6	5	15	4	42	44	3	119	7
3AC1	1	2	6		5	15		29	5
3AD1	6	3			8	4	1	22	5
3DA0	4		2		4	10	1	21	5
3DB0					1	1		2	2
3EB0			1		12	1		14	3
3FA0					1			1	1
3JA0			1		6	6		13	3
3JB0					1	3		4	2
3JC0			13		34	19	1	67	4
3JD0					1	2		3	2
3L00					4			4	1
3M00	1				2			3	2
3N00	2	1	1	1	3	3		11	6
3O00	1		1		5	1		8	4
3RA0					1	1		2	2
3U00	1	7	7		10	11		36	5
3VA0					1			1	1
3VE0					2	1		3	2
3XA0	1	2	10		1	3		17	5
3XB0	4	2	7		21	7	2	43	6
3XC0					1	2		3	2
3XC4					1			1	1
3XD0	1	1		1		5		8	4
3XE0	1				1			2	2
3XF0					2			2	1
3XG0					1			1	1
3XI0	2	5	5		2	4		18	5
3Z00	1	2	1		3	2		9	5
4						1		1	1
#N/A									
Nimikkeet yhteensä	40	36	117	10	284	209	17	713	ka. 3.19

LIITE 4. Materiaaliryhmien jakautuminen nimikeluokkiin AL2A-linjan kohdalla.

Materiaaliryhmä ▾	AX	AY	AZ	BX	BY	BZ	CX	CY	Nimikkeet yhteensä	Moneenko nimikeluokkaan materiaaliryhmä jakaantuu?
0					1		1		2	2
11		1					1	1	3	3
21		1			1		4		6	3
32A2	1	3	2	1	15		9	4	35	7
32B2	1			1	7	1	21	4	35	6
33A1					3		7	1	11	3
3A01					3				3	1
3AA1	1	9		7	32	3	114	18	184	7
3AB1	2	9		8	28	3	109	20	179	7
3AC1	5	26	2	8	30	1	78	16	166	8
3ADO							1		1	1
3AD1	2	5	1	1	16	3	27	7	62	8
3AE1		1							1	1
3DA0	2	9		1	1		13	4	30	6
3DB0		1					3		4	2
3DC0				1			4	1	6	3
3E00				1	2		3		6	3
3EBO					1		22		23	2
3EDO			1	2	5		5		13	4
3FB0				1					1	1
3JAO		1	1		7	2	8	4	23	6
3JBO					9	1	30	5	45	4
3JCO		10		6	33	3	101	21	174	6
3JDO							1		1	1
3LO0		3		1	3		3		10	4
3M00				1	1	1	1	1	5	5
3N00		6		3	4		10	2	25	5
3PO0							1		1	1
3RA0		1					1		2	2
3U00	1	2		4	2		9	1	19	6
3VA0		2		1	2	1	24	3	33	6
3VB0					1				1	1
3VE0		1			3	3	7	1	15	5
3VFO					1		2		3	2
3XA0				1	6		4		11	3
3XB0		1		3	21	4	60	4	93	6
3XB4							2		2	1
3XB5					2		3		5	2
3XC0							1		1	1
3XC4							3		3	1
3XC5							1	1	2	2
3XD0	2	3		2	9		25	4	45	6
3XE0	1	2		3	6		22	4	38	6
3XF0		1		3	12	1	15	1	33	6
3XIO	2	5	1	1	9		15	2	35	7
3Z00		2		2	6		15	2	27	5
4			1		1				2	2
Nimikkeet yhteensä	20	105	9	63	283	27	786	132	1425	ka. 3,83