

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Kauppätieteiden osasto

Hankintojen johtaminen

**HANKINTATOIMEN, VARASTON- JA MATERIAALIENHALLINNAN
KEHITTÄMINEN**

Lappeenrannassa 17.4.2016

Pekka Laukkanen

TIIVISTELMÄ

Tekijä:	Pekka Laukkanen
Nimi:	Hankintatoimen, varaston- ja materiaalienhallinnan kehittäminen
Osasto:	Kauppatieteiden osasto
Vuosi:	2016
Pro gradu –tutkielma, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 78 sivua, 14 kuvaa ja 14 taulukkoa.	
Tarkastajat:	Professori Jukka Hallikas Tutkijaopettaja Katrina Lintukangas
Hakusanat:	Materiaalitarvelaskenta, varastonohjaus, materiaalienhallinta
Keywords:	Material resource planning, inventory control, materials management

Työn tavoitteena on kehittää kohdeyrityksen hankintatoimea sekä varaston- ja materiaalienhallintaa kokonaisvaltaisesti. Pääpaino kehittämisessä kohdistuu materiaalitarvelaskennan systematisointiin ja parantamiseen sekä oikeiden varastonohjausmuotojen valintaan ja implementointiin. Teoreettisesti työ perustuu näin ollen erityisesti varastonohjauksen sekä materiaalitarvelaskennan kirjallisuuteen.

Keskeiseksi kehityskohteeksi tunnistetaan varastotietojen ajantasaisuuden ja oikeellisuuden vaatimus. Tältä pohjalta työssä voidaan kehittää materiaalitarvelaskentajärjestelmä sekä tunnistaa ja implementoida valitut varastonohjausmuodot. Tärkeimmät toimittajat/nimikeryhmät käsitellään työssä tarkemmin ja kokonaiskustannusten analyysillä tunnistetaan, kuinka niiden hallintaa tulee jatkaa ja jatkokehittää.

Kokonaisuutena, työn tuloksena saavutetaan kohdeyritykseen systemaattisesti ja taloudellisesti toimiva hankintatoimi, joka perustuu tehokkaaseen materiaalitarvelaskentaan ja perustellusti valittuihin varastonohjausmuotoihin. Tuotannonsuunnittelun tärkeys tunnistetaan erittäin suureksi ja se onkin jatkokehityskohteista kohdeyritykselle merkittävin tässä yhteydessä.

ABSTRACT

Author: Pekka Laukkanen

Title: Development of supply, inventory and materials management

Department: Business Administration

Year: 2016

Master's Thesis, Lappeenranta university of technology. 78 pages, 14 figures and 14 tables.

Examiners: Professor Jukka Hallikas

Associate professor Katrina Lintukangas

Keywords: Material resource planning, inventory control, materials management

The objective of this study is to develop the subject company's supply, inventory and materials management comprehensively. The main focus in developing is making material resource planning better and more systematic in addition to finding and implementing the correct inventory control methods. Consequently, this study is theoretically based on the literature of inventory control and material resource planning.

Inventory status files need to be up-to-date and correct. This is recognized as a key area of development to be able to further develop a material resource planning system and to identify and implement the chosen inventory control methods. The most important suppliers/item categories are taken under further investigation and with a total cost view it's recognized how they should be controlled and developed further.

As a whole, the result of this study is a systematically and economically functioning supply management function which is based on efficient material resource planning and reasonably chosen inventory control methods. The importance of production planning is found to be great and it is the most important area of development in this context.

ALKUSANAT

Kiitos koko Yrityksen väelle ja työn ohjaajille. Erityiskiitos perheelle ja ystäville.

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn tausta	7
1.2	Työn rakenne	8
2	VARASTOINTI JA VARASTONOHJAUS.....	10
2.1	Varastoinnin motiivit ja jaottelu.....	10
2.2	Nimikkeiden jaottelu – ABC-analyysi.....	13
2.3	Varastoinnin tunnusluvut ja mittaaminen.....	15
2.4	Varastoinnin kustannukset.....	17
2.5	Varastonohjauksen peruskysymykset	19
2.6	Tilauspistemethodet	22
2.6.1	Tavallinen tilauspistemethodet	22
2.6.2	Min-Max / (s, S).....	23
2.6.3	EOQ	24
2.7	Tilausvälimethodet	26
3	MATERIAALITARVELASKENTA, TOIMINNAN- JA TUOTANNONOHJAUS.....	27
3.1	Materiaalitarvelaskenta	27
3.1.1	MRP:n kokonaiskuva	28
3.1.2	Master Production Schedule	29
3.1.3	Bill of materials.....	31
3.2	Toiminnan-, tuotannon- ja materiaaliennohjaus	32
3.2.1	Toiminnan- ja tuotannonohjauksen tavoitteet.....	32
3.3	Tuotannonohjausmuoto	33
3.3.1	MTS vai MTO?	35
4	CASE: YRITYS	37
4.1	Työn tavoitteet ja metodologia	37
4.2	Tuotantoprosessin kuvaus	39

4.3	Tuotannonsuunnittelu	40
5	MATERIAALIENHALLINTA YRITYKSESSÄ.....	42
5.1	Materiaalitarvelaskenta	42
5.2	Logistiikka ja sen muutokset	48
5.3	Nimikkeiden ja toimittajien luokittelu, politiikat sekä tarkempi tarkastelu ..	51
5.3.1	R-A2 -nimikkeet	54
5.3.2	R-A1 -nimikkeet	60
5.4	PM1-nimikkeet	61
6	VALMIIT TUOTTEET	67
6.1	ABC-analyysi ja tuotannonsuunnittelu	67
6.2	Kiertonopeudet.....	69
7	YHTEENVETO.....	72
	LÄHDELUETTELO.....	74

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tehokas ja luotettava hankintatoimi ei takaa yrityksen menestystä, mutta se on kuitenkin edellytys tälle: huonosti toimivat hankinnat voivat johtaa siihen, että toimitetut materiaalit ovat väärinä tai eivät saavu ollenkaan, määrät ovat väärinä, saapuvat väärään aikaan, kustannukset ovat korkeita ja laatu huonoa ja niin edelleen. Hankintojen osuus tyyppillisen tuotantoyrityksen lopputuotteen hinnasta on 50% ja joidenkin arvioiden mukaan jopa 70% vaihdellen tapauskohtaisesti. Tästä seuraa, että prosentuaalisesti pieniltäkin tuntuvat parannukset voivat tuottaa merkittäviäkin kustannussäästöjä. (Waters, 2009, 304-305)

Jokainen tuotantoyritys on myös ainutlaatuinen tapaus ja toimintaympäristöt vaihtelevat huomattavasti, mistä seuraa, että optimaaliset ratkaisut materiaalien hallinnan suhteen ovat myös tapauskohtaisia. Teorian osalta varaston- ja materiaalinohjauksen kysymykset ovat hyvin tunnettuja ja kattavasti kirjallisuudessa esitetty. Kuitenkin mentäessä hienostuneempiin menetelmiin ja algoritmeihin, koskevat tutkimukset lähinnä tiukasti rajattuja ja yksinkertaistettuja tapauksia, joista yleistäminen on vähintään haasteellista, ellei mahdotonta.

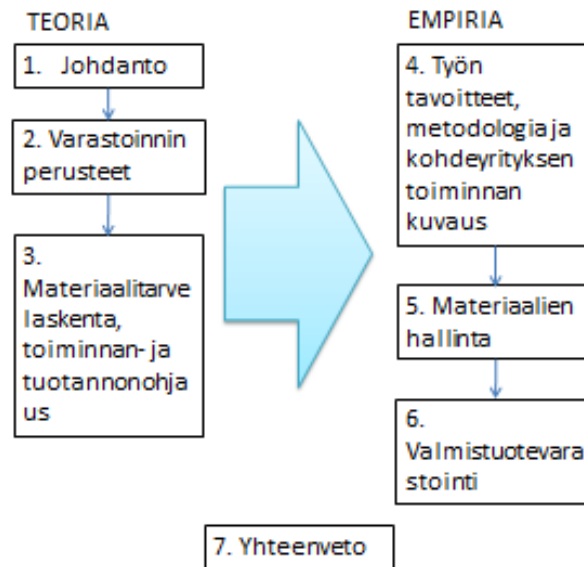
PK-yritysten ja vastaavasti suurten globaalien yritysten haasteet materiaalien ohjaamisen suhteen pohjautuvat samoihin perusongelmiin, mutta käytännössä toiminnan tasot eroavat huomattavasti, mistä johtuen soveltuvat ratkaisumallit ovat todennäköisesti hyvinkin erilaisia. Yritysten pääongelma on siis löytää itselleen soveltuvat menetelmät materiaalien hallintaan, jotka ovat sekä suoraan taloudellisesti ”optimaalisia” että käytännössä toimivia - yksinkertaisiin ongelmiin ei usein kannata yrittää soveltaa hienostuneita järjestelmiä ja matemaattisia ratkaisuita, mutta samalla yksinkertaiset mallit eivät puolestaan välttämättä kykene vastaamaan monimutkaisten ongelmien esittämiin kysymyksiin.

Tämän työn tarkoituksena on keskittyä pienen PK-yrityksen hankintatoimen kokonaisvaltaiseen kehittämiseen. Yrityksen myynti ja tuotannon mittakaava on

kasvanut viime vuosina merkittävästi, mikä on asettanut haasteita varastoinnin- ja materiaalienhallintaan. Tavoitteena on löytää yksinkertaiset, mutta tehokkaat toimintatavat, jotta Yritys voi jatkaa kasvuaan ilman, että materiaalienhallinta asettuu pullonkaulaksi. Tavoitteena on täten tunnistaa kullekin nimikeryhmälle parhaiten soveltuvat hallintakeinot, mikä edellyttää ensinnäkin tiedon keräämistä ja koostamista. Tavoitteena on myös kehittää erityisesti materiaalarvelaskentaa, joka on koettu käytännössä haastavaksi ja joka on Yrityksen hankintatoimen perusta. Lisäksi tavoitteena on myös tunnistaa sekä menneissä että nykyisistä toimintatavoista suurimmat haasteet, epäkohdat ja suurinta kehityspotentiaalia omaavat kohteet. Lopullisena tavoitteena on saavuttaa perusteltu, tarkoituksenmukaisen yksinkertainen, toimiva ja dokumentoitu yhdistelmä tietoa, toimintapolitiikkoja ja järjestelmiä, jotta jatkossa yrityksen hankinnoista vastaavalla on edellytykset suorittaa tehtävänsä tehokkaasti ja luotettavasti.

1.2 Työn rakenne

Työn karkea rakenne esitetään alla kuvassa 1. Kappaleessa 1 esitetään työn taustoja ja rakenne. Kappaleessa 2 käsitellään soveltuvien osien varastohallinnan teorian perusteita, jotka ovat olennaisessa osassa tämän työn kokonaisuutta. Kappaleessa 3 käydään läpi työlle keskeinen materiaalarvelaskenta ja sen teoriaa. Tämän lisäksi kappaleessa esitetään toiminnan- ja tuotannonohjauksen peruskysymyksiä, joita ei kuitenkaan empiriisessä osiossa enää käsitellä, mutta niiden kuitenkin katsotaan olevan olennaisessa osassa kokonaiskuvan hahmottamista.



Kuva 1. Työn rakenne.

Työn empiirinen osio alkaa kappaleesta 4, jossa määritetään tarkemmin työn tavoitteet ja metodologia. Kappaleessa kerrotaan tarkemmin myös kohdeyrityksen toiminnan luonteesta ja nykytilasta. Kappaleessa 5 käsitellään yrityksen materiaalienhallintaa. Ensin kuvataan materiaaltarvelaskennan (MRP) kehittämistä ja lopputulokset, jonka jälkeen tutkitaan logistiikan muutosten vaikutuksia ja mahdollisuuksia. Tämän jälkeen esitetään valittuja varastohallinnan menetelmiä eri nimikeryhmille ja käsitellään tärkeimpien toimittajien ja nimikeryhmien osalta toimintapolitiikkoja sekä niihin vaikuttavia tekijöitä.

Kappaleessa 6 tehdään ABC-analyysi lopputuotteille ja käydään läpi millaisia vaikutuksia ryhmittelyn perusteella tehtävällä tuotannosuunnittelulla olisi valittuihin varastoinnin mittareihin. Lopuksi kappaleessa 7 esitetään työstä yhteenveto.

2 VARASTOINTI JA VARASTONOHJAUS

Varastojen ohjaamisen tehokas johtaminen on kriittistä, jotta voidaan saavuttaa tyydyttävää suorituskykyä koko liiketoiminnassa. Yksi tärkeimmistä prioriteeteista nykyisin on virtaviivaistaa ja koordinoita logistisia prosesseja sekä samalla vähentää toimitusketjussa sijaitsevia varastoja ja parantaa asiakaspalvelun laatua. Perinteinen ajattelu keskittyy siihen ajatukseen, että varastojen pitäminen on toiminnan kannalta oleellista, kun taas uudemmissa näkökulmissa pidetään tärkeänä eliminoida varastot ja niiden aiheuttamat kustannukset aina kun mahdollista. (Coyle et al, 1996, 158)

2.1 Varastoinnin motiivit ja jaottelu

Varastointi ei ole itseisarvo vaan sen motiivit on tärkeä tiedostaa, jotta varastoinnista voidaan saavuttaa tietoisesti hyötyä toiminnalle ja sitä voidaan kehittää oikean suuntaisesti.

Scheuingin mukaan varastonohjauksen päämotiivi ja –tavoite on minimoida varastoon sitoutunut pääoma ja riskit sekä samanaikaisesti tarjota tuotannolle tasaisesti sen tarvitsemat materiaalit. Tasapainottelu tapahtuu siis varastoinnin ja tilaamisen aiheuttamien kustannusten sekä puutetilanteiden välillä. (1988, 302)

Lambert & Stockin mukaan varastoinnilla voidaan katsoa olevan viisi tehtävää yrityksessä:

- 1) Auttaa yritystä pääsemään käsiksi mittakaavaetuihin. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi suurten tilauskokojen määräalennuksia ja täten myös suhteellisten toimituskulujen vähenemistä.
- 2) Tasapainottaa kysyntää ja tarjontaa. Esimerkiksi kausittaiset kysyntäpiikit voivat vaatia tietyn tuotteen keräämistä varastoon.

- 3) Edesauttaa tuotannon erikoistumista. Jos yrityksellä on useita tuotantolaitoksia, voi kukin niistä erikoistua tiettyyn tuotteeseen ja näin hyötyä pitkien tuotantosarjojen tuomista eduista.
- 4) Antaa suojaa kysynnän epävarmuutta ja tilaussyklejä vastaan. Varastointi mahdollistaa esimerkiksi raaka-aineiden spekulatiiviset ostot ennen hinnannousua ja lopputuotteiden varastoinnilla vältetään kysyntäpiikkien aiheuttamat varaston puutetilanteet.
- 5) Toimia puskurina jakelukanavan kriittisten vaiheiden välillä. Koska jakelukanavan osapuolet ovat maantieteellisesti erillään, on varastoja pidettävä pitkin kanavaa, jotta voidaan saavuttaa ajan ja paikan vaatimukset. (1992, 400-402)

Varastot voidaan jaotella tai luokitella usealla eri tavalla näkökulmasta riippuen. Varastoon voi kuulua tarvikkeet, raaka-aineet, puolivalmisteet ja lopputuotteet. Tarvikkeiksi käsitetään yrityksen normaalissa toiminnassa käytettävät tuotteet, jotka eivät kuitenkaan ole osa lopputuotetta. Raaka-aineet puolestaan ovat toimittajilta tilattavia ja lopputuotteeseen sitoutuvia materiaaleja. Puolivalmisteet ovat vielä tuotannossa olevia osittain valmiita tuotteita. Lopputuotteena pidetään tuotetta, joka on valmis myytäväksi, jaeltavaksi tai varastoitavaksi. (Tersine 1988, 4)

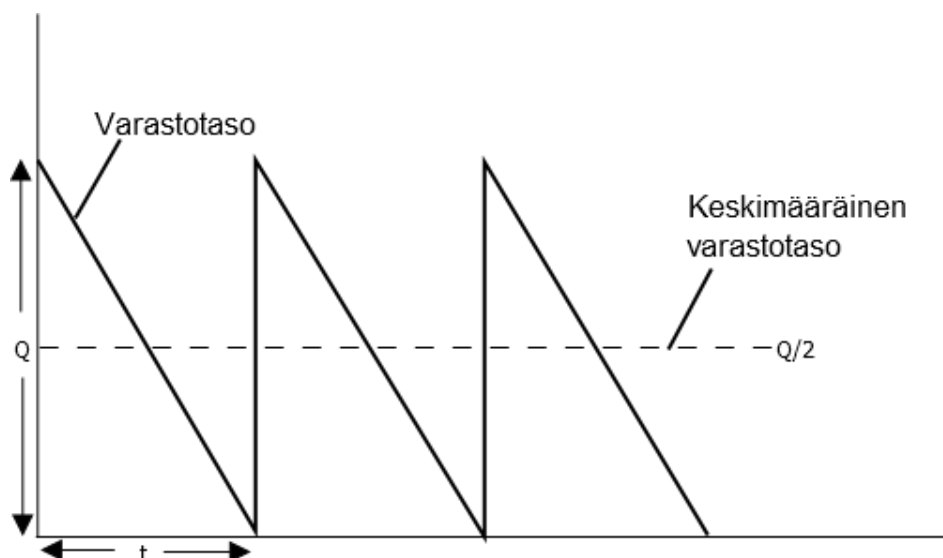
Varastot voidaan jaotella Tersinen (1988, 7-8) mukaan myös funktionaalisesti eli niiden käyttötarkoituksen mukaan:

- 1) Työvarasto käsittää materiaalit, jotka on varattu ennakkoon tiettyjä toimenpiteitä varten, jotta tilaukset voidaan paremmin jaksottaa.
- 2) Varmuusvarasto tarkoittaa varastoa, jonka tarkoituksena on suojata kysynnän ja tarjonnan vaihteluilta ja epävarmuudelta, jotta puutetilanteita ei synny.
- 3) Ennakointivarastolla pyritään tasoittamaan kausittaisia tai muista syistä johtuvia kysyntäpiikkejä.
- 4) Putkivarasto sisältää tuotannossa eri vaiheiden välillä siirreltävät varastot.

- 5) Irroitusvarasto tarkoittaa varastoa, jonka tarkoitus on tehdä kahdesta toisistaan riippuvaisesta aktiviteetista vähemmän niiden synkronisuudesta riippuvaisia eli itsenäisempiä.

Näiden lisäksi voidaan varastoja löytää kategorisoimalla niitä niiden muodostumisen syiden mukaan. Kiertovarasto on varasto, joka syntyy raaka-ainetilausten täydennysprosessista. Jos kysyntä ja täydennysajat ovat vakioita, ei muuta varastointia tarvita. Siirtovarastot taas koostuvat yksiköistä, jotka ovat matkalla paikasta A paikkaan B. Varastonpitokustannukset tulisi kohdistaa lähtöpaikkaan A, koska yksiköt eivät ole vapaana käyttöön tai myyntiin sillä hetkellä. Kuollut varasto syntyy tietyn ajan käyttämättöminä olleista yksiköistä. (Lambert & Stock, 1992, 403-405)

Kuvassa 2 esitetään kiertovaraston syklit, missä pystyakselilla Q = tilauseräkooko ja vaaka-akselilla t = aika. Keskimääräinen varastotaso on puolet tilauseräkoosta Q , koska kysyntä on tasaista ja varastotaso päätyy aina nolleen kunnes uusi tilaus saapuu varastoon.



Kuva 2. Optimaalinen ja klassinen varaston kiertosykli (Coyle et al., 1996, 199; Tersine 1988, 92).

Lopulta voidaan päätyä johtopäätökseen, että varastointitarpeet aiheutuvat asiakkaiden toimitusaikavaatimuksista, jotka ovat lyhyempiä kuin materiaalien hankintaan ja lopputuotteiden valmistukseen kuluva aika. Näin ollen sekä raaka-aineita ja materiaaleja, puolivalmisteita että lopputuotteita voidaan joutua varastoimaan, jotta toimitusaikavaatimukseen voidaan vastata. Se, missä näitä varastoja pidetään riippuu tuotantoprosessista, vaadituista toimitusajoista, tuotteiden rakenteista ja asiakaskohtaisesta räätälöinnistä. Näillä päätöksillä voi olla merkittävät vaikutukset toimituskykyyn, toimitusaikoihin sekä tuotannosuunnitteluun. Materiaalipuskurien sijoittamiset voidaan jaotella seuraavasti:

- 1) Lopputuotteet valmistetaan varastoon eli toimitaan varasto-ohjautuvan tuotannon periaatteen mukaan.
- 2) Osat tai puolivalmisteet valmistetaan varastoon, mutta kokoonpano suoritetaan tilauksesta.
- 3) Raaka-aineet ja materiaalit varastoidaan, mutta valmistus suoritetaan tilauksesta.
- 4) Raaka-aineet ja materiaalit, jotka omaavat pitkät toimitusajat, ostetaan varastoon, mutta muilta osin toimitaan tilauksen perusteella.
- 5) Sekä valmistus että materiaalien ja raaka-aineiden hankinta tehdään tilausten perusteella. (Sakki, 2009, 446-447)

2.2 Nimikkeiden jaottelu – ABC-analyysi

Yrityksillä voi olla kymmeniä tuhansia nimikkeitä varastossaan, jolloin niiden hallinta voi olla työlästä, eikä ole taloudellisesti kannattavaa määrittää jokaiselle omaa varastointi- ja tilauspolitiikkaa. Nimikkeet kannattaakin näin ollen jakaa luokkiin niiden tärkeyden perusteella (Chen et al., 2008, 776). Tämän tärkeyden mittarina käytetään tavanomaisesti rahallista vuosikulutusta, mutta myös muita kriteereitä oleellisia kriteereitä on tunnustettu, kuten: läpimenoaika, nimikkeiden

yhtäläisyys, vanhentuvaisuus, kestävyys, varastoinnin kustannukset ja tilavaatimukset (Yu, 2011, 3416).

ABC-analyysi perustuu Pareto-periaatteeseen ja se on tehokas sekä laajalti käytetty työkalu nimikkeiden hallintaan. Nimikkeet jaetaan valitun tai valittujen kriteerien mukaan A, B ja C ryhmiin. A-ryhmään sisällytetään tärkeimmät nimikkeet ja C-ryhmään vähiten tärkeimmät B-ryhmän ollessa näiden välimuoto (Torabi et al., 2012, 530). Pareto-periaate sanoo (tai 80-20 –sääntö), että 80% kuluista tai käytöstä aiheutuu 20% nimikkeistä ja näin ollen A-ryhmään kuuluvia nimikkeitä on huomattavasti vähemmän kuin nimikkeitä kokonaisuudessaan. Nämä luvut kuitenkin vaihtelevat tapauksesta toiseen, mutta monesti A-ryhmälle 20% tärkeimmistä nimikkeistä on hyvä lähtöarvo (Chen et al., 2008). Mikäli rahallista kulutusta tai arvoa käytetään kriteerinä, Jonssonin (2008, 426) esimerkkiä mukaillen B-ryhmälle voisi tämän jälkeen kuulua 40% nimikkeistä ja 17,5% arvosta, minkä jälkeen C-ryhmälle edelleen jää 40% nimikkeistä, joiden arvon osuus on kuitenkin vain 2,5%. Tulee myös huomioida, että mikäli tarve vaatii, ryhmiä voi olla useampi kuin kolme.

Sanallisesti muotoiltuna ABC määrittää, että:

- A-luokan nimikkeet ovat kalliita ja vaativat erityistä huomiota
 - B-luokan nimikkeet ovat tavallisia ja tarvitsevat tavallista huomiota
 - C-luokan nimikkeet ovat halpoja ja tarvitsevat vain vähän huomiota.
- (Waters, 2009, 362)

Tyypillisesti A-luokan nimikkeiden osalta päätökset tekevät päätöksentekijät kun taas B- ja C-luokan nimikkeet hoidetaan automoidusti tai tarkoitukseen sopivin metodein (Waters, 2009, 362-363)

ABC-analyysin hyödyt seuraavat sen antamasta pohjasta siihen, mihin nimikkeisiin yrityksen tulisi keskittyä eli käyttää aikaansa ja muita resurssejaan (Dobler & Burt, 1996, 522). Analyysi voi kuitenkin olla harhaanjohtava, mikäli ei huomioida, että rahallinen arvo on usein huono mittari nimikkeen (tai toimittajan) tärkeydestä (Waters, 2009, 364)

2.3 Varastoinnin tunnusluvut ja mittaaminen

Suorituskyvyn mittaaminen auttaa päätöksenteossa, mutta mittarit ovat vain näkökulmia ja usein ristiriidassa keskenään. Mittarit auttavat esimerkiksi näyttämään kuinka tavoitteita on saavutettu, suorituskyvyn vertailuissa, muutosten vaikutusten arvioinnissa ja parannuskohteiden löytämisessä. (Waters, 2009, 449-453)

Vuonna 2002 julkaistun kyselytutkimuksen mukaan 80% yrityksistä käyttävät muodollisia keinoja mittaamaan toimitusketjunsä (jonka osa varastointi on) tehokkuutta, mikä tarkoittaa, että 20% vastaajista ei käyttänyt niitä ollenkaan. Samaisen tutkimuksen mukaan yleisimmin käytetyt suorituskyvyn mittarit olivat toimitustehokkuus asiakkaalle, varaston kiertonopeus, toimittajan toimitustehokkuus, ”päiviä varastossa”, tilausten toteutuminen, läpimenoaika, asiakkaiden palaaminen ja joista viimeisintä, toimittajakustannuksia, käytti vain 48% vastaajista. (Waters, 2009, 450)

Varastonhallinnan suosituskvyn arvioinnin kaksi tärkeintä kriteeriä ovat:

- 1) saavutettu palveluaste
- 2) tähän palveluasteeseen vaadittujen varastoinvestointien määrä. Fogarty et al. (1991, 165)

Palveluastetta voidaan mitata usealla eri tavalla, mutta eniten kirjallisuudessa esiintyvä tapa on määrittää, että:

palveluaste **S** =

todennäköisyys, että varastossa ei ole puutteita valitulla ajanjaksolla (1)

Ongelmana tässä määritelmässä on, että se ei ota huomioon eräkokoja. Monimutkaisempia, mutta parempia keinoja on palveluasteen määrittämiseen on kuitenkin olemassa. Joissain tapauksissa palveluaste on järkevämpi määrittäminen esimerkiksi siten, että asiakkaan odotusaika on maksimissaan n päivää. (Axsäter, 2006, 94-95)

Vaihtoehto palveluasteelle on määrittää **puutekustannukset**. Niiden arviointi voidaan kuitenkin käytännössä kokea hankalaksi, mutta ne helpottavat optimaalisen palveluasteen löytämisessä, koska puute- ja varastonpitokustannukset voidaan näin ollen tasapainottaa. (Axsäter, 2006, 95-96)

Varastoinvestointien absoluuttista määrää kuvaa keskimääräinen varastoon sitoutunut pääoma:

Varastoon keskimäärin sitoutunut pääoma =

$$\sum \frac{\text{varaston minimitaso} + \text{maksimitaso}}{2} * \text{yksikön arvo} \quad (2)$$

(Waters, 2009, 447)

Varaston riitolla voidaan kuvata, kuinka pitkään nykyiset varastot riittävät:

$$\text{varaston riitto} = \frac{\text{keskimääräinen varaston kokonaisarvo}}{\text{keskimääräinen kulutus ajanjaksolla}} \quad (3)$$

(Waters, 2009, 447)

Varaston riitto voidaan laskea tarpeen mukaan päivissä, viikoissa tai kuukausissa.

Varaston kiertonopeus kuvaa, kuinka nopeasti materiaali liikkuu:

$$\text{varaston kiertonopeus} = \frac{\text{vuotuinen kulutus}}{\text{keskimääräinen varaston kokonaisarvo}} \quad (4)$$

(Waters, 2009, 447)

Kiertonopeuden kaavasta 4 saatava luku kertoo, kuinka monta kertaa varasto ”pyörähtää” vuodessa. Esimerkiksi kiertonopeus 12 tarkoittaa, että varasto ”vaihtuu” kuukauden välein. Kuten kaavasta 4 voidaan nähdä, kiertonopeutta on mahdollista kasvattaa lisäämällä vuotuista kulutusta suhteessa keskimääräiseen varastoon. Keskimääräistä varaston kokonaisarvoa voidaan laskea esimerkiksi pienentämällä varmuusvarastoja ja tilauseräkojoja. Kiertonopeuden tavoitetasojen määrittäminen ei kuitenkaan ole yksiselitteistä, koska kyse on tasapainottelusta eri tekijöiden välillä. Alla taulukosta 1 käy ilmi kuinka paljon keskimääräiset varastojen

kiertonopeudet vaihtelevat eri toimialojen välillä. Tämän työn kohdeyritys kuuluu toimialakategoriaan ”Consumer (non-durables)”.

Taulukko 1. Varaston keskimääräisiä kiertonopeuksia eri toimialoilla (Lee et al., 2015, 39).

Toimiala	Yritysten n	Havaintojen n	Varaston kiertonopeus
Consumer (non-durables)	465	3067	7,31
Consumer (durables)	363	2924	5,8
Manufacturing	2065	17265	5,31
Energy	144	1217	11,91
HiTech	2115	16567	4,74
Shops	269	1303	8,27
Healthcare	1152	7563	3,72
Others	122	734	14,72
All industries	6695	50640	5,41

2.4 Varastoinnin kustannukset

Varastoinnin kustannukset ovat tärkeitä ottaa huomioon kolmesta eri syystä: ne muodostavat merkittävän osan logistiikan kokonaiskustannuksista monissa yrityksissä, varastotasot toimitusketjun eri osissa vaikuttavat saavutettavaan palvelutasoon ja kustannusten trade-off –päätökset sekä riippuvat että vaikuttavat varastonpitokustannuksiin (Coyle et al., 1996, 169). Varastojen osuus tuotantoyrityksen varallisuudesta voi nousta yli 20 prosenttiin ja jälleenmyyjien sekä tukkukauppioiden osalta yli 50 prosenttiin (Lambert & Stock, 1992, 359) ja näin ollen niiden tehokas hallinnointi on erittäin tärkeää.

Varastonpidon kustannukset koostuvat pääomakustannuksista, varastotilan kustannuksista, varaston palveluiden kustannuksista sekä varaston riskikustannuksista (Coyle et al., 1996, 169-170). Pääomakustannukset ovat oikeastaan sitoutuneen pääoman vaihtoehtokustannuksia eli sen suuruus määräytyy vaihtoehtoisten sijoitus- tai investointikohteiden arvioidusta tuotosta (Dobler & Burt, 1996, 524).

Varastotilan kustannuksiksi lasketaan tavaroiden liikuttelun aiheuttamat kulut, vuokra, lämmitys ja valaistus. Varaston palveluiden kustannukset tarkoittavat vakuutuksia ja veroja, jotka voivat vaihdella hyvinkin paljon varastoitavien yksiköiden luonteen mukaan. Varaston riskikustannukset syntyvät esimerkiksi valuuttakurssien vaihteluista, muodin muutoksista ja yksiköiden vanhenemisesta tai pilaantumisesta. Myös tuotteille aiheutuvat vahingot ja varkaudet tulee ottaa huomioon, kun riskikustannuksia lasketaan. (Coyle et al., 1996, 170)

Doblerin & Burtin (1996, 517;524) mukaan varastonpitokustannukset vaihtelevat 20-40% välillä varaston keskimääräisestä arvosta tyypillisessä tuotantoyrityksessä, mitä havainnollistetaan alla taulukossa 2.

Taulukko 2. Varastonpitokustannusten komponentit (Dobler & Burt, 1996, 524).

Pääomakustannukset	12-20%
Vakuutuskustannukset	2-4%
Kiinteistön verot	1-3%
Varaston kustannukset	1-3%
Vanhentuminen ja pilaantuminen	4-10%
Kokonaiskustannukset	20-40%

Kun varastonpitokustannus-% on arvioitu, voidaan vuotuiset kustannukset laskea seuraavalla kaavalla:

$$CC = \frac{Q}{2} * C * I \quad (5)$$

missä CC = nimikkeen varastonpitokustannukset vuodessa

Q = nimikkeen tilaus-/toimitusmäärä yksiköissä

C = nimikkeen yksikköhinta

I = nimikkeen varastonpitokustannus-%

(Dobler & Burt, 1996, 525)

Kaava 5 ei kuitenkaan ota huomioon mahdollista varmuusvarastoa – jos sellainen on, lisätään se tekijään $Q/2$.

Varastonpitokustannusten lisäksi tilaus- ja asetuskustannukset voivat olla oleellinen osa varastoinnin kokonaiskustannuksia. Tilauskustannuksissa voi olla sekä kiinteitä että muuttuvia kustannuskomponentteja: kiinteitä ovat muun muassa informaatiojärjestelmät ja tietyt tilat. Muuttuvia kustannuksia puolestaan aiheuttaa esimerkiksi varastosaldon tarkastamisesta, tilausten ja niiden vastaanottamisen valmistelusta sekä maksusuorituksen prosessista. Asetuskustannuksia taas syntyy, kun tuotantolinjaan tehdään muutoksia. (Coyle et al., 1996, 173)

Vuosittaiset tilauskustannukset saadaan kaavalla:

$$AC = \frac{U}{Q} * A \quad (6)$$

missä AC = nimikkeen tilauskustannukset vuodessa

U = nimikkeen odotettu vuosikäyttö yksiköissä

Q = nimikkeen tilaus/toimitusmäärä yksiköissä

A = nimikkeen hankintakustannus tilausta tai toimitusta kohden

(Dobler & Burt, 1996, 527)

2.5 Varastonohjauksen peruskysymykset

Varastonohjausta suoritetaan järjestelmän kautta, joka koostuu erilaisista menettelytavoista. Tämä järjestelmä sisältää siis säännöt ja ohjeet päätösten tekoon eri tilanteissa ja se voi joko toimia automaattisesti tai tuottaa tiedot ihmiselle päätöksentekoa varten. Ennen kuin päätöksentekijä voi tehdä rationaalisia päätöksiä varastonohjauksen suhteen, on varastoinnin rajoitukset,

mittakaavat ja sisällöt määritettävä. Mikään tietty varastonohjausmenetelmä, päätöksenteon säännöstö tai hallintajärjestelmä ei ole soveltuva jokaiseen tilanteeseen tai paikkaan edes saman yrityksen sisällä. Tämä johtuu muun muassa kysynnän luonteen, läpimenoaikojen, toimitusten vaatimusten sekä useiden kustannustekijöiden eroavaisuuksista. (Fogarty et al., 1991, 157-158)

Peruskysymykset, jotka määrittävät varastonohjauspolitiikat, voidaan jakaa seuraavalla tavalla:

- 1) mitä nimikkeitä tulisi varastoida
- 2) missä nimikkeet tulisi varastoida
- 3) kuinka paljon tulisi tilata
- 4) milloin tulisi tilata? (Muckstadt & Sapra, 2010, 5)

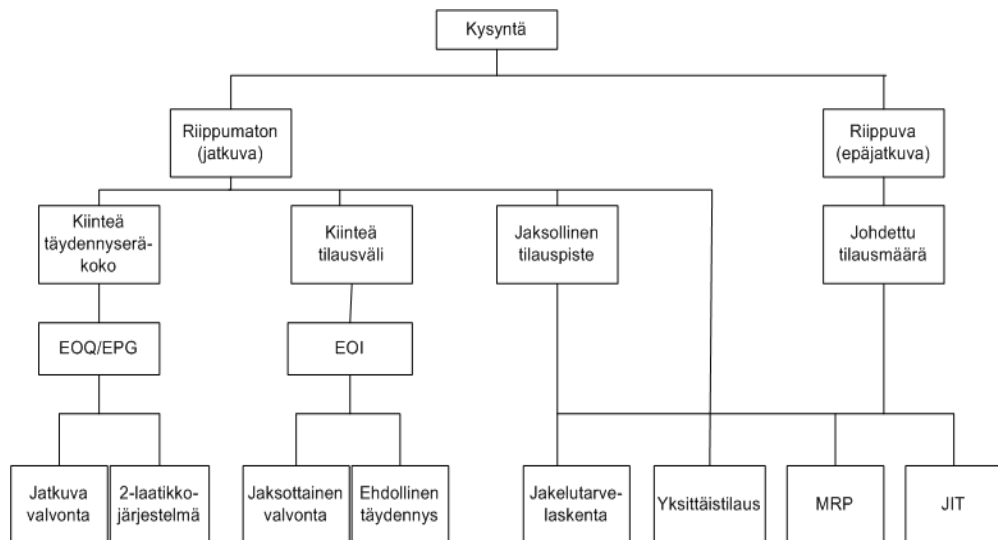
Kysymykseen 3 ratkaisu voi olla esimerkiksi jokin seuraavista:

- nimikkeelle sopiva taloudellinen vakioerä
- täydennys ennalta määrättyyn tasoon
- ennustetun tarpeen mukainen määrä
- kuljetustaloudellinen erä (esim. täyskuorma).

Kysymys 4 koskee tilauksen ajankohdan määrittämistä ja ratkaisut voidaan löytää:

- tilauspisteen perusteella
- säännöllisin tilausvälein
- ajoitetun tarpeen/riittoennusteen perusteella.

Alla kuvassa 3 esitetään kaavio, jonka perusteella nimikkeelle voidaan löytää sopiva varastointijärjestelmä. Kysyntä voidaan jaotella ensinnäkin riippumattomaan ja riippuvaan, josta jälkimmäinen tarkoittaa, että kysyntä riippuu toisten yksiköiden kysynnästä ollen epäjatkovaa ja edellinen tarkoittaa, että kysynnän katsotaan olevan itsenäistä. Esimerkiksi tuotantoyrityksessä suoritettavat tarkasti määritetyt työerät aiheuttavat nimikkeille riippuvaa kysyntää, joista päästään johdettuihin tilausmääriin.



Kuva 3. Kysyntään perustuvat varastointijärjestelmät (Tersine, 1988, 503).

Lisäksi olennainen kysymys on varastotasojen seurannan politiikka - varastoja voidaan seurata joko jatkuvasti tai jaksoittain. Jatkuvan seurannan etuna on, että kysynnän vaihtelun riskit koskevat läpimenoajan ajanjaksoa L , kun taas jaksoittaisessa seurannassa riski koskee ajanjaksoa $T+L$, missä T on tarkistusten välinen aika, joka voi olla päivä tai viikko. Näin ollen jatkuvan seurannan alla varmuusvarastot voidaan pitää matalampina. (Axsäter, 2006, 47, 109)

Jaksoittaisen seurannan edut tulevat erityisesti esiin kun pyritään koordinoimaan tilauksia useille nimikkeille samanaikaisesti ja sen kustannukset ovat jatkuvaa seurantaan alemmat etenkin korkean kysynnän nimikkeiden tapauksessa. Matalan kysynnän nimikkeille jatkuva seuranta on täten suositeltava, mutta näiden menetelmien erojen suuruus riippuu tietenkin tarkistusten välisen ajanjakson T suuruudesta. (Axsäter, 2006, 47)

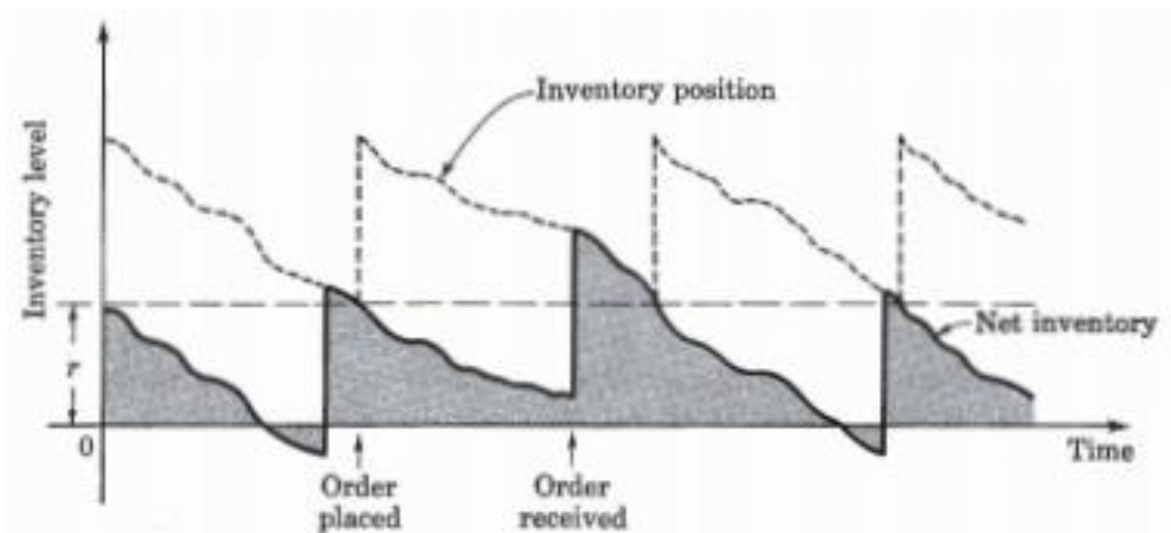
Kaksi keskeisintä syytä tilausten keskinäiseen koordinointiin ovat ajallinen hajauttaminen, jotta tuotantokuormitus pysyy tasaisena ja toinen täysin päinvastainen eli ajallinen keskittäminen. Keskittämiselle edullisia tilanteita ovat esimerkiksi hinta-alennusten saaminen toimittajalta tietyn määrän ylittyttyä, kuljetuskustannusten aleneminen tilaamalla täyskuormallinen tai asetuskustannusten aleneminen kun samankaltaisia tuotteita valmistetaan ”yhdessä” tietyllä laitteella. Keskitettäessä on yleistä käyttää syklisiä aikatauja ja erityisesti niin kutsuttuja ”powers-of-two” –politiikkoja. (Axsäter, 2006, 149)

2.6 Tilauspistemenetelmät

2.6.1 Tavallinen tilauspistemenetelmä

(Eräkoko)-tilauspistemenetelmiä ilmaistaan usein (Q, r) -malleina. Eräkoko Q oletetaan näissä vakioksi riippumatta siitä, milloin tilaus tehdään. Tilauksen ajoitus riippuu nimikkeen kysynnästä ja oikean ajoitus vaatii tietoa kahdesta tekijästä. Ensinnäkin tulee tietää oma varastotaso, tilauksessa olevat nimikkeet sekä tarpeen mukaan voimassa olevat jälkitilaukset tai -toimitukset. Toiseksi tulee mahdollisesti huomioida milloin edellinen kysyntä tapahtui. (Muckstadt & Sapro, 2010, 237-238)

Kuvassa 4 esitetään kuinka varastotasot käyttäytyvät tilauspistemenetelmässä. Tilaus tapahtuu varastotason laskiessa tilauspisteeseen r tai sen alle. Varastopiste (IP, Inventory position) sisältää nykyisen varastotason summattuna tilauksessa oleviin.



Kuva 4. Varastotasot tilauspistemenetelmässä (Muckstadt & Sapro, 2010, 240).

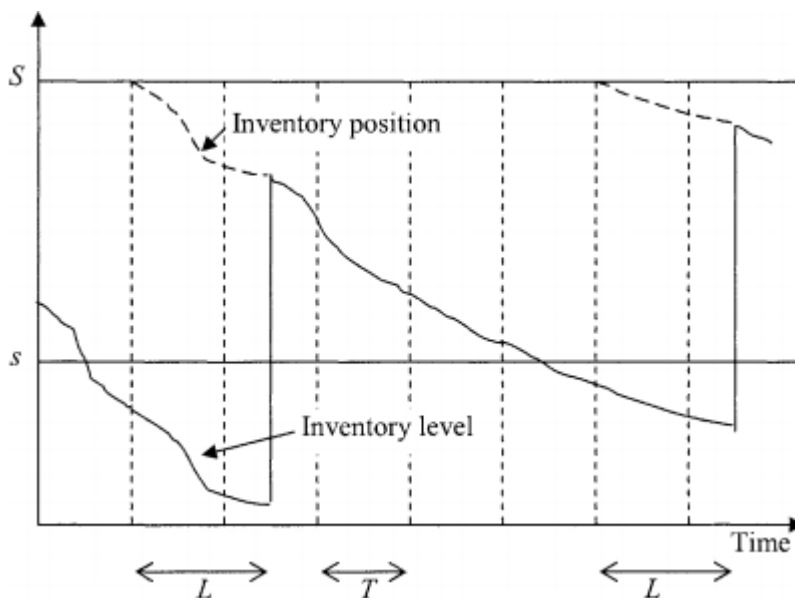
Jos kysyntä on jatkuvaa tai kohdistuu yhteen yksikköön kerrallaan päästään tilauspisteeseen aina tarkasti, jolloin IP on vakio $r+Q$. Tämä ei kuitenkaan päde

mikäli käytössä on jaksollinen tarkistus tai kysyntä tapahtuu yli yhden yksikön kerrallaan (Axsäter, 2006, 48).

2.6.2 Min-Max / (s, S)

(s, S) –malli on saman kaltainen kuin (Q, r) –malli, mutta vakioidun eräköön sijaan tässä mallissa tilataan tilauspiste saavutettaessa tai alitettaessa (**Min, s**) määritettyyn ylätasoon (**Max, S**) asti. Eroja mallien välillä ei ole, mikäli tilauspiste saavutetaan täsmällisesti, jolloin $s = r$ ja $S = r + Q$. (Axsäter, 2006, 49)

Kuvan 5 tapauksessa tilauspiste on alitettu tarkasteluhetkien välillä ja seuraavan tarkistuksen yhteydessä tilaus on tehty maksimitasoon S; todellisuudessa varastotaso ei kuitenkaan koskaan saavuta tasoa S mikäli kysyntää tapahtuu tilauksen läpimenoaikana L.



Kuva 5. Varastotasot Min-max / (s, S) –mallissa (Axsäter, 2006, 50).

Axsäterin (2006, 49) mukaan "single echelon" -malleissa (s, S) –mallin voidaan osoittaa olevan taloudellisin hyvinkin yleistettyjen oletusten vallitessa, mutta erot (Q, r) –malleihin ovat hyvin pienet ja monesti jälkimmäisen käyttö on helpompaa.

2.6.3 EOQ

EOQ (Economic Order Quantity) on sellainen tilauserä koko, joka minimoi yksikön varastoinnista ja tilaamisesta muodostuvat kokonaiskustannukset (Dobler & Burt, 1996, 528). Malli on kehitetty 1900-luvun alkupuolella ja on edelleen monesti paras tapa hallita varastoja riippumattoman ja jatkuvan kysynnän tapauksissa (Waters, 2009, 345). EOQ:ta on kuitenkin kritisoitu paljon, mutta suuri osa tästä kritiikistä selittyy sillä, että EOQ:ta on sovellettu väärin, eli tilanteisiin, joihin se ei sovi (Baily et al. 1998, 110).

Klassinen EOQ –malli pohjautuu seuraaviin lähtöoletuksiin:

- Kysyntä on tiedossa ja vakio.
- Läpimenoaika on tiedetty ja vakio.
- Koko toimitus tulee varastoon kerralla.
- Varaston puutetilanteita ei synny.
- Kustannusrakenne on kiinteä; varastonpitokustannukset ovat lineaarisessa suhteessa varaston keskimääräiseen arvoon, eikä paljousalennuksia saada
- Pääoman tai tilan suhteen ei ole rajoituksia.
- Eri yksiköiden tilauksia ja toimituksia ei voi yhdistellä. (Tersine, 1988, 94)

Klassisen EOQ:n oletukset ovat varsin tiukkoja, eivätkä oikeastaan voi täysin päteä tosielämässä. Tämä ei kuitenkaan estä sen käyttöä - Coyle et al. (1996, 196) perustelevat yksinkertaisen EOQ:n käyttöä kolmella tavalla: joissakin tapauksissa kysynnän varianssi on niin pientä, ettei mallin monimutkaistaminen ole sen arvoista, toisekseen yritykset, jotka vasta ottavat käyttöön jotakin varastonohjausjärjestelmää huomaavat EOQ:n sopivaksi, sillä heillä on käytössään vielä varsin rajallinen määrä dataa ja kolmantena syynä on EOQ:n epäherkkyys liittyen sen muuttujien muutoksiin.

Yksittäisen tuotteen taloudellinen tilauseräkkö EOQ saadaan kaavalla:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot C \cdot R}{P \cdot F}} \quad (7)$$

missä Q = taloudellinen tilauseräkkö EOQ

C = tilauskustannus per tilaus

R = yksikön/tuotteen vuosikysyntä

P = yksikön/tuotteen hinta

F = vuosittainen varastonpitokustannus-% yksikölle/tuotteelle

(Tersine, 1988, 93)

Kun tilauseräkkö Q on tiedossa, voidaan kokonaiskustannukset yksikölle laskea summaamalla ostokustannukset, tilauskustannukset ja varastonpitokustannukset:

$$TC = R \cdot P + \frac{R \cdot C}{Q} + \frac{Q \cdot H}{2} \quad (8)$$

missä TC = kokonaiskustannukset vuodessa

R = yksikön/tuotteen vuosikysyntä

P = yksikön/tuotteen hinta

C = tilauskustannus per tilaus

Q = tilauseräkkö

$H = P \cdot F$, varastonpitokustannus per yksikkö/tuote per vuosi

(Tersine, 1988, 91-93)

2.7 Tilausvälimenetelmät

Sen lisäksi, että matemaattisesti tilausvälin **T** käyttäminen päättävänä muuttujana on helpompaa kuin tilausmäärän **Q**, tilausvälimenetelmien käytön hyödyt ja motivaatio seuraavat tuotantojärjestelmistä, joissa on luonnollista ajatella tuotettavan kerran suunnitteluperiodilla (esimerkiksi vuoro, viikko tai kuukausi). Mikäli tilausmäärää **Q** käytetään päätöksenteossa voi laskennallinen tilausväli olla mikä tahansa hankalasti reaali maailmassa toteutettava luku (esimerkiksi 2,35 viikkoa tai 9,8 päivää, jotka käytännössä pyöristetään sopiviksi. (Muckstadt & Sapro, 2010, 47-48) Esimerkiksi edellisessä kappaleessa esitetystä EOQ:sta voidaan johtaa taloudellinen tilausväli EOI.

Tilausvälin lisäksi tulee päättää varastolle maksimitaso **E**, johon varastot täydennetään. Mikäli kysyntä on ja oletetaan vakioksi, ovat ainoat päätettävät muuttujat siis tilausväli **T** ja varaston maksimitaso **E**. Kokonaiskustannukset minimoiva tilausväli voidaan laskea EOI:n avulla, josta voidaan myös johtaa maksimitaso **E**. (Tersine, 1988, 135-138)

3 MATERIAALITARVELASKENTA, TOIMINNAN- JA TUOTANNONOHJAUS

3.1 Materiaalitarvelaskenta

Kirjallisuudessa akronyyymi MRP voi tarkoittaa joko materiaalitarvelaskentaa (Material Requirements Planning, MRPI) tai tuotannon resurssisuunnittelua (Manufacturing Resource Planning, MRPII). MRPII on laajennettu ottamaan huomioon muun muassa taloudellisia ja markkinoinnin näkökulmia, mutta ydin on MRPI:n kanssa sama. Lisäksi toiminnanohjausjärjestelmät (Enterprise Resource Planning, ERP) käyttävät samaa MRPI:n vapautuslogiikkaa. (Benton & Shin, 1998, 412; Lambert & Stock, 1992, 474; Koh & Saad, 2003, 157). Tässä työssä puhuttaessa MRP:stä tarkoitetaan MRPI:tä.

MRP on teollisuudessa laajalti käytetty työkalu tuotannon suunnitteluun sekä materiaalihallintaan ollen tehokas apuväline päätöksenteossa (Louly & Dolgui, 2011, 76). MRP on suunniteltu antamaan vastaus siihen, kuinka oikeat komponentit tai nimikkeet saadaan oikeaan aikaan ja oikeassa määrin ennalta määritettyyn tarpeeseen. Jotta nämä tarpeet voidaan laskea, pohjautuu MRP seuraaviin oletuksiin: tuotetyypit ovat kiinteitä ja määritetty tuoteluettelossa (Bill Of Materials, BOM) sekä näiden läpimenoajat ovat vakioita koko suunnitteluhorisontilla. (Ioannou & Dimitriou, 2012, 551)

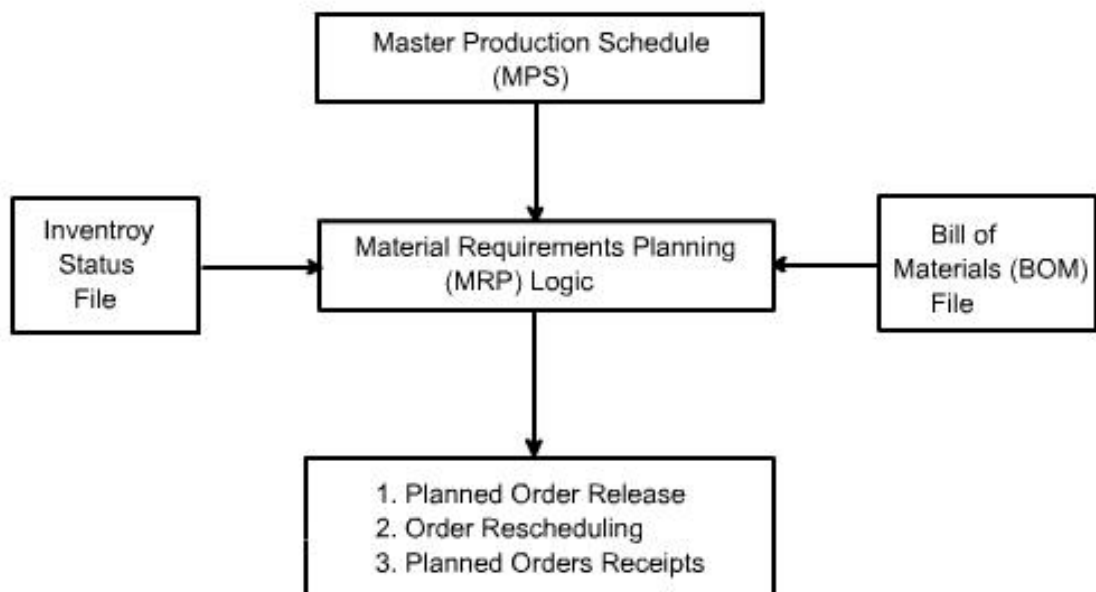
Lambert & Stock (1992, 473) erottelevat MRP:lle sopivat lähtökohdat seuraavalla tavalla:

- Kun materiaalin käyttö tai kysyntä on epäjatkuvaa tai hyvin epävakaata yrityksen normaalissa toimintasyklissä.
- Kun materiaalin kysyntä on suoraan riippuvainen toisen varastoyksikön tai lopputuotteen kysynnästä.
- Kun yrityksen hankinta- ja tuotanto-osasto sekä toimittajat pystyvät tekemään ja käsittelemään tilauksia viikoittain.

Deterministisessä ympäristöissä ilman rajoitteita ja ”lot for lot” –politiikalla nimikkeet toimitetaan juuri oikeaan aikaan (JIT). Käytännössä toiminta pitää kuitenkin sisällään paljon epävarmuustekijöitä, joten varaston puutetilanteet ovat todennäköisiä ja erilaiset kustannukset sekä rajoitukset myös tekevät ”lot for lot” –politiikasta heikosti toimivan. Nämä voidaan kuitenkin ottaa huomioon MRP:ssä ja sen parametrien sovittaminen todelliseen maailmaan onkin yksi tärkeimmistä tehtävistä. (Louly & Dolgui, 2011, 76)

3.1.1 MRP:n kokonaiskuva

Kuvassa 6 esitetään MRP:n toimintaperiaate. Olennaisessa osassa ovat seuraavissa kappaleissa käsiteltävä tuotannon pääaikataulu MPS, nimikkeiden varastotiedot (inventory status file) ja valmistettavien nimikkeiden nimikeluettelot (bill of materials, BOM), joista voidaan laskea materiaalitardeet. Näiden tietojen perusteella voidaan suunnitella tulevien tilausten ja toimitusten aikataulut.



Kuva 6. MRP:n toimintalogiikka (mukailtu: Vrat, 2014, 157)

3.1.2 Master Production Schedule

Tuotannon pääaikataulu (Master Production Schedule, MPS) on tuotanto-ohjelma, joka aikatauluttaa milloin lopputuotteiden tulee olla valmiita ja kuinka paljon kutakin valmistetaan kullakin periodilla (Baily et al., 1998, 115; Waters, 2009, 274). MPS on olennainen tekijä, kun pyritään pitämään palvelutasot korkealla sekä stabiloimaan tuotannon suunnittelua MRP-ympäristössä. (Tang & Grubbström, 2002, 323).

Ongelmallista on MPS:n suunnittelun jaksotus, usein tehdyt muutokset (ilmiöstä käytetään nimityksiä ”aikataulun epävakaus” ja ”MRP:n hermostuneisuus” (Xie et al., 2003, 65)) vähentävät tuottavuutta, mutta pitkälle ajanjaksolle jäädytetty MPS tuottaa tai voi tuottaa alhaista palvelutasoa ja varastoinnin osalta epäedullisia tilanteita (Tang & Grubbström, 2002, 323). Näin ollen MPS:n laatu vaikuttaa huomattavasti yrityksen kokonaiskustannuksiin, toiminnan stabiiliuteen sekä varastojen palvelutason (Zhao et al., 2001, 45).

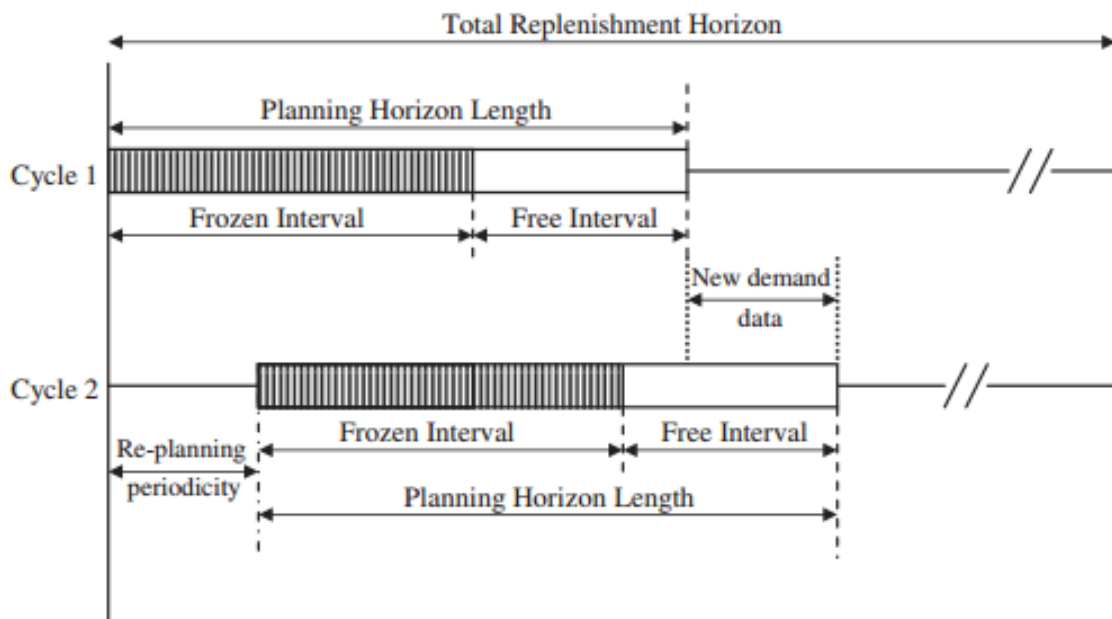
Muutostarpeet MPS:ään johtuvat yleensä muutoksista operatiivisissa olosuhteissa. Muutoksien syyt voidaan eritellä kahdeksi: suunnitteluajanjakson pidentämisestä johtuva ”rullaus-efekti” sekä kysynnän epävarmuudesta seuraavat tarpeet tehdä muutoksia uuden tiedon perusteella (Tang & Grubbström, 2002, 323). Kadipasaoglu & Sridharan (1995, 194) lisäävät, että myös epävarmuudet tarjontapuolella esimerkiksi toimitusaikojen vaihteluissa, ennalta-arvaamattomat hävikit ja konerikot voivat usein vaatia MPS:n muutoksia.

On olemassa useita eri lähestymistapoja ”hermostuneisuuden” hallintaan:

- 1) Ennustetaan suunnitteluhorisontin yli, jotta voidaan tasoittaa mahdollisia virheitä valitussa horisontin pituudessa. Tämän tehokkuus riippuu ennusteiden paikkansa pitävyydestä sekä kysynnän varianssista.
- 2) Sisällytetään muutosten kustannukset täydennysprosessiin, mikä tuo tasapainoa – muutokset sallitaan kunhan ne ovat taloudellisesti perusteltavissa. Vaikeutena tässä menetelmässä on arvioida muutosten taloudelliset vaikutukset oikein.

- 3) MPS:n osan jäädyttäminen: tehokas tapa lisätä stabiiliutta, mutta kustannuksiin vaikuttavat tekijät ovat moninaisia.
- 4) Lopputuotteiden varmuusvarastointi voi vähentää hermostuneisuuden siirtymistä niin kutsutuille alemmille tasoille, mutta vaikeutena on löytää tasapaino kustannustekijöiden kanssa. (Kadipasaoglu & Sridharan, 1995, 194-195)

Alla kuvassa 7 esitetään graafisesti rullaavan horisontin idea. Lin & Ierapetritoun (2010, 5887) ja Vargasin (2011, 296) mukaan rullaavan horisontin –metodi on usein käytetty menetelmä tuotannon suunnittelun ja aikatauluttamiseen.



Kuva 7. Rullaavan horisontin suunnittelu ympäristö (Narayanan & Robinson, 2010, 86).

Narayanan & Robinsonin (2010, 85) mukaan rullaavan horisontin käytön tehokkuuteen voivat vaikuttaa kuvassa 7 esitetyt jäädytetty sekä suunnitteluhorisontin intervalli, uudelleensuunnittelun jaksollisuus, varastojen täydennystapojen valinnat, kuten myös kustannus- ja kysyntätekijät, jotka määrittävät suunnitteluun vaikuttavaa ympäristöä. Tyypillinen käytännön jaottelu

on, että suunnitteluhorisontti on keskimäärin 40 viikkoa, joista usein 4 viikkoa toteutetaan ja tuotanto suunnitellaan taas uudelleen (Vargas & Metters, 2011, 296).

3.1.3 Bill of materials

Yksinkertaisimmillaan nimikeluettelo (Bill of Materials, BOM) kertoo kunkin valmistettavan tuotteen tarvitsemat materiaalit. (Waters, 2009, 274). Se ottaa tai sen tulee ottaa huomioon kaikki osittain kootut puolivalmisteet, välituotteet, osat ja raaka-materiaalit. Huomioon voidaan ottaa myös muun muassa pakkaukset, tulostetut ohjekirjat ja poistettavat työkalut (Stonebraker, 1996, 252). Varastotiedot taas kertovat käytettävissä olevien materiaalien määrän, josta voidaan johtaa tilaustarpeet (Waters, 2009, 274) sekä jo tilauksessa olevat materiaalit että komponenttien ja valmiiden lopputuotteiden eräpäivät (Lambert & Stock, 1992, 474).

BOM eritellään menetelmällä, jota kutsutaan räjäyttämiseksi: MRP:n lähtöpiste on tuotantosuunnitelma, josta käy ilmi mitä määriä ja milloin lopputuotteet suunnitellaan valmistettavaksi ja varastoitavaksi tai toimitettavaksi asiakkaille – tästä suunnitelmasta materiaali- ja tarpeet ”räjäytetään” alla oleville tasoille (Jonsson, 2008, 277). Kyseessä on siis takaperin kulkeva aikataulusprosessi. Kun BOM on käyty läpi, voidaan muodostaa suunniteltu tilausten vapautus (planned order release, POR) koko tuotteelle. Jos tuotetaan useampia tuotteita, toistetaan sama proseduuri kunnes kaikki tarpeet saadaan laskettua yhteen (Koh, 2004, 219).

3.2 Toiminnan-, tuotannon- ja materiaaliennohjaus

Toiminnanohjaus tarkoittaa yrityksen tilaus-toimitusketjun toimintojen ja tehtävien suunnittelua ja hallintaa. Käsitettä toiminnanohjaus käytetään yleisesti nykyään tuotannonohjauksen sijaan, ”koska yrityksen toiminnan hallinta edellyttää tuotannon lisäksi muidenkin toimintojen, kuten myynnin, jakelun, tuotesuunnittelun ja hankintojen ohjausta”. (Haverila et al. 2009, 397) Toiminnanohjaus omaa siis käsitettä tuotannonohjaus laajemman näkökulman.

3.2.1 Toiminnan- ja tuotannonohjauksen tavoitteet

Toiminnanohjauksen tehtävänä on toteuttaa seuraavat tavoitteet: kustannusten minimointi, hyvä aikakilpailukyky, hyvä laatu sekä joustavuus. Nämä tavoitteet voidaan tarkemmin määritellä seuraavasti:

- Kapasiteetin korkea tuottavuus. Tuotantolaitteiden, koneiden ja tilojen sitoma pääoma tuottaa sitä paremmin, mitä suurempaa tuotanto on eli tulee pyrkiä resurssien tehokkaaseen käyttöön.
- Vaihto-omaisuuden minimointi. Toimintaa on ohjattava niin, että raaka-aineisiin, keskenäiseen työhön ja lopputuotevarastoihin sitoutuu mahdollisimman vähän pääomaa.
- Toimitusvarmuus.
- Lyhyt läpimenoaika. Lyhyt läpimenoaika vähentää keskeneräiseen tuotantoon sitoutunutta pääomaa, kehittää toimitusvarmuutta ja laatua sekä helpottaa kapasiteetin suunnittelua. (Haverila et al. 2009. 402)

Nämä tavoitteet ovat kuitenkin tuotannonohjauksen kannalta ristiriitaisia: korkea toimitusvarmuus edellyttää varastointia sekä valmiutta tehdä pieniä tuotantoeriä joustavasti. Kapasiteetin korkeaa kuormitusastetta tavoitellaan usein pitkillä vakiotuotteiden sarjoilla, mutta tämä taas edellyttää suuria varastoja ja tuotteiden tasaista kysyntää. Vaihto-omaisuuden minimointi puolestaan edellyttää

lopputuote- ja raaka-ainevarastojen pientä kokoa. Keskenräiseen tuotantoon tai puolivalmisteisiin sitoutuneen pääoman pienentäminen edellyttää lyhyitä sarjoja ja puolivalmisteverastojen pienentämistä, mikä taas laskee kapasiteetin kuormitusastetta. Tehokas lääke näihin edellä mainittuihin ristiriitoihin on läpimenoaikojen lyhentäminen. (Haverila et al. 2009. 403-404)

3.3 Tuotannonohjausmuoto

”Yrityksen käyttämä tuotantomuoto määräytyy tuotteen, valmistusaloitteen ja tuotantoerän koon perusteella”, joiden pohjalta erilaisia tuotantomuotoja voidaan jaotella useampia (Haverila et al. 2009. 353-354).

Fogarty et al. (1991, 2) mukaan ”tuotteen positioinnin strategiat” eli varastoinnin kohteet voidaan jakaa seuraavasti:

- Varastoidaan lopputuotteita.
- Kootaan/kasataan tilauksesta ja varastoidaan tarvittavat tähän tarvittavat nimikkeet.
- Kustomoitu rakenne, valmistetaan tuotteet tilauksesta. Varastoidaan yleisesti käytettyjä materiaaleja.

Olenneimmat tekijät tuotantomuodon tai ”tuotteen positioinnin strategian” valinnassa ovat tuotannon läpimenoajat, asiakkaan hyväksymät toimitusajat ja kustomoinnin taso. Jos asiakas hyväksyy vain toimitusajat, jotka ovat yrityksen läpimenoaikoja lyhyemmät, on yrityksen pidettävä varastoja. Mikäli asiakas hyväksyy viivettä saadakseen tuotteen kustomoituna, on valmistajan kannattavaa olla valmistamatta varastoon. (Fogarty et al. 1991, 2)

MTS (Make-to-stock) tarkoittaa, että yritys valmistaa tuotteet varastoon ja myy ne sieltä. Tällöin toimitusten läpimenoajat saadaan lyhyimmiksi. (Arnold et al. 2008, 5) Painopiste on nopeassa toimituksessa, hyvässä laadussa ja hinnassa standardituotteilla. (Fogarty et al. 1991, 2) Tavallisesti yritykset valmistavat lopputuotteita varastoon kun:

- Kysyntä on kohtuullisen jatkuvaa/tasaista ja ennustettavaa.
- Lopputuotteiden valikoima on vähäinen.
- Markkinoiden vaatimat toimitusajat ovat huomattavasti lyhyempiä kuin tuotantoon menevä aika.
- Tuotteet säilyvät pitkään. (Arnold et al. 2008, 36)

ATO (Assemble-to-order) tarkoittaa, että lopputuote tehdään standardinimikkeistä, jotka valmistaja voi varastoida ja koota asiakastilauksen tullessa. Asiakkaan rooli rajoittuu tarvittavien komponenttien valintaan. ATO on käytössä tyypillisesti kun:

- Valikoima sisältää useita lopputuotteita.
- Asiakas ei ole valmis odottamaan, että lopputuote valmistetaan alusta loppuun.
- Esimerkkinä autojen ja tietokoneiden valmistus. (Arnold et al. 2008, 5, 39)

MTO (Make-to-order) ympäristössä valmistaja odottaa tilausta asiakkaalta ennen kuin valmistus alkaa. Tyypillisesti yritykset valmistavat tilauksesta kun:

- Lopputuotteet valmistetaan asiakkaan spesifikaatioiden mukaisesti.
- Asiakas on valmis hyväksymään pidemmät toimitusajat.
- Lopputuote on kallis valmistaa sekä varastoida.
- Valikoima sisältää useita lopputuotteita. (Arnold et al. 2008, 39)

ETO (Engineer-to-order) on kyseessä kun asiakkaan spesifikaatiot vaativat huomattavaa kustomointia tai uniikkia suunnittelua, jossa asiakas on myös vahvasti mukana. Materiaalit hankitaan normaalisti vasta tarpeeseen ja toimitusaika on luonnollisesti pitkä. Esimerkkinä sillan tilaus ja valmistus. (Arnold et al. 2008, 5, 59)

3.3.1 MTS vai MTO?

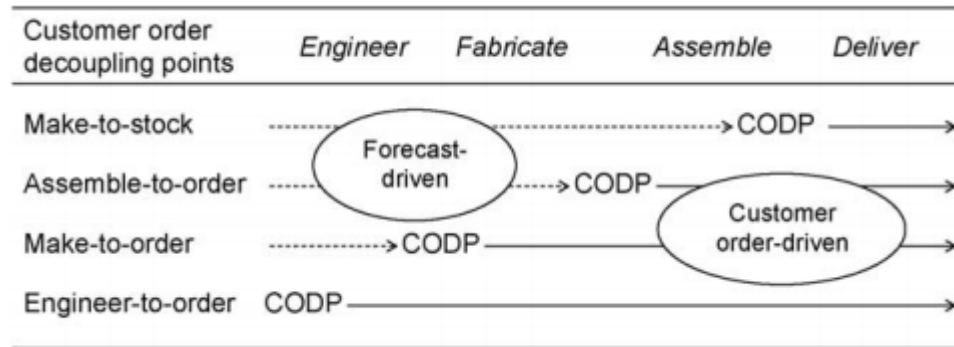
Kuten edellisessä kappaleessa käsiteltiin, MTS-järjestelmässä puoli- tai loppuvalmisteita tuotetaan varastoon kysyntäennusteiden perusteella kun taas MTO-järjestelmässä tuotanto aloitetaan tilauksen saapuessa.

Vaatimukset omata samalla sekä kattava tuotevalikoima että nopeat läpimenoajat ovat ristiriitaisia tuotantojärjestelmän kannalta. MTS-järjestelmä voi tuottaa näin ollen suuret varastot sekä niistä seuraavat korkeat kustannukset. Riskinsä tuovat myös mahdolliset kysynnän suuret vaihtelut sekä tuotteet, joilla on lyhyt säilymisaika. Mikäli kilpailuvaltina on nopea responsiivisuus, vaatii tämä lopputuotekirjon karsimista. Näin ollen tuotekirjon kasvaessa tuotanto yleensä siirtyy vähitellen MTS:stä MTO:hon. (Zaerpour et al. 2008, 186) Vaikka MTO eliminoi taloudellisia riskejä verrattain tehokkaasti, seurauksena on puolestaan usein pidemmät läpimenoajat ja suuret tilauskannat (Rafiei & Rabbani, 2011, 550).

Oikein valitussa MTS/MTO –hybridissä päästään käsiksi sekä alempiin varastoarvoihin sekä lyhyempiin läpimenoaikoihin (Hemmati & Rabbani, 2010, 801). Tämän lisäksi MTS-järjestelmään verrattuna hybridi tuottaa parempaa kustomoitavuutta, vähemmän prosessivarastoja, vähemmän tilauskannan tai menetettyjen tilausten aiheuttamia kustannuksia, matalampia varastonpitokustannuksia, parempaa joustavuutta ja niin edelleen. Hybridijärjestelmät ovatkin olleet suosittuja käytännön sovellutuksina sekä akateemisen mielenkiinnon kohteina. (Rafiei & Rabbani, 2011, 551)

Hybridijärjestelmässä valittuja puolivalmisteita pidetään tietyssä varastointipisteessä, jotta lopputuotteeksi valmistamisen kesto on juuri sopiva MTO-vaiheelle. Tätä varastointipistettä kutsutaan tilauksen kytkentäpisteeksi (Order penetration point, OPP) (Hemmati & Rabbani, 2010, 801) tai asiakastilauksen kytkentäpisteeksi (Customer order decoupling point, CODP). CODP tarkoittaa siis sitä pistettä materiaalivirroissa, jossa tuote linkittyy tiettyyn asiakastilaukseen ja jossa tuotespesifikaatiot yleensä jäädytetään ollen myös viimeinen piste, jossa varastoja pidetään (Olhager, 2010, 863). Kuvassa 8

esitetään aiemmin mainittujen tuotannonohjausmuotojen osalta CODP:ien sijainnit prosesseissa.



Kuva 8. Asiakastilauksen kytkentäpisteitä eri tuotantojärjestelmissä (Olhager, 2010, 864).

Kuvasta 8 nähdään, että esimerkiksi MTS-järjestelmässä CODP sijaitsee kokoonpanon eli lopputuotteen valmistuksen jälkeen kun taas MTO-järjestelmässä kytkentäpiste sijaitsee ennen varsinaisen tuotantoprosessin alkua. Näiden kahden järjestelmän hybridinä voidaan pitää nimenomaan ATO:ta, jossa lopullinen ”kokoonpano” suoritetaan tilauksen saavuttua. Mahdollisuudet ATO:n käyttöön ovat tietysti tapauskohtaisia, mutta hyödyt voivat olla merkittävät.

4 CASE: YRITYS

4.1 Työn tavoitteet ja metodologia

Tämän työn tavoitteena on Yrityksen hankintatoimen kokonaisvaltainen kehittäminen teoriaosiossa esitettyjen materiaalien- ja varastonhallinnan keinoin. Kehittämisen ja työn haltuunoton prosessi lähti liikkeelle perustietojen keruusta ja koostamisesta käytettävien nimikkeiden, niiden toimittajien ja menneiden toimintatapojen suhteen. Työn osaongelmiksi ja tavoitteiksi asetettiin seuraaviin kysymyksiin vastaaminen:

- Mitä toimenpiteitä vaaditaan, jotta materiaalienhallinnassa käytettävä tieto saadaan mahdollisimman reaaliaikaiseksi ja paikkansapitäväksi?
- Mitkä varastonhallinnan menetelmän soveltuvat kullekin nimikeryhmälle?
- Mitkä ovat materiaalitarvelaskennan vaatimukset ja kuinka käytännön järjestelmä rakennetaan?
- Kuinka sovittaa tilaus-toimitusprosessien aikataulut suhteessa tuotannon ja myynnin rytmeihin?
- Minkä nimikkeiden tehokkaaseen hallintaan tulee keskittyä, jotta voidaan saavuttaa suurimmat hyödyt ja säästöt?
- Mitkä ovat tärkeimmät lopputuotteet ja vaaditut toimenpiteet, jotta voidaan mahdollistaa vaaditut palveluasteet asiakkaittain?

Käytännön haasteina ensimmäisenä on varmistaa käytettävien tietojen oikeellisuus erityisesti nimikkeiden varastosaldojen osalta, minkä edellytyksenä ovat erityisesti kuukausittaisten inventaarioiden sekä työerien raporttien huolellinen tekeminen ja kirjaaminen järjestelmiin. Toinen suuri haaste ja edellytys kokonaisvaltaiseen toiminnan sujuvuuteen on lähtevän ja saapuvan materiaalin tilaus-toimitusprosessien jaksottaminen Yrityksen viikottaisiin rytmeihin soveltuvin ja optimaalisin tavoin. Kokonaisuudessaan haasteena ja tavoitteena on luoda

Yritykseen perustellut ja rytmitetty toimintatavat, joiden pohjalta hankintatoimea suoritetaan sujuvasti ja tehokkaasti.

Työssä keskitytään nimenomaan hankittavien nimikkeiden tarkasteluun ja kehittämiseen, poikkeuksena on kuitenkin valmistuotevarastolle tehty ABC-analyysi (kappale 6). Vaikka materiaalienhallinnan voidaan katsoa sisältävän myös muun muassa tuotannon sisäiset virrat, ei tätä näkökulmaa kuitenkaan käsitellä.

Kyseessä on tapaustutkimus, jossa on sekä kvalitatiivisia että osin kvantitatiivisia elementtejä. Kvalitatiiviselle tutkimukselle tyypillistä, että se on luonteeltaan kokonaisvaltaista tiedon hankintaa ja, että lähteinä suositaan ihmisiä luonnollisissa tilanteissaan. Lähtökohtana ei myöskään ole teorian tai hypoteesien testaaminen vaan painotus on aineiston monipuolisessa tarkastelussa ja pyrkimyksenä on saada tarkoituksenmukaisesti valittavien tutkittavien kohteiden näkökulmat esille. Toteutus on joustavaa ja suunnitelmat muuttuvat olosuhteiden muuttuessa, jolloin myös tutkimussuunnitelma muotoutuu jatkuvasti tutkimuksen edetessä. Lisäksi tyypillistä on tapauksien käsittely ainutlaatuisina ja aineiston tulkinta sen mukaisesti. (Hirsjärvi et al., 2004, 155).

Kvantitatiivisessa tutkimuksessa puolestaan keskeistä on muun muassa hypoteesien esittäminen, käsitteiden määrittäminen ja että kerätty havaintoaineisto soveltuu numeeriseen mittaamiseen ja päätelmät tehdään tilastolliseen analysointiin perustuen. (Hirsjärvi et al., 2004, 131).

Työssä käytettävä tieto pohjautuu Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä saatavaan dataan, toimittajien kanssa käytyyn viestien vaihtoon, Yrityksen toimitusjohtajan, controllerin ja tuotantopäällikön kanssa käytyihin vapaamuotoisiin keskusteluihin sekä omaan kokemukseen ja havainnointiin.

Yritys on kokenut tämän työn tekemisen aikana huomattavia muutoksia toiminnassaan. Raaka-aine- ja materiaalihankintoja suoritti alussa yhteensä 4 eri ihmistä varsin itsenäisesti, joten toiminta oli hyvin epäyhtenäistä, mistä seurasi useita puutetilanteita ja taloudellista epäoptimaalisuutta. Hankinnoissa käytetyt työkalut olivat alkeellisia ja käytetty tieto ajoittain hyvinkin epätodenmukaista.

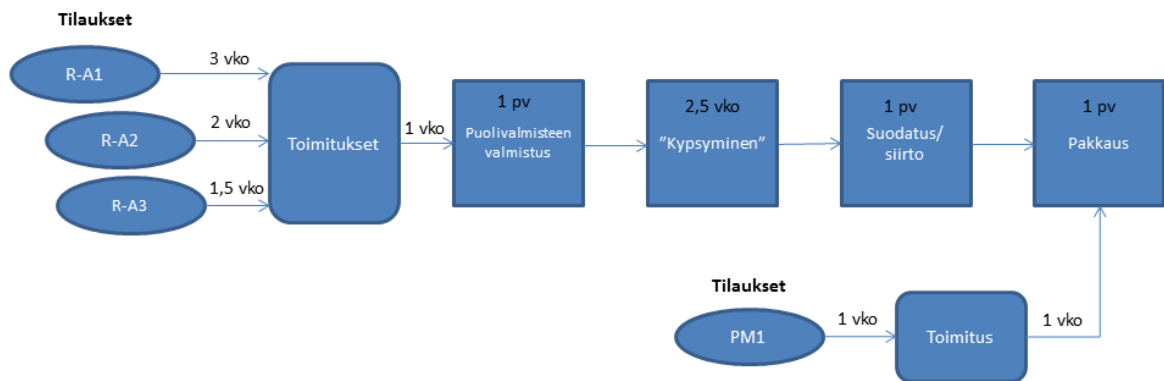
Lopputuotteiden jakelussakanavissa tehtiin merkittävä muutos vuoden 2015 alussa. Tämän ja onnistuneiden tuotelanseerausten johdosta Yrityksen myynti kasvoi merkittävästi, minkä seurauksena Yrityksen tuotantokapasiteetti loppui vuoden 2015 aikana kesken ja kysyntään ei täysin voitu vastata.

Hankintojen osalta lokakuun 2014 ja maaliskuun 2015 välisenä aikana tehtävä oli tuotannon palvelemisen ohella erityisesti minimoida sitoutunut pääoma käytännössä tarkoittaen minimaalisia tilausmääriä hyvin pienin marginaalein toimitusaikojen suhteen. Seurauksena oli joitain puutetilanteita toimitusten viivästyttä, kyvyttömyys reagoida MPS:n muutoksiin varmuusvarastojen puutteiden johdosta, suuri käytetty työaika ja monesti taloudellisesti epäoptimaaliset tilauseräkoot.

Yrityksen käyttöpääoman tiukat rajoitteet poistuivat lopputuotteiden hyvän menekin johdosta, minkä takia hankintojen tekemisen luonne myös muuttui; päätavoite oli edelleen palveluasteen maksimointi tuotannolle kaikin keinoin, mutta hankintoja kyettiin nyt suunnittelemaan ja järjeistämään muistakin näkökulmista eli kokonaisuutta paremmin katsoen.

4.2 Tuotantoprosessin kuvaus

Yrityksen tuotantoprosessi ajatellaan yleensä nelivaiheisena: ensin valmistetaan puolivalmiste, toisena vaiheena on puolivalmisteen ”kypsyttäminen”, kolmantena sen suodatus tai siirto ja viimeisenä pakkaus lopputuotteeksi – tätä havainnollistetaan alla kuvassa 9. Näistä eniten aikaa vie 2. vaihe, jonka minimikesto on 2,5 viikkoa. Noin puolet kustannuksista syntyy puolivalmisteen valmistamisessa vaadittavista raaka-aineista ja sekä työkustannuksista.



Kuva 9. Tuotantoprosessin ja keskeisten nimikkeiden läpimenoaikojen kuvaus.

Kuvassa 9 esitetään karkealla tasolla tuotantoprosessin ja hankittavien raaka-aineiden sekä materiaalien läpimenoajat. Tilattavat raaka-aineet (R-A1 ja niin edelleen) sekä pakkausmateriaalit (PM1) käsittävät vain osin ja esimerkin omaisesti tuotantoprosesseissa vaadittavia raaka-aineet ja materiaalit. Toimitukset pyritään näiden osalta kuitenkin saamaan aina tarvetta edelliselle viikolle, mistä lisää jäljempänä.

4.3 Tuotannosuunnittelu

Tuotannosuunnittelun onnistuminen on yksi tärkeimpiä edellytyksiä Yrityksen tehokkaalle toiminnalle. Tuotannon pitkän aikavälin suunnittelusta eli myyntiennusteista vastaa Yrityksen toimitusjohtaja ja lyhyemmällä aikavälillä tuotantopäällikkö.

Pitkän aikavälin suunnittelu pohjautuu tietoihin jo olemassaolevista ja ennustetuista lopputuotevalikoimista myymälöissä ja niiden peitoista sekä myymälöiden historiadataan. Tuotannosuunnittelu ja myynnin ennustaminen on erityisen vaikeaa uusien lopputuotteiden kohdalla, mutta helpottuu ajan myötä datan lisääntytyä.

Lyhyen aikavälin tuotannosuunnittelua eli tuotantokalenterin päivittämistä tehdään noin kerran viikossa ja tämä prosessi on koettu työlääksi erityisesti tiedon koostamisen takia. Tästä syystä tuotannosuunnittelua varten kehitettiin excel-

työkalu, johon syötetään tiedot Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään tilatusta kustomoidusta raportista, josta selviää valitulla ajanjaksolla ja kriteereillä lopputuotteiden myydyt määrät ja ajanjakson viimeisen päivän varastosaldo. Tämän työkalun runko on sama kuin kappaleessa 5.1 esitettävän materiaaltarvelaskurin, mutta sitä muokattiin tarvittavin osin vastaamaan tuotannonsuunnittelun ja myynnin tarpeita. Työkalu pystyy hyödyntymään joko siihen syötettyjä myyntiennusteita kullekin nimikkeelle tai haluttaessa itse ennustamaan menneen kysynnän pohjalta varastosaldojen kehitystä. Tulevat ja suunnitellut tuotannot syötetään laskuriin kuten materiaaltarvelaskurissa tulevat materiaalityömitukset, jolloin nähdään sekä menneet, nykyiset sekä ennustetut varastosaldot ja kysynät kaikille nimikkeille kootusti.

Tuotannonsuunnittelun lopputuloksena syntyvä tuotantokalenteri on ostajan tärkein dokumentti, jonka pohjalta materiaalihankinnat suunnitellaan ja suoritetaan. Se on excel-muotoinen tiedosto, jossa vaakariveillä on eriteltyä kukin säiliö, jossa puolivalmisteet ”kypsytetään” ja pystyriveillä on juoksevasti viikot, jotka on kukin jaettu kahteen osaan. Soluissa esitetään työerät eli joko puolivalmisteen tekeminen tai sen pakkaus. Tarkemmat aikataulut ja määritykset työerille löytyvät työntekijöille jaettavista työvuorolistoista.

5 MATERIAALIENHALLINTA YRITYKSESSÄ

Materiaalienhallinnan kokonaisvaltainen kehittäminen on tämän työn keskeisin aihealue. Käytännön kehittämistä on tehty tämän opinnäytetyön kirjoittamisen ohessa jatkuvasti. Jotta Yrityksen materiaalienhallinnasta voidaan saada tehokasta ja oikeellista on seuraavien edellytysten täytyminen koettu tärkeimmiksi:

- Oikeellinen ja ajantasainen tieto nimikkeiden varastosaldoista sekä kulutuksista (menneet ja tulevat).
- Tiedonkäsittely eli soveltuvat työkalut, joilla materiaalitarkpeita ja ennusteita lasketaan.
- Oikeat seuranta- ja hankintapolitiikat nimikkeillä.
- Logistinen tehokkuus.

Yllä mainituista keskitytään tässä työssä tarkastelemaan seuranta- ja hankintapolitiikkoja, materiaalitarkvelaskentaa sekä logistista tehokkuutta. Oikeellisen ja ajantasaisen tiedon vaatimat prosessit on muodostettu ostajan operatiivisen työn yhteydessä eikä näitä tässä työssä käsitellä tarkemmin, mutta tämän tiedon luominen ja käyttäminen on kuitenkin olennainen osa materiaalitarkvelaskentaa, jota käsitellään seuraavassa kappaleessa.

5.1 Materiaalitarkvelaskenta

Onnistunut materiaalitarkvelaskenta vaatii tarkat ja ajantasaiset tiedot nimikkeiden varastosaldoista, tulevista tuotantoeristä sekä niihin tarvittavista materiaaleista. Toiminnanohjausjärjestelmässä on materiaalitarkvelaskenta-moduuli, jonka käyttöä on kokeiltu excel-laskennan rinnalla. Sen käytön eduksi voidaan lukea päällekkäisen työn ja inhimillisten virheiden väheneminen, koska moduuli hakee automaattisesti varastosaldot tietokannastaan ja työerät kirjataan järjestelmään joka tapauksessa. Materiaalitarkvetiedon esittämismuotoa ei kuitenkaan koettu

käytännössä soveltuvaksi tilausten tekemistä varten. Myös tuotantokalenterin syöttäminen etukäteen seuraavan 1-2 kuukauden osalta koettiin työlääksi erityisesti tuotantokalenteriin tehtävien jatkuvien muutosten johdosta.

Tällä hetkellä materiaalarvelaskentaa varten käytetään ainoastaan excel-pohjaista työkalua, joka on käytännön työtä varten koettu huomattavasti toimivammaksi. Sen eduiksi koetaan:

- Kaikki laskennassa käytettävä tieto on nähtävillä ja tarkastettavissa/muutettavissa nopeasti.
- Varastosaldot sekä mennyt ja tuleva kulutus nähtävillä kootusti yhdestä paikasta.
- Materiaaliriitot ja –tarpeet ovat nopeasti nähtävissä ehdollisten värien avulla toteutetuista saldoista.
- Tilaustarpeiden arviointi ja tilausten koostaminen on nopeaa työkalun visuaalisten elementtien johdosta.

Koettuna heikkouksena päällimmäisenä on inhimillisten virheiden riski sekä työerien että tulevien ja saapuneiden toimitusten kirjausten yhteydessä. Tämä heikkous koskee sekä excel-työkalua että toiminnanohjausjärjestelmää: on siis ehdottoman tärkeää, että kirjaukset molempiin ovat totuudenmukaisia. Toisaalta, koska kyseessä on eräänlainen kaksoiskirjanpito, on erityisesti räikeiden kirjausvirheiden huomaaminen varsin todennäköistä.

Lopullisessa muodossaan kyseinen excel-työkalu käyttää hyväkseen toiminnanohjausjärjestelmään tilattua kustomoitua varastoraporttia, josta käy ilmi jokaisen nimikkeen osalta valitun ajanjakson tapahtumat ja varaston loppusaldo. Tämä sisältö liitetään excel-työkaluun, joka:

- Käy läpi datan ja lisää automaattisesti uudet nimikkeet laskentapohjiin.
- Korvaa työkaluun syötettyjen nimikeluetteloiden perusteella lasketut ennusteet toteutuneilla kulutuksilla.
- Ennustaa nimikkeiden kulutukset ja varaston tasot menneen tiedon perusteella haluttaessa.

Etuna aiemmin käytettyyn työkaluun verrattuna on, että varastosaldot voidaan helposti pitää luotettavasti ajantasalla ja uusien nimikkeiden lisääminen on yksinkertaista. Myös mahdollisuus nimikkeiden kulutusten ennustamiseen joko historiatietojen perusteella tai käsin ennusteita syöttämällä nähdään erittäin hyödylliseksi. Menneen tai ennustetun kysyntätiedon ja kullekin nimikkeelle syötettävän toimituksen läpimenoajan avulla voidaan helposti myös määrittää nimikkeille yksilölliset hälytysrajat. Keskeistä hälytysrajojen ja ennustamisen asettaminen on erityisesti niille nimikkeille, joiden toimitusajat ovat pitkiä. Tämä johtuu erityisesti siitä, että vaikka nämä nimikkeet ovat määritettynä työerien nimikeluetteloihin, ei tuotantokalenteria välttämättä syötetä tarpeeksi pitkältä ajanjaksolta laskuriin.

Tuotantokalenterin uusin versio lähetetään sähköpostilla sitä työssään tarvitsevilla. Ongelmana on ajoittain ollut, että uusin versio unohdetaan lähettää ja/tai muutoksista ei kerrota. Tällä hetkellä rytmiksi on muodostunut tehdä tilaukset torstaisin nimikeryhmien PM1 ja R-A2 osalta, joiden tarpeiden arvioinnin osalta ikkuna tilausrytmissä on lyhyin, joten päivitetty tuotantokalenteri tulisi olla ostajalla viimeistään torstaisin vahvistettuna käytettävissä. Tuotantokalenterin perusteella raaka-aine- ja materiaalit tarpeet lasketaan kuvassa 10 esitettävää MRP:n logiikkaa noudattaen. Kuvassa 11 puolestaan esitetään kuvankaappaus MRP-laskurin välilehdeltä, jossa nämä tiedot kootaan yhteen ja tilaukset suunnitellaan.



Kuva 10. MRP-Logiikka esimerkkityöerällä: Nimikkeen 30011 tuotanto viikolla 40: 20 000 kpl.

	48	nimike	ennusta?	n vko	D/vko	L	SS	hälytys raja	47	48	49	50	51
20061	nimike1	k	6	17	5	87	100	21	19	22	19	22	
varasto								137	118	96	77	205	
tilaus											150		
21001	nimike2	e		2819	2	5638	0	1700	0	0	2600	3000	
varasto								750	750	750	150	150	
tilaus										2000	3000		

Kuva 11. Kuvankaappaus MRP-laskurin koontivälilehdeltä.

Kuvan 11 tapauksessa määritettyinä on, että nykyinen viikko on viikko 48 ja oikealla ylhäällä esitetään viikot kolumneittain viikosta 47 alkaen. 'Nimike1':lle on asetettu ennustamisen parametri päälle ja sen kulutuksen keskiarvo otetaan 6 viikkoa ('n vko') taaksepäin viikosta 47 alkaen. Tätä ennustettua kulutusta käytetään viikon 47 jälkeisille viikoille mikäli MPS:n mukaista kulutusta ei ole tiedossa. 'D/vko' on tässä kohtaa kiinteästi määritetty kahdeksan edellisen viikon kulutuksen keskiarvo ja yhdessä läpimenoajan 'L' kanssa näistä johdetaan ohjeellinen varmuusvarasto 'SS', jota voidaan käyttää myös hälytysrajan määrittämisen apuna. Rivillä 'varasto' esitetään viikkokohtaiset varastotasot, jotka johdetaan edellisen viikon loppuvarastosta, kyseisen viikon kysynnästä sekä tulevista toimituksista.

Pakkaamisen osalta materiaalitarvelaskenta noudattaa täysin samaa logiikkaa kuin puolivalmisteiden valmistamisenkin: pakattavat määrät syötetään työkaluun perustuen tuotantokalenterissa ilmoitettuihin pakkausmääriin (ei aina tarkasti määritetty), tuotantopäällikön kanssa käytyihin keskusteluihin sekä ostajan omiin arvoihin, joiden pohjana käytetään käytettävissä olevien puolivalmisteiden määriä ja arvioita niiden hävikeistä ennen pakkausta. Eri puolivalmisteista saatavat lopputuotteiden määrät voivat vaihdella huomattavasti, mikä johtuu tunnetuista prosessien hävikeistä. Tämän huomioon ottaminen on kuitenkin MRP-työkalun avulla nykyisin entistä helpompaa, koska menneiden työerien aiheuttamat tarkat materiaalikulutukset nähdään helposti tilausten suunnitteluvaiheessa.

Pakkaamisen osalta tuotantokalenterin tulkitseminen on koettu haasteelliseksi, koska tarkemmat pakkausmäärät puolivalmisteen kullakin pakkaustyyppillä eivät ole monesti selvillä kuin vasta kuin edeltävällä viikolla. Tämän nähdään johtuvan seuraavista tekijöistä:

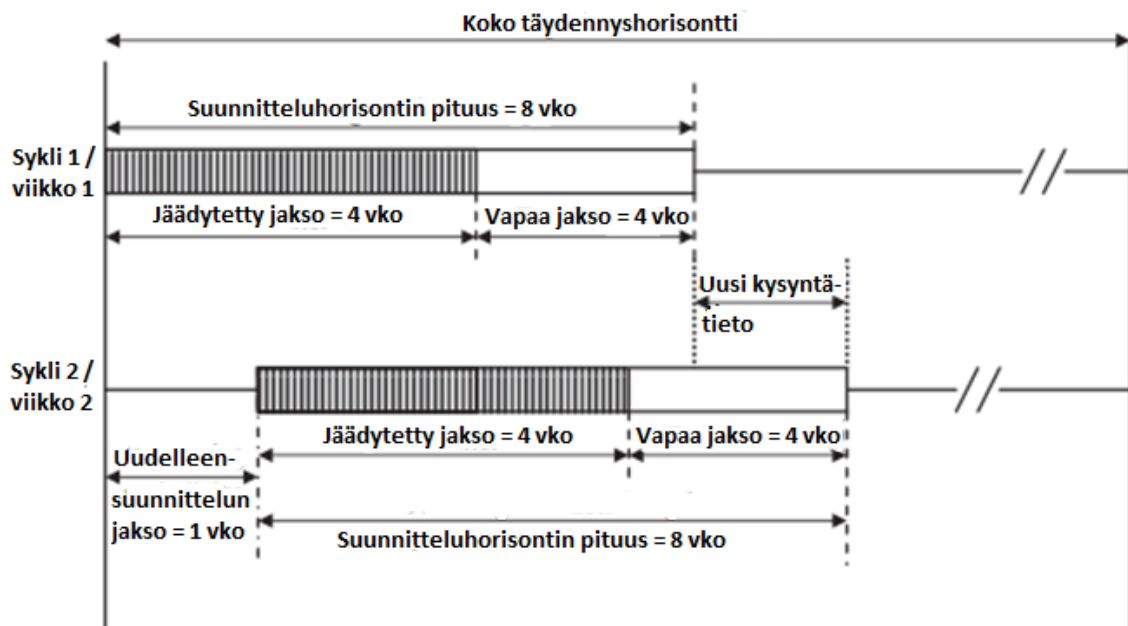
- Tuotantokalenterin suunnittelijat eivät ole ehtineet tehdä sitä tarpeeksi syvällisesti.
- Tulevat tilausmäärät eivät ole selvillä kuin toimitusta edeltävällä viikolla.

Tästä on seurannut useita läheltä-piti –tilanteita pakkausmateriaalien puutteiden osalta sekä ylimääräistä varastointia. Esimerkiksi toiseksi käytetyimmän pakkausmuodon nimikkeiden tilaamisen osalta on erittäin merkittävää onko pakattava määrä 5000 kpl vai 10 000 kpl ja koska tämä tieto täsmentyy, sillä niiden toimitusaika on tyypillisesti 2-3 viikkoa ja toimituseräkoot useiden kuukausien tarpeiden verran vieden varastotilaa huomattavasti. Tässä tapauksessa merkittävä tekijä on myös pakkausmuodon käytön epätasaisuus, eli täysi materiaali kuorma voi seisoa varastossa käyttämättömänä kuukauden ”turhaan”.

Voidaan siis todeta, että mitä pidemmällä aika välillä tuotantokalenteri on tiedossa ja lukittuna, sitä optimaalisemmin hankinnat voidaan tehdä. Kappaleessa 3.1.2 esitetyistä keinoista tuotantokalenterin hermostuneisuuden hallintaan käytetään seuraavia:

- Ennustetaan suunnitteluhorisontin yli. Tämä koskee erityisesti nimikkeitä, joilla on pitkä toimitusaika ja joita tilataan kerralla kuukauden tai useamman tarpeet. Esimerkiksi nimikeryhmät RA-1 ja PM3.
- Jäädytetään osa tuotantokalenterista. Tämän suhteen määrittävä tekijä ovat nimikkeet R-A2: tilaus tehdään viikolla n , toimitus on viikolla $n+2$ ja kulutus tapahtuu viikolla $n+3$, joten tuotantokalenterin tulee olla aina 4 viikkoa eteenpäin lukittuna siten, että tuotantoeriä ei voida lisätä.
- Varmuusvarastoidaan lopputuotteita, mikäli kapasiteetti tähän riittää ja kysyntäennusteet antavat tähän syytä. Varmuusvarastoinnin riskit ovat kuitenkin suuret lopputuotteiden myynti-ian eli vanhenemisen johdosta.

Kuvassa 12 esitetään tapa johon toiminnassa pyritään, eli tuotantokalenterin jäädytetyn jakson tulisi olla aina 4 viikon pituinen, mutta käytännössä jäädytetty horisontti ei aivan täysin ole jäädytetty – tuotantoeriä voidaan joutua myöhästyttämään esimerkiksi erilaisten laiterikkojen johdosta mikä ei kuitenkaan johda materiaali- tai raaka-ainepuutteisiin tuotannolle. Ei myöskään ole harvinaista, että esimerkiksi, kun kuvan 12 syklin loppua lähestytään, on kysyntätieto muuttunut niin, että jokin tuotantoerä tulisi korvata toisella.



Kuva 12. ”Täydennyshorisontti”.

Tarkan suunnitteluhorisontin pituus ei myöskään ole kiinteä: vaikka tuotantokalenteria on tehty esimerkiksi kolmeksi kuukaudeksi eteenpäin, ei uudelleensuunnittelun jaksolla ole tietoja päivitetty välttämättä kuin muutamaa viikkoa jäädytetyn jakson ulkopuolelle. Mitä parempaa ja ajantasaisempaa tieto kuitenkin on pitkälle jäädytetyn ja vapaan jakson yli, sitä paremmin sen tiedon pohjalta koostetut pitkän ajanjakson tarpeita koskevat tilaukset vastaavat kysyntään eikä täydennystilauksia ja turhaa varastointia tarvitse tehdä.

5.2 Logistiikka ja sen muutokset

Vuoden 2015 alkupuolella Yrityksessä tehtiin tämän projektin myötä suuri logistinen muutos, joka sai alkusysäyksen myynnin jakelukanavissa tapahtuneiden muutosten osalta. Aiempaan tilanteeseen nähden myynti kasvoi merkittävästi ja samalla myös Yrityksen sopimuskuljetusyhtiön suhteellinen osuus toimituksista. Nykyisessä tilanteessa lopputuotteet toimitetaan suoraan keskusliikkeille ja muualle pk-seudulla oleville asiakkaille Yrityksen paikallisen sopimuskuljetusyhtiön autolla joka viikon torstaina ja paluukuormana noudetaan tarvittavat nimikkeet R-

A2. Käytännössä tämä päätös vaati asiakkaiden kanssa uusien tilaus- ja toimituspäivien sopivaa rytmittämistä ja sopimista, jotta Yrityksen varastovastaavan työkuormituksesta saatiin mahdollisimman tasainen. Aiemmin toimintatapana oli, että lähtevät lopputuotteet jaeltiin pitkin viikkoa kuljetusyhtiön lavapohjaisella hinnoittelulla ja R-A2 noudettiin erikseen ilman menokuormaa. Keskusliikkeille jakelu tapahtui välikäden kautta, joka teki noudot omilla autoillaan.

Päätöksen pohjana olleet laskelmat tehtiin 2015 maaliskuu- ja huhtikuun toteutuneista kuljetuksista (taulukko 3) sekä ennusteista keskimääräisistä kuljetustarpeista tulevaisuudessa tietyn vuosituotanto/myyntiennusteen perusteella.

Taulukko 3. Toteutuneet toimitusmäärät sopimuskuljetusyhtiöllä viikoilla 22-37 2015.

Viikko (2015)	Lähtenyt (lavaa, Asiakas1)	Lähtenyt (lavaa, muut)	Saapunut (lavaa, Toimittaja (R-A2))	Kuljetuskustannukset (vanha, €)	Kuljetuskustannukset (uusi, €)	Vanhan ja uuden erotus (€)
22	15	2	13	920	813	106
23	17	3	0	1021	813	208
24	19	14	16	1461	813	647
25	16	0	14	886	813	72
26	18	10	0	1292	813	478
27	0	0	0	-	-	-
28	19	3	16	1089	813	275
29	17	3	0	1021	813	208
30	20	0	25	1021	813	208
31	16	0	16	886	813	72
32	13	7	6	1021	813	208
33	10	3	15	785	813	-28
34	19	0	15	988	813	174
35	15	0	13	852	813	39
36	11	0	17	717	682	35
37	12	1	23	785	813	-28
Keskiarvo	14,8	2,9	11,8	983	805	178

Taulukossa 3 on eritelty viikkojen 22-37 osalta vuoden 2015 toteutuneet lavamäärät, jotka on toteutettu uudella toimintatavalla kilometrikorvausperusteisesti viikottaisella autolla. Tämän pohjalta voidaan sanoa,

että keskimäärin tällä logistisella muutoksella on viikoittain säästetty noin 178 euroa. Verrattuna vanhaan toimintatapaan ja hinnoitteluun, break-even on 14 lähtevää lavaa mikäli käytössä on perävaunuyhdistelmä ja pelkällä kuorma-autolla 10 lavaa.

Lisäsäästöjä kuljetuskustannuksista voisi hakea täsmäämällä lähtevät ja noudettavat määrät siten, että pelkkää kuorma-autoa käytettäisiin mahdollisimman paljon. Tätä ei käytännössä kuitenkaan voi suunnitella, sillä saapuvien lavojen osalta tilaukset tehdään 2 viikkoa ennen noutoa ja lähtevien osalta tilaukset tulevat viikkoa ennen noutoa. Lähtevien ja saapuvien lavojen lukumäärät nähdään kuitenkin kulkevan pitkälti käsi kädessä: kun kysyntä on korkea, lähteviä ja saapuvia lavoja on paljon ja päin vastoin – kuljetusten optimointi tapahtuu näin ollen tältä osin automaattisesti.

Tällä hetkellä käytössä olevalla logistisella reitillä on mittaa 525 kilometria. Säännöllisesti saapuvasta tavarasta myös pakkausmateriaalit PM1 olisi mahdollista noutaa viikoittain kulkevalla autolla. Seuraavassa käsitellään tämän mahdollisuuden etuja ja haittoja.

Rahdin hinta on sisällytetty PM1-nimikkeiden yksikköhintaan tällä hetkellä siten, että keskimäärin hinta on 21,15 euroa lavaa kohti. Tämän noudon lisääminen paluureitille lisäisi matkaa noin 70 km eli 108 euroa kustannuksiin omaa autoa käytettäessä.

Seuraavat tiedot koskevat syyskuun 2015 ensimmäistä viikkoa ja sitä seuraavia kuutta viikkoa, mikä luetaan korkean kysynnän ajanjaksoksi. Keskimäärin PM1-lavoja on kulunut noin 11 kpl viikossa ja tilattu keskimäärin 17 per viikko. Tilattujen ja käytettyjen lavojen epäsuhta johtuu osin laskentatavasta ja osin siitä, että aina kun PM1-nimikkeitä on tuotannon vaatimuksiin nähden tarpeeksi, jää varastoon vähintään yksi vajaa lava kutakin PM1-nimikettä odottamaan seuraavaa tuotantoa. Täsmäämääriin tilauksissa on mahdoton päästä, koska PM1-nimikkeitä on lavalla nimikkeen koosta riippuen kiinteä määrä ja tuotannossa vaadittava määrä on altis monelle muuttujalle eli sitä on mahdoton ennustaa täysin tarkasti.

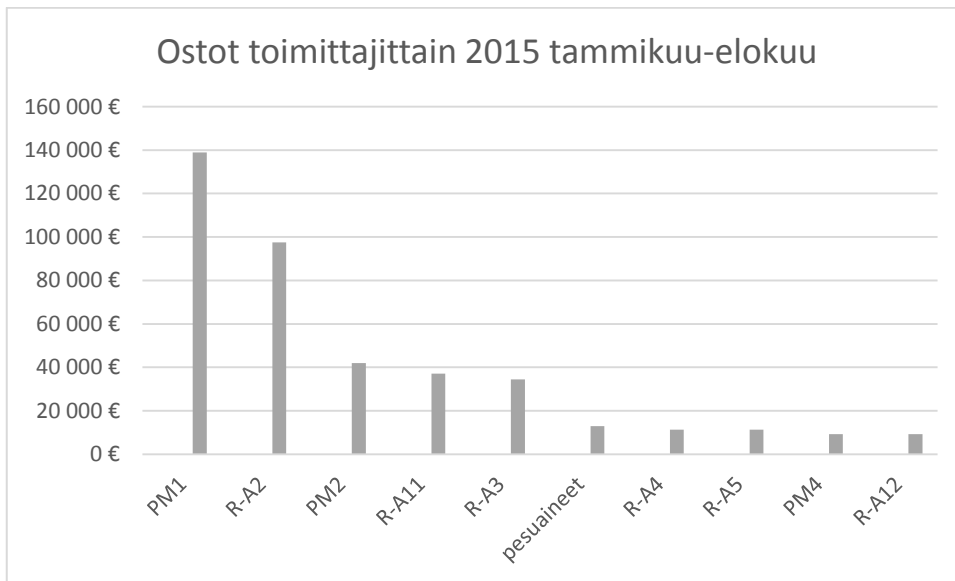
Korkean kysynnän aikana PM1-nimikkeiden rahdista maksetaan näiden tietojen perusteella keskimäärin 360 euroa viikossa eli säästöä omasta noudosta syntyisi

noin 250 euroa viikossa, mikä on erittäin huomattava kustannussäästö. Break-even –arvoksi saadaan näin ollen 5,1 lavaa viikossa eli käytännössä 6 lavaa tai 36 000 nimikettä. Alle 6 lavan keskimääräisiin viikkokulutuksiin on menneen 12 kuukauden tarkastelujaksolla päästy neljänä kuukautena. Näin alhaisiin kulutuksiin ei kuitenkaan enää minkään ennusteen perusteella jouduta pois lukien tietyt nollaviikot, jolloin tuotantoa ei ole. Hiljaisempina aikoina voidaan myös ongelmitta noutaa kerralla useamman viikon tarpeet. Näiden yksinkertaisten laskelmien perusteella voidaan jo todeta, että verrattuna nykyiseen tilanteeseen, jossa toimittaja vastaa rahdista, olisi oman kuljetuksen käyttäminen edullisempaa käytännössä aina kun lavamäärä per nouto on 6 lavaa tai enemmän.

Kuljetuskapasiteetin tarkemman tarkastelun tuloksena todettiin kuitenkin, että yhden viikottaisen rekan kuljetuskapasiteetti ei todennäköisesti riitä kuin hiljaisen kysynnän ajanjaksoina. Toimittaja(PM1):n veloittamat kuljetuskustannukset koetaan kuitenkin niin korkeiksi, että toisen, edullisemman kuljetusyhtiön etsimistä suositellaan toimenpiteeksi.

5.3 Nimikkeiden ja toimittajien luokittelu, politiikat sekä tarkempi tarkastelu

Kuvasta 13 käy varsin selkeästi ilmi kaksi ostomääräisesti tärkeintä toimittajaa, jotka ovat Suomessa toimivat Toimittaja(PM1) sekä Toimittaja(R-A2), joiden osalta toimintatapoja tarkastellaan jäljempänä tarkemmin. Toimittajille tai nimikkeille ei nähty tarpeelliseksi suorittaa analyyseja kuten ABC- tai ostosalkkuanalyysi, koska niiden lukumäärä koetaan helposti hallittavaksi ja tärkeydet toiminnalle koetaan selkeinä.



Kuva 13. Ostot euroina toimittajittain vuoden 2015 tammikuusta elokuuhun.

Prosentuaalisesti pakkausmateriaaleiksi luettavat nimikkeet vastaavat 45% ostoista, raaka-aineet 49% ja muut Yrityksen joka päiväisessä toiminnassa tarvittavat materiaalit 6%. Vuoden 2015 aikana toiminnanohjausjärjestelmässä aktiivisia nimikkeitä on ollut 125 ja toimittajia 25 kappaletta.

Valitut varastonhallinnan politiikat nimikkeille, nimikeryhmille ja toimittajille perustuvat seuraaviin tekijöihin:

- puutetilanteen seurauksien vakavuus
- taloudellinen merkittävyys/sitoutuva pääoma
- fyysinen koko
- toimitusajat ja potentiaaliset saatavuuden ongelmat
- mahdolliset eräkoot
- kysynnän jatkuvuus ja ennustettavuus
- käytännöllisyys

Näiden yllä mainittujen tekijöiden pohjalta toimintatavat on muodostettu alla taulukon 4 mukaisiksi. Kaikki valintakriteerit eivät suoranaisesti vaikuta valittuihin politiikkoihin jokaisessa kategoriassa vaan painoarvot vaihtelevat ja toisaalta suurimmalle osalle valinnat ovat varsin yksiselitteisiä.

Taulukko 4. Nimikekategorioiden varastohallinnan politiikat.

Toimittaja	Nimikkeet	Varastotason seuranta	Hankintapolitiikka
-	PM1	MRP	MRP
-	R-A2	MRP	MRP
-	PM2	MRP	kuljetustaloudellinen erä
-	R-A3	MRP	MRP
-	pesuaineet	visuaalinen	min-max
-	PM3	MRP	EOQ

Taulukossa 4 on esitetty kuuden toimittajan ja nimikekategorian osalta varastotason seurannan toimintatavat sekä hankintapolitiikat. Varastotason seurannan osalta MRP tarkoittaa, että toteutuneet kulutukset saadaan selville tuotantoerien raporteista ja visuaalinen tarkoittaa pesuaineiden osalta viikoittain tehtävää inventointia. Hankintapolitiikkana MRP tarkoittaa toistuvia tilauksia tuotantokalenterin mukaisesti laskettuihin tarpeisiin. Nimikkeiden kuten PM2 osalta hankintapolitiikka on kuljetustaloudellinen erä eli toimitus aina täysi rekallinen, joka tilataan ennustettujen/laskettujen tarpeiden perusteella. Pesuaineet ovat ainoa hankinta/varastointipolitiikan 'min-max' omaava kun taas EOQ:ta käytetään monille tasaisesti kuluville nimikkeille, joiden tilauksia ei juurikaan voida yhdistellä toimittajalle.

Eri nimikeryhmien puutetilanteiden vakavuudet vaihtelevat ja toisaalta vaikutuksia on hankala kvantifioida rahallisiksi. Raaka-ainepuutteiden kohdalla seuraus on, että kyseistä puolivalmistetta ei voida valmistaa, joten seurauksena on todennäköisesti menetetty myynti. Koska suurin osa puolivalmistenimikkeistä suodatetaan, on tässä prosessin vaiheessa syntyvät materiaali puutteet seurauksiltaan erityisen vakavat – näiden nimikkeiden toimitusajat ovat myös normaalia pidemmät. Jatkuvasti käytettäviä elintärkeitä nimikkeitä ovat myös erilaiset pesuaineet, joiden puutteet voivat pysäyttää koko tuotantotoiminnan, mutta niille täydennystoimitukset saadaan kuitenkin tarvittaessa yhdessä päivässä. Puutteiden seurausten vaikutuksia ei kuitenkaan aseteta tärkeysjärjestykseen, sillä tämä voisi antaa kuvan, että joidenkin nimikkeiden saatavuus ja tarkka hallinta ei olisi niin tärkeää. Nämä seuraukset on kuitenkin

pyrityt sisällyttämään hankinta- ja varastointipolitiikoihin lähinnä varmuusvarastojen ja varmuustoimitusaikojen muodossa.

Seuraavissa kappaleissa käydään yksityiskohtaisemmin läpi kahden eri toimittajan sekä yhden nimikekategorian osalta optimaalisia tilauseräkokoja ja yleisiä hankintapolitiikkoja. Valitut toimittajat ja nimikekategoria ovat Yrityksen toiminnan kannalta keskiössä monin eri kriteerein. Kussakin tapauksessa pyritään antamaan tarkka kokonaiskuva hankintaan ja varastointiin vaikuttavista tekijöistä, sekä käydään läpi valittuja tunnuslukuja, tehtyjä muutoksia sekä toimintatapaehdotuksia tulevaisuuden suhteen.

5.3.1 R-A2 -nimikkeet

Vuoden 2015 tammi-syyskuun aikana on nimikkeitä R-A2 tilattu kahdelta eri toimittajalta: Ensimmäiseltä yhteensä 14 eri R-A2 -nimikettä yhteensä noin 207 000 kg 124 000 eurolla ja toiselta yhtä R-A2 -nimikettä 12 000 kg 14 000 eurolla. Vuonna 2014 yhteenlaskettu kulutus oli 141 980 kg ja 116 000 euroa, joten kulutus on vuoden 2015 osalta huomattavasti suurempaa.

Toimittaja(R-A2) on Yritykselle tärkein ja pääasiallinen raaka-ainetoimittaja. Läpimenoaika tilauksesta noutoon on kaksi viikkoa, jolloin toimittaja voi varmistaa, että kaikki tilatut nimikkeet ovat saatavilla. Tätä lyhyemmätkin läpimenoajat voivat olla mahdollisia nimikkeestä riippuen, mutta tämän tarvetta pyritään välttämään.

Erilaisia aktiivisia puolivalmisteita on kirjoittamisen hetkellä 17 kappaletta, mikä tarkoittaa, että käytettyjä R-A2 -yhdistelmiä on myös sama määrä. Eniten nimikeluetteloissa esiintyvää nimikettä käytetään kahdeksassa puolivalmisteessa ja vähiten vain yhdessä, mitä havainnollistetaan taulukossa 5.

Taulukko 5. Puolivalmisteiden ja R-A2 -nimikkeiden käyttöprofiilit.

	m 1	m 2	m 3	m 4	m 5	m 6	m 7	m 8	m 9	m 10	m 11	m 12	m 13	m 14	m 15	m 16	m 17	Yht.
T1				x														1
T2				x				x		x		x	x					5
T3				x		x												2
T4				x				x										2
T5				x		x												2
T6		x			x		x											3
T7						x					x							2
T8	x		x		x		x							x				5
T9	x		x						x									3
T10	x	x																2
T11	x		x		x		x											4
T12	x		x														x	3
T13	x	x			x					x					x			4
T14	x	x																2
T15	x		x						x									3
T16		x														x		2
T17		x																1
Yht.	8	6	5	5	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	

Taulukon 5 pystysarakkeissa listataan eri puolivalmisteet ja vaakasarakkeilla eri R-A2 -nimikkeet. Taulukosta nähdään, että vain yhtä nimikettä sisältäviä puolivalmisteita on 2 kappaletta (T1 ja T17) ja eniten käytettyä nimikettä esiintyy kahdeksassa eri puolivalmisteessa. Tältä pohjalta olisi mahdollista yrittää optimoida jokin yhdistelmä R-A2 nimikkeitä ja määriä, joilla saataisiin mahdollisimman kattava varmuusvarasto tietyin ehdoin, mutta järkevimäksi nähdään sellainen toimintatapa, että vain todennäköisimmät muutokset työerissä tietyllä ajanjaksolla katetaan mikäli tuotannosuunnittelija sellaisia ilmaisee. Vuonna 2015 tällaista varmuusvarastointia on tehty tuotteen T17 eli nimikkeen m2 osalta, joka on myös kilomääräisesti käytetyin nimike.

Eräänlaista varmuusvarastointia käytännössä aiheuttaa myös se, että tilattavat määrät per nimike pyritään pyöristämään seuraavaan 500 kilogrammaan eli täysiin lavoihin, jotta niin kutsuttuja sekalavoja ei synny. Sekalavat on koettu ongelmallisiksi seuraavista syistä:

- Purkaminen ja lajittelu vaatii aikaa.
- Jos ja kun niitä ei pureta, on ajoittain ollut ongelmallista löytää niissä olevia nimikkeitä, koska toimittaja ei kykene merkitsemään lavojen sisältöä koneellisesti.

Näin ollen yhdessä toimituksessa on keskimäärin ollut yksi sekalava. Tämä johtuu siitä, että harvoin ja vähän käytettäviä nimikkeitä ei kuitenkaan kannata sitoutuvan pääoman ja menetettyjen lavapaikkojen takia tilata täysissä lavoissa. Perusteluina tilausmäärien ylöspäin pyöristämiselle koetaan myös seuraavat syyt:

- Säkkejä hajoaa varastossa säännöllisesti.
- Nimikeluettelo voidaan muokata ennen puolivalmisteen työerän suorittamista, jotta tuotantoprosessin saannot maksimoidaan.
- Joustavuus kasvaa kun tuotantokalenteria voidaan muokata viime hetkellä (tähän vaikuttaa paljon se, kuinka paljon samoja nimikkeitä työerien nimikeluetteloissa on, katso taulukko 5).

Taulukosta 6 nähdään, että puolivalmisteiden valmistusprosesseja on tarkasteluajanjaksona tehty keskimäärin 5 kappaletta viikossa ja R-A2 -lavoja käytetty 9 kappaletta. Näistä luvuista on poistettu kahden muun toimittajan nimikkeet, jotka vaikuttaisivat hieman kaikkia arvoja nostavasti. Hajonta on kuitenkin ollut varsin suurta, mikä on johtunut Yrityksessä tehdyistä muutostöistä tuotantotiloissa, laitteistojen hajoamisista, uusien lopputuotteiden lanseerauksista sekä yleisestä kysynnän vaihtelusta. Näin ollen puolivalmisteiden valmistuserien lukumäärä on vaihdellut vuonna 2015 kahden ja kolmentoista välillä, poislukien nollaviikot.

Taulukko 6. R-A2 -varaston tunnuslukuja.

Vuosi/ kuukausi	Keskim. varasto (kg)	Keskim. varasto (lavaa)	Keskim. varasto (€)	Käyttö (kg/kk)	Kierto- nopeus	Lavoja/ vko	Työeriä/ vko
2015/01	8973	18	6191	7250	9,7	3,3	1,65
2015/02	8905	18	6156	15450	20,8	7,0	3,51
2015/03	11017	22	7601	20040	21,8	9,1	4,55
2015/04	10308	21	7112	21755	25,3	9,9	4,94
2015/05	13218	27	9120	21350	19,4	9,7	4,85
2015/06	13852	28	9558	17325	15,0	7,9	3,94
2015/07	19786	40	13652	19215	11,7	8,7	4,37
2015/08	19387	39	13377	26140	16,2	11,9	5,94
2015/09	17939	36	12378	38480	25,7	17,5	8,75
Keski- arvo	13709	28	9460	20778	18	9	5

Mikäli tuotantokalenterissa ei tapahtuisi muutoksia ja R-A2 tilattaisiin aina täsmällisinä määrinä olisi kiertonopeuden arvo noin 52 menneiden kuukausien toimintatapojen mukaisesti. Tuotantosykli on kuitenkin muuttunut; kun vuoden 2015 alusta alkaen syklitys tehtiin niin, että R-A2 toimitetaan viikon n torstaina, tapahtuu puolivalmisteen työerä viikon n+1 torstaina. Nykyisin R-A2 toimitetaan edelleen viikon n torstaina, mutta tuotannot tapahtuvat viikon n+1 tiistaina ja torstaina. Näin ollen kiertonopeuden maksimi on noin 60. Koko vuoden 2015 nimikkeiden kulutusennusteen ollessa 250 000 kg ja keskimääräisen kilohinnan 0,69 euroa kiertonopeuden nousu alkuvuoden 2015 keskimääräisestä 18:sta 60:een sitoisi pääomaa noin 6600 euroa vähemmän, mikä tarkoittaa, että pelkän sitoutuneen pääoman johdosta R-A2 kiertonopeutta ei muiden hallintaan vaikuttavien tekijöiden kustannuksella ole suositeltavaa tehdä.

Kiertonopeuksiin ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota kuin käytännön kautta eli välttämällä useamman viikon tarpeiden tilaamista lähinnä varaston fyysisen tilan riittämättömyyden takia etenkin korkean tuotannon tasojen aikana. Maksimaalisen kiertonopeuden tavoittelu edellyttäisi varmuusvarastoinnin nollaamista sekä viikottaisia kilomääräisesti täsmällisiä toimituksia. Tavoitteena se käytännössä olisi vastoin tuotannon tarpeita.

R-A2 -tilausten kokonaiskustannusten komponentteja sekä niiden muutoksia vanhan ja uuden toimintatavan sekä vuoden 2016 osalta välillä esitetään alla taulukoissa 7, 8 ja 9. Kokonaiskustannusten komponentit ovat tilauskustannukset, toimituskustannukset, varastonpitokustannukset sekä nimikkeiden ostohinnat.

Taulukko 7. Vanha logistinen malli: ennustetut R-A2 -tilausten kokonaiskustannukset vuonna 2015

Riitto (vko)	Keskim. varasto (€)	Var.pit.kust (€/v)	Toimituskust. (€/v)	Tilauuskust. (€/v)	Kokonaiskust. (€/v)
1	2993	898	16640	2600	202229
2	5986	1796	8320	1300	193507
3	8979	2694	5547	867	191198
4	11972	3592	4160	650	190492

Taulukko 8. Uusi/nykyinen logistinen malli: ennustetut R-A2 -tilausten kokonaiskustannukset vuonna 2015.

Riitto (vko)	Keskim. varasto (lavaa)	Toimituskust. (€/v)	Kokonaiskust. (€/v)
1	9	780	186369
2	17	390	185576
3	26	260	185911
4	35	195	186527

Taulukossa 8 esitettävän uuden logistisen mallin osalta muutokset vanhaan malliin verrattuna (taulukko 7) tapahtuvat vain toimitus- ja kokonaiskustannuksissa. Kokonaiskustannusten lasku on keskimäärin laskennallisesti esimerkiksi 2 viikon riittojen tilauksilla 7900 euroa vuodessa.

Taulukko 9. Uusi/nykyinen logistinen malli: ennustetut R-A2 -tilausten kokonaiskustannukset vuonna 2016.

Riitto (vko)	Keskim. varasto (lavaa)	Keskim. varasto (€)	Var.pit.kust. (€/v)	Kokonaiskust. (€/v)
1	10	3592	1077	222967
2	21	7183	2155	222354
3	31	10775	3232	222868
4	42	14366	4310	223664

Vuoden 2016 osalta ennustetaan kokonaiskustannusten kasvavan erityisesti nimikkeiden tarpeen kasvun johdosta. Tarpeen kasvu johtaa myös keskimääräisen varastotason lievään kasvuun, joka puolestaan aiheuttaa edelleen varastonpitokustannusten kasvua.

Taulukoista 7 ja 8 nähdään myös, että uuden mallin mukaisessa toiminnassa toimituskustannusten osuus kokonaiskustannuksista on huomattavasti pienempi kuin vanhassa – erityisesti viikottaisissa tilauksissa, mikä mahdollistaa taloudellisesti järkevällä tavalla suurempien kiertonopeuksien tavoittelun.

Annettuna nykyinen tilanne niin logistiikan kuin kysynnän puolesta on R-A2:n taloudellisesti optimaalinen hallinta hyvin yksinkertaista, mikä johtuu seuraavista tekijöistä:

- Toimituskustannukset absoluuttisesti erittäin pienet.
- Tuotannon taso on tällä hetkellä sellainen, että R-A2 nimikkeiden kulutus edellyttää täyden kuorman (kuorma-auto) joka viikko eli kuljetuskustannukset kiloa kohti ovat pienet.
- Kiertonopeus on varsin tyydyttävällä tasolla.

Nykyisin toimintatavaksi on muodostunut tilata R-A2 nimikkeet kahden viikon tarpeisiin vain mikäli jomman kumman viikoista tarve on hyvin pieni – muutoin viikoittain. Hiljaisemmän tuotantotahdin aikana jopa kolmen viikon riiton tilaaminen voi olla perusteltua, mutta tämä lisää huomattavasti riskiä tuotantokalenterin muutoksista seuraavaan ”väärään varastointiin”. Näiden osalta totuudenmukainen kustannuslaskenta ei ole välttämättä yksinkertaista ja yksiselitteistä.

5.3.2 R-A1 -nimikkeet

Kategorian R-A1 nimikkeet ovat erittäin keskeinen osa lopputuotetta ja niiden hallinta on toisaalta koettu erittäin haastavaksi saatavuuden vaihteluiden johdosta. Pääasiallinen toimittaja vuonna 2015 ja aiemmin on ollut Toimittaja(R-A11), jonka kanssa vuoden 2014 sadosta tehtiin 11 nimikkeen osalta ostosopimus. Kuitenkin esimerkiksi erään nimikkeen kohdalla sadon valmistuttua toimittaja leikkasi sopimusmäärän 300 kilogrammasta 45 kilogrammaan. Myös kesken sopimuskauden on toimittaja ilmoittanut, että jotain sopimusnimikettä ei ole ollut tilaushetkellä saatavilla.

Yritys on lisäksi tehnyt tietoisesti valinnan ilmoittaa käyttämänsä R-A1 -nimikkeet julkisesti internet-sivuillaan sekä pakkauksien kyljessä. Tämä sitoutuminen aiheuttaa huomattavia riskejä ja vaikeuksia hankinnan kannalta. Mikäli tätä sitoumusta ei olisi, voitaisiin markkinoilta hankkia maultaan ja muilta spesifikaatioiltaan samankaltaisia nimikkeitä, joita on tarjolla useita.

Ostosopimuksia tehtäessä on hyvin hankala arvioida seuraavan vuoden tarpeet. Lisäksi halutuimpien, niin sanottujen trendinimikkeiden osalta sopimukset tulisi tehdä useita vuosia etukäteen haluttua satoa varten. Oikeellinen ennustaminen vaatisi myyntiennusteiden paikkaansa pitävyyttä, mikä on vaikeaa erityisesti uusien tuotelanseerausten osalta. 2015 osalta tarpeita on onnistuneesti paikkailtu muilta toimittajilta päätoimittajan lisäksi, mutta tässä on ollut myös tuurielemeettiä mukana.

Vuodelle 2016 on kilpailutettu kaikki markkinoilta löydetyt suuret eurooppalaiset toimittajat ja hankinnat tulevat jakautumaan laajemmalle toimittajapohjalle. Tilanne on kuitenkin se, että niin sanotut perusnimikkeet pois lukien, joiden saatavuus on yleisesti muutenkin ollut hyvää, eivät toimittajien tarjoamat ole päällekkäisiä: yhtä tiettyä nimikettä on useimmissa tapauksissa mahdollista saada vain yhdeltä toimittajalta. Tämän kirjoittamisen hetkellä osa sopimuksista on allekirjoitettu ja osalle nimikkeistä toimittajat ovat vielä avoinna.

Vuoden 2016 osalta R-A1 -nimikkeiden hankinta käytännössä tulee muuttumaan vuoteen 2015 verrattuna huomattavasti. Syynä on sopimustoimittajien määrän kasvu eli vuoden 2015 päätoimittajan korvautuminen muilla. Lisäksi uusien sopimustoimittajien tilauseräkoot ovat minimissään 800 kg kun Toimittaja(R-A11):n minimi on 20 kg, mikä vaikuttaa varastonhallintaan ja tilausten suunnitteluajaksojen pituuksiin.

R-A1 -nimikkeiden hankintojen pääasiallinen tehtävä on saatavuuden varmistaminen. Tämä on ajoittain johtanut huomattavan kalliisiin tilauksiin yksikköhintojen ja toimituskustannusten per kilogramma osalta. Koska tilausten läpimeno- ja toimitusajat ovat hyvin pitkät ja saatavuudet vaihtelevat sopimuksista huolimatta, on varmuusvarastojen (varmuustoimitusaikojen) oltava muita nimikkeitä huomattavasti suuremmat. Näin voidaan myös varmistaa joustavuus tuotantokalenterin muutoksille.

2015 alkuvuodesta tilauseräkoot ovat ja täten keskimääräiset varastotasot ovat jatkuvasti kasvaneet. Motiivi alkuvuoden pienille ja tiheällä tahdilla tehdyille tilauksille oli sitoutuvan pääoman pienentäminen, mutta tämä kuitenkin aiheutti jäykkyyttä tuotantokalenterin muutoksille ja ostajan työajan huomattavaa sitoutumista tilausten tekemiseen ja tarpeiden laskentaan. Suuremmat tilauseräkoot ovat mahdollistaneet työajan kohdistamiseen muualle, nimikkeiden hankinnan kokonaiskustannusten laskemisen sekä lähes moitteettoman palveluasteen tuotannolle, muun muassa sen kautta, että pidempi varmuusvaraston riitto on antanut aikaa etsiä toimittajan puutetilanteissa nimikkeet muilta toimittajilta.

5.4 PM1-nimikkeet

Toimittaja(PM1) toimittaa Yritykselle pakkausmateriaaleiksi luettavat PM1-nimikkeet. Aktiivisia nimikkeitä on tämän kirjoittamisen hetkellä 19 kappaletta. PM1-nimikkeiden hallintaan käytetään materiaalitovelaskentaa eli niitä tilataan vain tuotantokalenterin mukaiseen tarpeeseen eikä varmuusvarastoja

lähtökohtaisesti pidetä. Tilattavan määrän alarajan asettaa toimittajan pyyntö/rajoitus siitä, että yhdessä kuormassa tulee olla vähintään 10 lavaa maksimin ollessa täysi kuorma eli 20 lavaa. Tilauksen läpimenoaika on noin viikon eli toimitukset tilataan ensimmäisen tarpeen edeltävän viikon viikon torstaille ja tehdään viimeistään toimitusta edeltävän viikon torstaina.

Ongelmaksi on koettu PM1-nimikkeiden erittäin korkeat varastotasot, mikä on osin seurausta erilaisten nimikkeiden suuresta lukumäärästä. Muiksi syiksi korkeisiin varastotasoihin on tunnistettu:

- Täysien kuormien orjallinen tilaaminen toimitusten lisäkustannusten eliminoinnin takia.
- Tuotantokalenterin jatkuvat muutokset – pakkausten työerät ovat siirtyneet jopa kuukausilla oletetusta.
- Työerissä tarvittavien käytettävien nimikemäärien ennustamisen vaikeus.

Edellä mainitut ongelmat johtuvat osin edelleen käytössä olevasta logistisesta ratkaisusta, jossa toimittaja vastaa kuljetuksista, eikä suostu alle 10 lavan toimituksiin ja toisaalta siitä, että täysien 20 lavan toimitusten on ajateltu olevan edullisempia kuin sitä pienempien. Näistä tekijöistä johtuen etenkin matalamman kysynnän aikoina on tilauksiin jouduttu sisällyttämään jopa niin sanotun vapaan jakson (kuva 12) tarpeita erityisesti kun on tavoiteltu täysiä 20 lavan toimituksia. Lisäksi kun jäädytetystä jaksosta on useita kertoja poistettu jokin puolivalmisteen tuotantoerä ja tämän pakkausta varten on jo tilattu nimikkeet, ovat ne mahdollisesti jääneet kuukausiksi varastoon odottamaan käyttöään. Ongelmallisia, spekulatiivisia ja varastoa turhaan täyttäviä tilauksia on jouduttu näissä tilanteissa myös tekemään kun tuotantokalenteriin tuodaan sellainen työerä, jonka materiaaleja ei ole varastossa, mutta edellinen toimitus on äskettäin saapunut.

PM1-nimikkeet vievät varastosta fyysisesti erittäin paljon tilaa ja kun erilaisten nimikkeiden lukumäärää tuotelanseerausten kasvatettu ja toisaalta osa lopputuotteista lopetettu ilman, että jäljelle jääneitä nimikkeitä on hävitetty ajoissa, on varasto ollut ajoittain todella täynnä vaikuttaen merkittävästi varaston käsittelykustannuksiin. Nämä ongelmat ovat pitkälti koskeneet vuoden 2015 alkua ja sitä edeltävää ajanjaksoa, mutta PM1-nimikkeiden hallinnassa koetaan edelleen

eniten kehittävää. Tuotannon kasvaessa PM1-varaston hallinta on helpottunut, koska toimituksia voidaan tilata useammin, mistä on seurannut se, että tilaukset voidaan osoittaa vain tuotantokalenterin jäädytetyille osalle, johon ei tehdä muutoksia kovinkaan usein. Tämä vaikutus nähdään taulukosta 10, jossa kiertonopeudet ja lavojen kulutukset korreloivat selkeästi keskenään. Keskimääräinen varaston taso ja nimikkeiden käyttö eivät kuitenkaan juurikaan korreloi, mikä kertoo ongelmista varaston hallinnassa.

Taulukko 10. PM1-varaston tunnuslukuja.

Vuosi/ kuukausi	Keskim. varasto (yks.)	Keskim. varasto (lavaa)	Keskim. varasto (€)	Käyttö (yks./kk)	Kierto- nopeus	Lavoja/ kk	Lavoja/ vko
2015/01	300350	51	27032	50700	2,0	8,5	1,9
2015/02	309103	52	27819	97890	3,8	16,3	3,7
2015/03	314106	52	28270	226980	8,7	37,8	8,6
2015/04	304785	51	27431	176670	7,0	29,4	6,7
2015/05	309591	52	27863	168940	6,5	28,2	6,4
2015/06	316550	53	28490	211770	8,0	35,3	8,0
2015/07	342218	57	30800	194220	6,8	32,4	7,4
2015/08	342447	57	30820	204750	7,2	34,1	7,8
2015/09	251888	42	22670	316290	15,1	52,7	12,0
keski- arvo	310115	52	27910	183134	7	31	7

Keskimääräisen varaston arvon laskentaan käytetään nimikkeiden rahdin sisältämää keskimääräistä hintaa, jonka osuus yksikköhinnasta on 4,44%. Kunkin nimikkeen hintaan vaikuttavat tekijät ovat erä koko painossa, tilavuus, pinnoite ja painon resoluutio. Varaston kiertonopeudet ovat olleet huomattavan matalia, mutta tilannetta paransi elokuun lopulla tehty noin 100 000 nimikeyksikön hävitys varastosta, mikä näkyy erityisesti syyskuun keskimääräisessä varastomäärässä.

Koska aktiivisia nimikkeitä on 19 kappaletta ja koska toimituseräkokojen johdosta kutakin nimikettä jää aina tuotantojen jälkeen varastoon keskimäärin arviolta 4000 kpl, on niin sanottu perusvarasto $4000 \cdot 19 = 76\,000$ nimikkeen suuruinen. Mikäli nimikkeet tilataan kahden seuraavan viikon tarpeisiin, jotka ovat 5 lavaa kunkin viikon tiistaina ja torstaina eli yhteensä noin 120 000 nimikettä, on keskimääräinen varastotaso $76\,000 + 81\,428$ eli yhteensä 157 428 nimikettä. Vuosittainen

kiertonopeus kahden viikon tarpeet kattavilla tilauksilla on näin ollen 19,81 ja viikon tarpeet kattavilla tilauksilla 24,5. Ottaen nämä teoreettiset kiertonopeuksien maksimit huomioon, ovat nykyiset arvot jokseenkin matalia pois lukien syyskuun 2015.

Kiertonopeuksien kasvattamisen ja keskimääräisten varastotasojen keinoiksi tunnistetaan seuraavat tekijät:

- Pyritään pitämään tilauseräkoot yhden tai maksimissaan kahden viikon tarpeiden mittaisina. Jotta tämä olisi kuitenkin käytännössä mahdollista ja taloudellisesti järkevää, on vaatimuksena soveltuvan rahdinkuljettajan löytäminen.
- Tarpeita arvioidessa on helppo arvioida tarpeet varman päälle; todellisia kulutuksia tulee kuitenkin seurata ja ne pitkällä aikavälillä vakiintuvat kullakin pakattavalla puolivalmisteella tiettyyn haarukkaan. Suurimmat vaihtelut ovat nimenomaan eri puolivalmisteiden välillä.

PM1-tilausten kokonaiskustannusten muodostuksesta yli 97% koostuu itse nimikkeiden hinnasta, ja joiden osuudesta 4,44% on kuljetuskustannuksia. Taulukosta 11 nähdään, että laskennalliset kokonaiskustannukset ovat eri riitoilla hyvin lähellä toisiaan.

Taulukko 11. PM1-tilausten kokonaiskustannukset vuodessa.

Riitto (vko)	Keskim. varasto (yks.)	Keskim. varasto (lavaa)	Keskim. varasto (€)	Var.pit.kust (€/v)	Tilauuskust. (€/v)	Kokonaiskust. (€/v)
1	106000	18	9540	5434	2600	288834
2	136000	23	12240	6972	1300	289072
3	166000	28	14940	8510	867	290177
4	196000	33	17640	10048	650	291498

Kokonaiskustannuslaskelmat eivät huomioi esimerkiksi riskiä väärin nimikkeiden tilaamisesta ja työkustannuksia, jotka aiheutuvat varaston ollessa tietyn rajan yli käytössä. Säästöpotentiaalia löytyy erityisesti kuljetuskustannusten roolista

kokonaisuudessa ja 10 lavan minitilausrajoitteen poistamisesta, jolloin keskimääräiset varastotasot voidaan pitää mahdollisimman alhaisina. Se mitä tasoa kiertonopeuksissa tavoitellaan on kysymys kokonaiskustannuksista, pääoman sitomisen määrästä varastoon ja toisaalta onko varastoissa fyysisen tilan puutetta. Joka tapauksessa, yli kahden viikon tarpeiden tilaamista ei tämän logistisen mallin puitteissa suositella kuin mahdollisesti tuotannon ollessa hyvin alhaisella tasolla jäädytetyn ajanjakson osalta esimerkiksi yleisen lomaviikon johdosta.

Toinen tärkeä osa PM1-nimikkeiden varastohallintaa tapahtuu toimittajan päässä: nimikkeet voidaan painaa 100 000 tai 250 000 kpl erissä, joiden varastointi tapahtuu toimittajan tiloissa. Varastointi toimittajalla on ilmaista tuotannosta seuraavat 9 kuukautta, jonka jälkeen nimikkeiden varastoinnista laskutetaan. Nimikkeistä itsestään laskutetaan vasta niiden toimitusten jälkeen.

Yksikköhintojen ero tuotantoerien kohdalla on kuitenkin niin merkittävä, että laskennallisesti on kannattavampaa teettää 100 000 nimikkeen erä vasta kun vuosikysyntä laskee noin 60 000 nimikkeeseen. Jokaisen PM1-nimikkeisiin pakattavan puolivalmisteen vuosikysynnän ennustetaan ylittävän tämän, joten teoriassa olisi kannattavaa painattaa nimikkeet aina 250 000 erissä. Tämä kuitenkin nostaisi varastotasot toimittajalla niin suuriksi, että toimittajan kanssa on sovittu, että 250 000 kappaleen tuotantoerissä tehdään tällä hetkellä vain suurimennekkisimmät nimikkeet.

Suuriin eräkokoihin liittyy myös huomattavat riskit kysynnän ennustamisen suhteen ja nämä riskit ovat jo realisoituneetkin useamman nimikkeen kohdalla: on hankala ennustaa erityisesti uusien lanseerausten tulevaa menekkiä ja toisaalta myös joidenkin vakiintuneempien lopputuotteiden osalta on tapahtunut huomattavaa kysynnän laskua. Lopputuotteiden valmistuksen lopettamisen tapauksissa tyhjiä nimikkeitä on jouduttu tuhoamaan sekä omasta että toimittajan varastosta, jolloin kustannus on ollut noin 75% nimikkeen ostohinnasta.

Toimittaja lähettää varastoimensa nimikkeiden varastosaldot viikoittain ja niiden seuraamisen tulee olla säännöllistä. Toimittajan tuotantocyklit ovat tiedossa noin kahdeksi kuukaudeksi eteenpäin, mutta ne ovat käytännössä suuntaa antavia. Jos

Yrityksen ja Toimittajan PM1-nimikkeet loppuvat tuotantajaksojen välillä, voivat seuraukset olla vakavat. Aiemmin tuotantoluvat Toimittajalle (PM1) annettiin lähes säännöllisesti mahdollisimman lähelle varaston loppumisen ajankohtaa, mikä aiheutti ajoittain huomattavia ongelmia tilausten ja Yrityksen tuotannon syklittämisen kanssa. Nykyisin tavaksi on vakiinnutettu antaa tuotantoluvat noin kuukaudeksi ennen laskennallista viimeistä tarvetta erityisesti suurimennekkisten nimikkeiden osalta.

6 VALMIIT TUOTTEET

Valmistuotevaraston saldojen ja tunnuslukujen käyttö tulisi olla kiinteä osa tuotannonsuunnittelua; Yrityksessä ei kuitenkaan ole tähän mennessä kirjallisesti ja kattavasti edellä mainittuja systemaattisesti määritetty tai tutkittu. Tässä kappaleessa esitetään sekä tulkitaan valmistuotevaraston tunnuslukuja, määritetään asiakkuudet ABC-analyysin mukaisesti ryhmiinsä ja tämän pohjalta määritetään myös lopputuotteille valittujen tunnuslukujen tavoitearvot. Lopuksi esitetään arviot siitä, miten valitut toimenpiteet ja arvot vaikuttavat lopputuotteiden varastointiin.

6.1 ABC-analyysi ja tuotannonsuunnittelu

Asiakkuuksien tärkeydet otetaan annettuna ja ohjeet kullekin kategorialle ovat seuraavat:

- A-ryhmä: toimitusvarmuus 100%
- B-ryhmä: toimitusvarmuus vähintään noin 85%, hyväksytään lyhyet katkokset toimitusvarmuudessa
- C-ryhmä: nimikkeitä ei pidetä varastossa, ellei toimituksista ole sovittu.

Asiakkuusryhmien A, B ja C osalta myydyt nimikkeet vaihtelevat eli kaikki asiakkaat/asiakasryhmät eivät tilaa kaikkia nimikkeitä. Osa B- ja C-ryhmän nimikkeistä on myös tuotannonohjausmuodon ATO mukaista eli viimeinen kokoonpano tapahtuu tilauksen jälkeen. Tämän pohjalta johdetaan suoraan lopputuotenimikkeille ABC-kategoriat: asiakasryhmän A tilaamat nimikkeet kuuluvat kaikki oletusarvoisesti ryhmään A ja niin edelleen (taulukko 12). Tiedot pohjautuvat toiminnanohjausjärjestelmän myyntitilausten analyysi –raporttiin ajanjaksolta 1.1.2015-30.9.2015. Tänä aikana erilaisia myytyjä lopputuotenimikkeitä on ollut 61 kappaletta.

Taulukko 12. Lopputuotteiden ABC-kategoriat.

	% asiakkaista	% nimikkeistä	% kok.myynnistä
Ryhmä A	2 %	43 %	81 %
Ryhmä B	18 %	44 %	18 %
Ryhmä C	80 %	13 %	1 %

Nimikkeet käytiin läpi osoittamalla jokainen asiakasryhmän A tilaama nimike kuuluvaksi ryhmään A, ryhmään B osoitettiin asiakasryhmän B tilaamat nimikkeet pois lukien jo ryhmään A osoitetut, ja loput osoitettiin ryhmään C. Näin muodostui Taulukon 9 mukaiset ryhmät, missä Ryhmä A käsittää 2% toimittajista, jotka kattavat 43% nimikkeistä ja 81% kokonaisymyynnistä.

Myös asiakasryhmän B asiakkaat tilaavat nimikeryhmään A kuuluvia tuotteita: nimikeryhmän A tilatuista määristä 87,6% on myyty asiakasryhmälle A, 10,3% asiakasryhmälle B ja loput 2,1% asiakasryhmälle C. Tämä päällekkäisyys on varsin pientä, joten edellä esitettyä kategoriointia pidetään onnistuneena.

Lopputuotteiden varastonohjaus perustuu puhtaasti toteutuneisiin myynteihin, myyntiennusteisiin ja inhimilliseen arviointiin tuotannosuunnittelussa. Tilattujen määrien ei katsota noudattavan esimerkiksi normaalijakaumaa, joten sitä ei hyödynnetä varmuusvarastojen ja tilaus- eli tuotantopisteiden laskennassa. Mikäli nimike kuuluu asiakasryhmän A tilaamiin nimikkeisiin, sen tuotannot suunnitellaan aina siten, että valmistuotteet valmistuvat vähintään 2 viikkoa ennen ennustettua varaston loppumista. Kun tuotteet ovat valmistuneet linjastolta, niille tehdään laboratorioanalyysit, jotka kestävät viikon eli käytännössä nämä tuotetut nimikkeet ovat tämän aikaa myyntikiellossa.

Mikäli nimike kuuluu A:n lisäksi kategoriaan B, on toimintatapa varata tietty määrä nimikkeitä A-ryhmälle ja myydä loput B:lle. Nimikkeen kuullessa vain ryhmään B tehdään sen tuotannosuunnittelu ryhmän A ehdoilla eli tuotantokapasiteetti priorisoidaan A:lle tietyissä rajoissa, jotka perustuvat inhimilliseen arviointiin. Mikäli kapasiteettia on, tuotannot suunnitellaan siten, että valmistuotteet ovat varastossa 1 viikkoa ennen ennustettua loppumista.

Toiminnan oikeellisuuden keskiössä on siis jälleen ennusteiden paikkansapitävyys. Päätös puolivalmisteen tekemisestä A-ryhmän nimikkeiden osalta tulee tehdä jo 9 viikkoa ennen kuin nimikkeen arvioidaan loppuvan, mikä johtuu aiemmin esitetystä prosessin hitaasta läpimenoajasta. Tämän ajanjakson aikana kysyntä voi vaihdella huomattavasti ja laiterikkojen/myöhästymisten todennäköisyys on merkittävä. Käytännön dataa tämän järjestelmän toimivuudesta ei vielä ole, koska sitä ollaan kirjoittamisen hetkellä hitaasti implementoimassa. Kun seurantadataa saadaan, on sen analysointi tärkeää ja tulisi keskittyä seuraaviin tekijöihin:

- Millä todennäköisyydellä lopputuotteen valmistuminen viivästyy?
- Kuinka hyvin myyntiennusteet ovat pitäneet paikkaansa ja onko niissä systemaattista virhettä vai onko kyse puhtaasta varianssista?
- Mitkä ovat lopputuotevaraston toteutuneet palveluasteet asiakkaittain ja nimikkeittäin?

Näiden tietojen pohjalta voidaan varmuusvarastoja/varmuusläpimenoaikoja asettaa sopivammiksi. Nykyisen lopputuotevaraston fyysinen koko asettaa kuitenkin rajansa varmuusvarastoinnin parametreille ja ratkaisut voidaan joutua tekemään priorisoimalla entistä enemmän toisia asiakkuuksia toisten sijaan.

6.2 Kiertonopeudet

Toiminnanohjausjärjestelmän kiertonopeusanalyysi antaa kiertonopeudet kuluneen vuoden ajalta. Tänä ajanjaksona (10.11.2014 - 10.11.2015) aktiivisia lopputuotenumikkeitä on ollut 68 kappaletta. Näiden nimikkeiden kiertonopeudet ovat vaihdelleet välillä 53-0,23, joten erot ovat huomattavat. 10 kpl nimikkeistä asettuu kiertonopeuden suhteen välille 53-20, 9 kpl välille 18-10, 33 kpl välille 9-3 ja loput 16 kpl välille 2,88-0,23.

Alimman kiertonopeuden omaavien nimikkeiden määrä on todella merkittävä. Keskusliikkeet ja suuret tukkurit eivät suostu ostamaan nimikkeitä, joilla on PE-

päiväystä jäljellä alle 5 kuukautta, joten nimikkeiden kiertonopeuden tulisi olla vähintään 3, jotta lopputuotteiden vanhenemista ei tapahtu: kun kiertonopeus on 3, on valmis lopputuote keskimäärin varastossa 4 kuukautta, mikä tarkoittaa, että sillä on 'parasta ennen -aika' jäljellä vielä 5 kuukautta. Tuotannosuunnittelun kannalta tämä tarkoittaa, että mikäli nimike kuuluu niin sanottuihin normaalituotteisiin, tulisi sen ennustetun riiton olla pakkausmäärien suunnittelun yhteydessä maksimissaan 4 kuukautta. Tähän alimman kiertonopeuden kategoriaan sisältyy monia myyntikelvottomia tuotantoeriä ja epäonnistuneita tuotelanseerauksia, joten syy ei suoranaisesti ole huonossa tuotannosuunnittelussa vaan tämä kuuluu toiminnan luonteeseen.

Taulukkoon 13 on laskettu 2016 litramääräisten myyntiennusteiden ja uudesta varmuusvarastointipolitiikasta seuraavat keskimääräiset varastoarvot ja kiertonopeudet A- ja B-luokan nimikkeille. Mikäli varmuusvarastointipolitiikat toteutuvat suunnitellusti, ovat muut keskimääräiseen varastotasoon vaikuttavat tekijät tuotantoerän koko sekä myynnin taso. A-luokan nimikkeiden osalta tuotantoeräkoot ovat varsin hyvin ennustettavissa, mutta B-luokan nimikkeiden osalta tämä on haastavampaa, koska usean niistä tuotantoeräkoot ovat suoraan alisteisia A-luokan kysynnälle. Tämä tarkoittaa siis, että samasta puolivalmisteesta valmistetaan sekä A- että B-luokan (myös C) nimikkeitä.

Taulukko 13. A- ja B-ryhmän lopputuotteiden tunnuslukuja.

Nimike-kategoria	Kierto-nopeus 2015	Kierto-nopeus 2016	Lavoja keskim. 2015	Lavoja keskim. 2016	Keskim. varasto-arvo 2015	Keskim. varasto-arvo 2016
A	6,6	8,9	110	246	84 821 €	108 748 €
B	9,7	6,2	43	84	51 724 €	67 402 €
Summa			154	329	136 545 €	176 149 €

Taulukossa 13 vuoden 2015 osalta luvut ovat toteutuneita arvoja kun taas vuoden 2016 osalta ne ovat ennustettuja. A-ryhmän kiertonopeuden ennustetaan kasvavan, koska keskimääräisen varastotason suhteessa myyntiin oletetaan laskevan ja keskimääräiset varastoarvot nousevat puolestaan myynnin kasvun ennusteiden ollessa vuotta 2015 suurempia. A-luokan varmuusvaraston pituudeksi

on asetettu 3 viikon kysyntä ja B-luokan varmuusvarastolle 2 viikon kysyntä. Taulukossa 14 näitä arvoja on edelleen kasvatettu viikoilla.

Taulukko 14. A- ja B-ryhmän lopputuotteiden tunnuslukuja - suuremmat varmuusvarastot.

Nimikekategoria	Kiertonopeus 2016	Lavoja keskim. 2016	Keskim. varastoarvo 2016
A	7,5	288	129 118 €
B	5,4	92	76 775 €
Summa		380	205 892 €

Taulukon 14 perusteella ennustettu keskimääräinen varastoarvo kasvaisi noin 30 000 eurolla, mistä 20 000 euroa on kasvua A-luokan nimikkeillä. Myös kiertonopeuksien laskeminen on voimakkaampaa A-luokassa. Keskimääräisen lavojen lukumäärän laskennallinen kasvu olisi noin 60, mikä on varaston kapasiteetin huomioon ottaen merkittävä määrä.

7 YHTEENVETO

Hankintatoimen, varaston- ja materiaalienhallinnan toimivuus on erityisesti tuotantoyrityksen kannattavuudelle hyvin tärkeässä roolissa ja sen kehittämisen tuloksena voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä. Lähtökohta tälle työlle oli haastava ja kehitettävää toiminnasta löytyi lähes jokaiselta osa-alueelta.

Työn teoriassa käsitellään kattavasti varastonohjauksen perusteita, joiden ymmärtäminen on keskeistä kokonaisuuden kannalta: mistä hankintojen kokonaiskustannukset koostuvat, millaisia erilaisia varastonohjausmenetelmiä on löydettävissä ja mitkä niiden keskeiset erot ovat. Materiaalitarvelaskennan osuus tämän työn kannalta on suuri, joten sen perusteet esitettiin erityisen kattavasti. Lisäksi kokonaiskuvan hahmottamiseksi toiminnan- ja tuotannonohjausmuotojen kysymyksiä käsiteltiin erityisesti työn teoriaosuudessa. Työn empiiriset valinnat muodostuivat valitsemalla teorian pohjalta kuhunkin kohteeseen soveltuvat menetöt. Niitä ei voi kuitenkaan pitää yksiselitteisesti oikeina vaan kyse on aina jossain määrin kompromisseista ja valituista näkökulmista.

Työn tavoitteena oli ”hankintatoimen, varaston- ja materiaalienhallinnan kokonaisvaltainen kehittäminen”, joka jaettiin alla esitettäviin osaongelmiin:

- Mitä toimenpiteitä vaaditaan, jotta materiaalinhallinnassa käytettävä tieto saadaan mahdollisimman reaaliaikaiseksi ja paikkansapitäväksi?
- Mitkä varastonhallinnan menetelmän soveltuvat kullekin nimikeryhmälle?
- Materiaalitarvelaskennan työkalun rakentamiseen vaadittavat tiedot ja osaaminen.
- Tilaus-toimitusprosessien aikataulutusten yhteensopivuus suhteessa tuotannon ja myynnin rytmeihin.
- Minkä nimikkeiden tehokkaaseen hallintaan tulee keskittyä, jotta voidaan saavuttaa suurimmat hyödyt ja säästöt?
- Valmistuotevarastoinnin ja tuotannosuunnittelun rooli tehokkaassa toiminnassa?

Nämä asetetut osaongelmat ovat osin päällekkäisiä ja vastaukset niihin ovat riippuvaisia toisistaan. Työssä pyrittiin luomaan kokonaisvaltainen, toimiva pohja Yrityksen toiminnalle ja jatkokehittämiselle. Kaikkia osaongelmien ratkaisuita ei kuitenkaan dokumentoitu tähän työhön vaan ne toivottavasti jäivät yritykseen normaaleiksi toimintatavoiksi.

Tuloksena työssä luotiin tarvittava pohja materiaalitovelaskennalle, jonka käyttö ostajan työssä on päivittäistä. Yhdistämällä toiminnanohjausjärjestelmästä saatavat tiedot käytännön laskentaan ja tilausten suunnitteluun sopivampaan excel-työkaluun kyettiin tässä työvaiheessa tapahtuvat virheet minimoimaan ja työaika vapauttamaan muuhun toimintaan. Edellytys järjestelmän toiminnalle oli tietojen oikeellisuuden ja ajantasaisuuden varmistaminen, mikä saavutettiin muun muassa inventaarioiden ja työerien raporttien suorittamista muuttamalla. Työkalu ei kuitenkaan ole täydellinen, joten sen kehittämistä tulee jatkaa.

Eri nimikeryhmillä käytettävät menetelmät ja politiikat löydettiin luontevasti: vain yksi nimikeryhmä jäi MRP-laskennan ulkopuolelle eli varastotasojen seuranta muilta osin perustuu MRP-laskentaan. Täydennysmenetelmien osalta puhtaasti MRP-ohjautuvat tilaustavat valittiin vain muutamalle tärkeimmistä ja suuri menekkisimmistä nimikkeistä, muiden osalta parhaiksi menetelmiksi löydettiin yhdistelmät MRP:n kulutusennusteita ja EOQ:ta tai muiden, toimittajien asettamien rajoitteiden mukaiset toimintatavat.

Lähtevän tavaran logistiikalle tehdyt muutokset vaativat sekä tulevan että lähtevän tavaran osalta tilaus-toimitusprosessien uudelleen aikatauluttamiset, mutta mahdollistivat kustannussäästöt. Logistiikassa on kuitenkin edelleen potentiaalia säästöihin suoraan kuljetusten kustannusten alentamisen kautta, mutta myös tämän vaikutuksena mahdollistuvan varaston kiertonopeuksien kasvattamisen toimituskyklien nopeuttamisen kautta.

Erityisesti kahden toimittajan ja nimikekategorian osalta tehdyn tarkemman tarkastelun pohjalla oli niiden rahallinen sekä tilankäytöllinen merkittävyys. Näiden hallinnan kehittämisen pohjalla oli edellä mainitut aikataulutukset ja kysymys oli tämän jälkeen tilauseräkokojen määrittämisestä eli käytännössä kuinka monen viikon riitto on keskimäärin kannattavaa tilata. Kokonaiskustannusten

komponentteja tutkimalla molempien suhteen päästiin tulokseen, että kaikki tekijät puoltavat tilausten riittojen pitämistä kahdessa tai yhdessä viikossa. Valinta näiden välillä määräytyy muun muassa tuotannon tason, varastotilan sen hetkisen riittävyyden ja tuotantokalenterin oletetun tarkkuuden perusteella, mutta myös logistiikan kapasiteetti voi asettaa tuotannon korkeimmilla tasoilla omat rajoitteensa. Työssä esitetyt vastaukset ovat luonteeltaan enemmän ohjeellisia kuin määrääviä, koska päätökset riippuvat halutuista painotuksista ja tilanteet toimintaympäristössä muuttuvat jatkuvasti.

Valmistuotevaraston osalta luotiin lopputuotteille ABC-kategoriointi, jota tämän työn jälkeen Yrityksessä pyritään implementoimaan käytäntöön yhdessä tuotannosuunnittelun työkalun kanssa. Analyysissa eroteltiin asiakkuuksien tärkeyden pohjalta lopputuotenumikkeet kategorioihin, joilla on erilaiset varastonohjaukselliset parametrit.

Tärkeimpänä johtopäätöksenä esitetään huomio myyntiennusteiden oikeellisuuden vaikutuksista koko yrityksen toiminnan tehokkuudelle. Myyntiennusteiden pohjalta laaditaan tuotantokalenteri, jonka pohjalta puolestaan lasketaan materiaalityö ja tehdään tilaukset. Virheet myyntiennusteissa siirtyvät suoraan alas varastoihin joko niiden puutetilanteina tai niiden liian korkeina tasoina. Tämä ongelma liittyy vahvasti prosessien läpimenoaikojen pituuteen, jotka pakottavat ennustamaan pitkälle tulevaisuuteen: mikäli läpimenoaikoja voitaisiin edelleen lyhentää tai toiminnassa siirtyä enemmän MTO:n tai ATO:n luonteiseksi, voisi Yritys nopeammin reagoida markkinoiden tarpeisiin.

Läpimenoaikojen lyhentäminen alkupäästä eli puolivalmisteen valmistamiseksi vaadittavien raaka-aineiden tilaus-toimitusprosessien keston eliminoiminen siirtymällä varmuusvarastoinnin, varasto-ohjautuvan hallinnan ja materiaalityövelaskennan hybridiin on jatkotutkimuksen arvoinen kysymys. Yrityksessä on tehty karkeat investointilaskelmat esimerkiksi nimikeryhmän R-A2 ulkoisten varastosäiliöiden kannattavuudesta, jotka eivät osoittautuneet kannattaviksi. Nykyisen varastotilan puitteissa raaka-aineiden laajamittaisempaa spekulatiivista varastointia ei kuitenkaan nähdä mahdollisena, mutta tilojen laajentaminen voisi tämän mahdollistaa.

LÄHDELUETTELO

Arnold, T. J.R., Chapman, S. N., Clive L. M. 2008. Introduction to Materials Management. 6th ed. New Jersey: Pearson Education

Axsäter, S. 2006. Inventory Control. 2nd ed. Springer international series in operations research & management science. New York

Baily, P., Farmer, D., Jessop, D., Jones, D. 1998. Purchasing Principles and Management. 8. ed. Essex: Pearson Education Limited

Benton, W. C. & Shin, H. 1998. Manufacturing planning and control: The evolution of MRP and JIT integration. European Journal of Operational Research, vol. 110, pp. 411-440

Chen, Y., Li, K. W., Kilgour, D. M., Hipel, K. W. 2008. A case-based distance model for multiple criteria ABC analysis. Computers & Operations Research, vol. 35, pp. 776-796

Coyle, J. J., Bardi, E. J., Langley, C. J. Jr. 1996. The Management of Business Logistics. 6. ed. Minnesota: West Publishing Company

Dobler, D. W. & Burt, D. N. 1996. Purchasing and Supply Management: Text and Cases. 6. ed. New York: McGraw-Hill

Fogarty, D.W., Blackstone, J. H., Hoffman, T. R. 1991. Production & Inventory Management. Cincinnati/Ohio: South-Western Publishing Company

Haverila, M. J., Uusi-Rauva, E., Kouri, I., Miettinen. A. 2009. Teollisuustalous. Tampere: Infacts

Hemmati, S. & Rabbani, M. 2010. Make-to-order/make-to-stock partitioning decision using the analytic network process. Int J Adv Manuf Technol, vol. 48, pp. 801-813

- Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. 2004. Tutki ja kirjoita. 10. painos. Jyväskylä: Gummerus
- Ioannou, G. & Dimitriou, S. 2012. Lead time estimation in MRP/ERP for make-to-order manufacturing systems. *Int. J. Production Economics*, vol. 139, pp. 551-563
- Jonsson, P. 2008. *Logistics and Supply Chain Management*. Berkshire: McGraw-Hill Education
- Kadipasaoglu, S. N. & Sridharan, V. 1995. Alternative approaches for reducing schedule instability in multistage manufacturing under demand uncertainty. *Journal of Operations Management*, vol. 13, pp. 193-211
- Koh, S.C.L. 2004. MRP-controlled batch-manufacturing environment under uncertainty. *Journal of the Operational Research Society*, vol. 55, pp. 219-232
- Koh, S. C. L., Saad, S. M., Jones, M. H. 2002. Uncertainty under MRP-planned manufacture: review and categorization. *Int. J. Prod. Res.*, vol. 40, no. 10, pp. 2399-2421
- Lambert, D. M. & Stock, J. R. 1992. *Strategic Logistics Management*. 3. ed. Richard D. Irwin
- Lee, H-H., Zhou, J., Hsu, P-H. 2015. The role of innovation in inventory turnover performance. *Decision Support Systems*, vol. 76, pp. 35-44
- Li, Z. & Ierapetritou, M. G. 2010. Rolling horizon based planning and scheduling integration with production capacity consideration. *Chemical Engineering Science*, vol 65, pp. 5887-5900
- Louly, M-A. & Dolgui, A. 2011. Optimal time phasing and periodicity for MRP with POQ policy. *Int. J. Production Economics*, vol. 131, pp. 76-86

Muckstadt, J.A. & Sapra, A. 2010. Principles of Inventory Management. When You Are Down to Four, Order More. Springer series in operations research and financial engineering. New York

Narayanan, A. & Robinson, P. 2010. Evaluation of joint replenishment lot-sizing procedures in rolling horizon planning systems. *Int. J. Production Economics*, vol. 127, pp. 85-94

Olhager, Jan. 2010. The role of the customer order decoupling point in production and supply chain management. *Computers in industry*, vol. 61, pp. 863-868

Rafiei, H. & Rabbani, M. 2011. Order partitioning and Order Penetration Point location in hybrid Make-To-Stock/Make-To-Order production contexts. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 61, pp. 550-560

Scheuing, E. E. 1988. *Purchasing Management*. New Jersey: Prentice-Hall

Stonebraker, P. W. 1996. Restructuring the bill of material for productivity: A strategic evaluation of product configuration. *Int. J. Production Economics*, vol. 45, pp. 251-260

Tang, O. & Grubbström, R. W. 2002. Planning and replanning the master production schedule under demand uncertainty. *Int. J. Production Economics*, vol. 78, pp. 323-334

Tersine, R. J. 1988. *Principles of inventory and materials management*. 3. ed. New York: Elsevier Science Publishing

Torabi, S.A., Hatefi, S.M., Saleck Pay, B. 2012. ABC inventory classification in the presence of both quantitative and qualitative criteria. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 63, pp. 530-537

Vargas, V. & Metters, R. 2011. A master production scheduling procedure for stochastic demand and rolling planning horizons. *Int. J. Production Economics*, vol. 132, pp. 296-302

Vrat, P. 2014. *Materials Management. An Integrated Systems Approach*. Springer Texts in Business and Economics. New Delhi: Springer

Waters, D. 2009. Supply Chain Management: An Introduction to Logistics. 2. ed. Hampshire: Palgrave Macmillan

Xie, J., Zhao, X., Lee, T. S. 2003. Freezing the master production schedule under single resource constraining and demand uncertainty. *Int. J. Production Economics*, vol. 83, pp. 65-84

Yu, M-F. 2011. Multi-Criteria ABC analysis using artificial-intelligence-based classification techniques. *Expert Systems with Applications*, vol. 38, pp. 3416-3421

Zhao, X., Lai, F., Lee, T. S. 2001. Evaluation of safety stock methods in multilevel material requirements planning (MRP) systems. *Production Planning & Control*, vol. 12, no. 8, pp. 749-803