



Open your mind. LUT.
Lappeenranta University of Technology

**Kauppateellinen tiedekunta
Kansainvälinen liiketoiminta
Kandidaatintutkielma**

Materiaalitarvelaskenta, varastonhallinta ja tilausten optimointi – Case pienpanimo

10.5.2013

Pekka Laukkanen

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Pekka Laukkanen

Tutkielman nimi: Materiaalitarvelaskenta, varastonhallinta ja tilausten optimointi

Tiedekunta, koulutusohjelma, pääaine: LUT School of Business and Management, kauppatieteiden koulutusohjelma, hankintojen johtaminen

Ohjaaja: Tutkijaopettaja Katrina Lintukangas

Asiasanat: materiaalitarvelaskenta, varastonhallinta, varastonohjaus, materiaalinohjaus

Tämä kandidaatintutkielma tarkastelee, mitkä tekijät vaikuttavat teollisuusyrityksen varastonhallinnan ja materiaalinohjauksen kokonaiskustannuksiin. Kokonaistavoitteena on tunnistaa kohdeyritykselle sopivat varaston- ja materiaalinohjauksen menetelmät sekä tunnistaa kehityskohteita tulevaisuuden kehittämistä varten.

Tutkielman teoriaosassa käsitellään varastoinnin motiiveja, kustannustekijöitä ja erilaisia täydennysmenetelmiä sekä esitetään materiaalitarvelaskennan perusteita. Tältä pohjalta tutkielman empiirisessä osiossa tutkitaan kolmen eri raaka-ainetoimittajan osalta tilattavien nimikkeiden vuosikustannusten komponentit erilaisilla vuositilauslukumäärillä ja tilauseräko'oilla.

Tuloksena kustannuskomponenttien tarkastelusta saadaan suuntaa antavat vuosikustannukset eri tilausmäärillä tai tilausväleillä. Tulokset pohjautuvat kuitenkin hyvin yksinkertaistettuihin taustaoletuksiin, joten suoraan tulosten pohjalta ei tule toimintatapoja muodostaa.

Tutkielman perusteella voidaan todeta, että varastonhallinnan tekijät ovat keskenään ristiriitaisia, mutta oikein valituilla menetelmillä voidaan saavuttaa taloudellisia säästöjä ja kehittää toimintaa sujuvammaksi. Erityisesti materiaalitarvelaskentaan siirtyminen materiaalinhallinnassa ja ajantasainen varastokirjanpito tunnistettiin tärkeiksi jatkokehityskohteiksi.

ABSTRACT

Author: Pekka Laukkanen

Title: Material requirements planning, inventory management and optimization of replenishments

Faculty, department: LUT School of Business and Management, Business administration

Instructor: Researcher educand Katrina Lintukangas

Keywords: material requirements planning, inventory management, inventory control, material control

This bachelor's thesis studies the factors contributing to the total costs of an industrial company's inventory and materials management. In addition, the aim is to recognize suitable inventory and materials management methods for the case-company and also to identify areas of development for the future.

The theory part of this study contains motives for inventory keeping, cost components, different methods for replenishments and also presents the basics for material requirements planning. Basing on the theories presented, the empirical part of this study examines the total costs of inventory management with different yearly order intervals/batch sizes in three different supplier cases.

As a result of cost component examination approximate yearly costs are presented. The results are based simplified assumptions so it cannot be taken as a basis for future operation as such.

From this study it can be said that the different factors in inventory management are in conflict with each other but by choosing the right methods for the right cases economical savings and fluent operation can be accomplished. Especially moving to material requirements planning and better inventory bookkeeping are identified as important development areas for the future.

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	1
1.1	Tutkielman taustat ja aiheen valinta.....	1
1.2	Tutkimusongelmat, tavoitteet ja rajaukset.....	2
1.3	Tutkimusmenetelmät	3
1.4	Kirjallisuuskatsaus ja tutkielman rakenne	4
2	Varastonohjaus.....	5
2.1	Varastoinnin motiivit ja jaottelu	5
2.2	Varastoinnin kustannukset.....	7
2.3	Varastojen täydentäminen	10
2.3.1	Just-In-Time –varastonohjaus.....	11
2.3.2	Taloudellinen tilauseräkoko EOQ	12
2.3.3	Taloudellinen tilausväli EOI	16
2.4	ABC-analyysi	18
2.5	Materiaalitarvelaskenta MRP	19
2.5.1	MRP:n toteuttaminen	21
3	Saimaan Juomatehdas	23
3.1	Yleistä tietoa yrityksestä ja toimialasta	23
3.2	Varaston- ja materiaalinohjauksen nykytila	24
3.3	Lopputuotteiden valmistusprosessi.....	24
3.4	Varastointi ja materiaalien tarvelaskenta	25
3.4.1	Toimittaja A.....	27
3.4.2	Toimittaja C.....	30
3.4.3	Toimittaja B.....	28
4	Johtopäätökset	32
	LÄHDELUETTELO	35
	LIITTEET	

1 Johdanto

Johdannossa kerrotaan tutkielman taustat ja lähtökohdat sekä aiheen valintaan vaikuttaneet tekijät. Tämän lisäksi johdannossa määritellään tutkielman tutkimusmusongelmat, tavoitteet sekä rajaukset. Lopuksi kerrotaan käytetyistä tutkimusmenetelmistä, alan kirjallisuudesta sekä tutkielman rakenteesta.

1.1 Tutkielman taustat ja aiheen valinta

Hankinnat ja materiaalien ohjaus nähdään helposti vain pakollisena pahana, jota on tehtävä, jotta yritys voi suorittaa ydinosamisalueeseensa kuuluvaa toimintaa. Tehottomasti hoidettuna ne voivat huomaamattomasti aiheuttaa huomattavia lisäkustannuksia ja olla esteenä tuotannon sujuvuudelle. Materiaaliohjauksen tehtävänä on siis pitää huoli siitä, että materiaalit tarpeet tyydytetään tuotantoketjussa tehokkaasti, jotta lopputuote on asiakkaalla oikeaan aikaan.

Panimoteollisuus on varsin pääoma- ja osaamisintensiivinen, raaka-aineiden osuus liikevaihdosta ei kuitenkaan ole suuri. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö niiden tehokkaan hallinnan kautta voitaisi päästä huomattaviin kustannussäästöihin. Kuten useimmat muutkin toimialat, panimoteollisuus on jatkuvien paineiden alla kustannustensa alentamiseen. Tavoite on päästä pääoman ja varastojen mahdollisimman nopeaan kiertoon, mutta toisaalta tulee pitää mielessä toiminnan muut vaatimukset ja luonne tuotannon sekä asiakkaiden osalta.

Pienpanimotoiminta on viime vuosina lähtenyt kasvuun Suomessa niin kysynnän kuin tarjoavien yritystenkin osalta. Markkinoita hallitsevat vielä muutamat suuret toimijat eli kokonaisuudessaan markkinat ovat hyvin kilpaillut. Toiminnan luvanvaraisuuden lisäksi merkittävä tekijä uusien toimijoiden osalta on jakelukanaviin pääsyn vaikeus, jotka siis toimivat alalle tulon esteinä. Toimiala on myös jatkuvan epävarmuuden alla alkoholilainsäädännön muutosten suhteen, mikä aiheuttaa osaltaan riskejä.

Tässä tutkielmassa tarkastellaan suomalaisen pienpanimon hankintoja sekä materiaalinohjausta. Aihe muodostui yrityksen käytännön tarpeista löytää perustellut toimintatavat, joiden avulla myös tavoitellaan kustannussäästöjä ja toiminnan sujuvuutta.

1.2 Tutkimusongelmat, tavoitteet ja rajaukset

Tutkimuksen tavoitteena on analysoida case-yrityksen hankintatoimen nykytilaa, mikä on materiaalinohjauksen rooli ja selvittää kuinka sen keinoin toimintaa voidaan tehostaa ja kehittää.

Päätutkimusongelma on seuraava:

- miten varastonhallinnan ja materiaalinohjauksen avulla optimoidaan varastoinnin ja tuotannon kokonaiskustannuksia

Päätutkimusongelmaa selvitetään sille alisteisten osaongelmien kautta, joita ovat seuraavat:

- miten case-yrityksen tuotannon luonne tulee ottaa huomioon tilaus-toimitusprosessin, varastoinnin sekä materiaalinohjauksen kannalta
- mitkä ovat kokonaiskustannuksiin vaikuttavat tekijät ja kuinka niihin voidaan vaikuttaa
- millaisia menetelmiä voidaan soveltaa case-yrityksen varastonhallinnassa ja materiaalinohjauksessa sekä kuinka toimintaa tulisi kehittää

Tutkielman tärkeimpänä tavoitteena on löytää menetelmät ja toimintatavat, joiden avulla case-yrityksen kokonaiskustannuksia voidaan optimoida. Tähän liittyy myös tavoite tulosten käytännöllisyydestä ja soveltamisen yksinkertaisuudesta. Tuloksena pyritään täten esittämään monipuolisesti kokonaiskustannusten muodostumiseen vaikuttavat tekijät ja ohjeita menettelytapoihin. Tavoitteena on selkeyttää kokonaiskuvaa yrityksen hankintatoimen ja materiaalinohjauksen nykytilasta sekä vaatimuksista ja tämän kautta löytää kehittämiskohteita sekä vastauksia niihin.

Rajaukset muodostuvat yllä mainittujen tutkimusongelmien ja tavoitteiden kautta. Tutkielmassa keskitytään vain raaka-aineiden hankintoihin ja varastointiin, eli esimerkiksi palveluiden hankinnat ja lopputuotteiden varastointi jäävät tarkastelun ulkopuolelle. Lisäksi myöskään toimittajien osalta suhteiden ja toiminnan kehittämistä ei oteta huomioon vaan asiat otetaan annettuina.

Teorian rajaukset muodostuvat yllä mainittujen seikkojen perusteella, mutta koska tavoitteena on myös luoda selkeä yleiskuva varastonhallinnasta ja materiaalinohjauksesta, tarkastellaan teoriaa osin laajemmin.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tyypiltään tutkielma on kvalitatiivinen, eli laadullinen tapaustutkimus. 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)

Aineiston keruun menetelmät vaihtelevat osallistuvasta havainnoinnista vapaamuotoisiin keskusteluihin sekä avoimiin ja strukturoimattomiin kyselyihin ja analyysihin (Hirsjärvi et al., 2004, 183). Osallistuvalla havainnoinnilla saadut tiedot perustuvat työsuhteen kautta saatuun tietoon ja kokemukseen yrityksen toiminnasta. Haastatteluiden ja keskustelujen avulla kerätään tietoa tavoitteista koskien tutkielmaa sekä olennaisia faktuaalisia tietoja. Tämän lisäksi aineiston hankinnassa käytetään erityisesti hintatietoihin liittyviä sähköisiä dokumentteja.

Tutkielman tarkoituksena voi yleensä olla tyypiltään kartoittava, kuvaileva, selittävä tai ennustava. Tarkoitukset eivät kuitenkaan ole toisensa poissulkevia eli ne voivat esiintyä yhdessä. (Hirsjärvi et al., 2004, 129) Tässä tutkielmassa tunnistetaan kunkin tarkoituksen elementtejä.

1.4 Kirjallisuuskatsaus ja tutkielman rakenne

Varastohallinnan periaatteet ovat pysyneet vuosien varrella pitkälti samana. Eräinä tärkeimpinä sitä koskevana yleiskattavina teoksina voidaan mainita Tersine (1988) sekä Lambert & Stock (1992), jonka 1. painos ilmestyi myös jo 80-luvulla.. Tuoreet tieteelliset artikkelit aihepiiristä keskittyvät suurelta osin hienostuneempien matemaattisten mallien kehittämiseen spesifeihin ongelmiin. Materiaalitarvelaskennan (MRP) osalta kirjallisuus polveutuu jo 70-luvulta ja sitä tutkittu ja laajettu ahkerasti siitä lähtien. Opinnäytetöitä LUT:ssa on vastaavan kaltaisista, mutta ei täysin yhtenevistä aiheista tehty useita. Näistä mainittakoon Pro gradut: Jääskeläinen (2004), Sainio (2004), Vesterinen (2004), joista kaksi ensimmäistä käsittelevät tuotantoyrityksiä ja viimeinen tukkukauppaa. Panimotoimintaa käsitteleviä opinnäytetöitä tai tieteellisiä artikkeleja ei tietokantahauilla löytynyt.

Työ koostuu kahdesta kokonaisuudesta, kirjallisuuteen pohjautuvasta teoriaosuudesta ja teoriaosaan tukeutuvasta, kohdeyrityksen tarpeiden mukaan toteutetusta empiirisestä osasta. Teoriaosuudessa käsitellään ensin varastohallinnan peruskysymyksiä ja malleja sekä materiaalitarvelaskennan perusteita (luku 2). Näiden kautta pyritään muodostamaan selkeä kuva etenkin tutkielman case-yritykseen liittyvistä näkökulmista eli fokus on tuotantotoiminnassa. Empiirinen osa alkaa case-yrityksen esittelyllä ja kuvauksella sen hankintatoimen nykytilasta sekä tuotannosta. Tämän jälkeen käydään läpi materiaalien tarvelaskennan menettelytapoja ja taustaoletuksia esitettävien toimittajakohtaisten tilauseriä koskevien laskelmien taustaksi ja tueksi (luku 3). Lopuksi luvussa neljä tehdään johtopäätökset, tulkintoja sekä toimenpide- ja kehitysehdotuksia pääasiassa luvussa kolme esitetyistä asioista.

2 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)

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)

2.1 Varastoinnin motiivit ja jaottelu

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

- 1) auttaa yritystä pääsemään käsiksi mittakaavaetuihin. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi suurten tilauskokojen määrälennuksia ja täten myös suhteellisten toimituskulujen vähenemistä
- 2) tasapainottaa kysyntää ja tarjontaa. Esim. 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 esim. raaka-aineiden spekulatiiviset ostot ennen hinnannousua ja lopputuotteiden varastoinnilla vältetään kysyntäpiikkien aiheuttamat varaston puutetilanteet

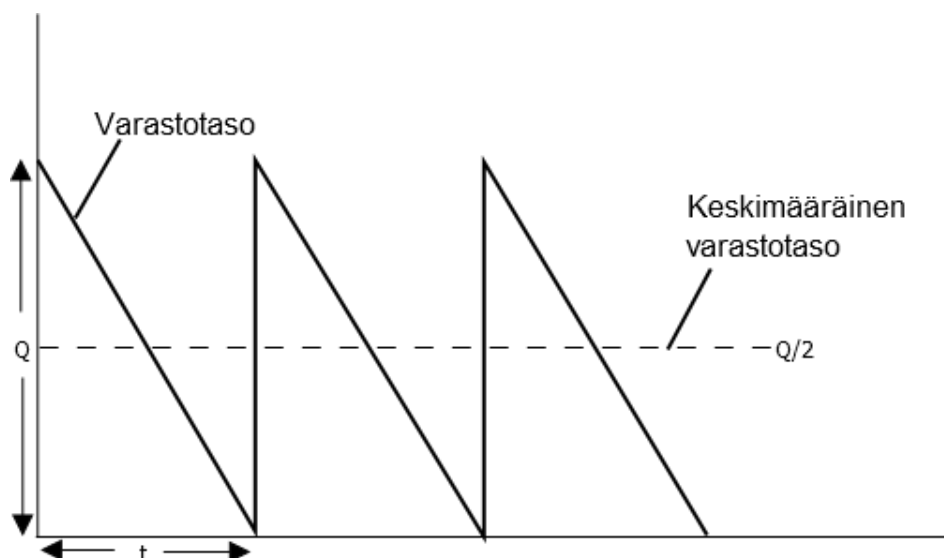
- 5) toimia puskurina jakelukanavan kriittisten vaiheiden välillä. Koska jakelukanavan osapuolet ovat maantieteellisesti erillään, on varastoja pidettävä pitkin kanavaa, jotta voidaan saavuttaa ajan ja paikan vaatimukset (1992, 400-402)

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 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. (1988, 7-8)

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 muita varastointia tarvita. (Lambert & Stock, 1992, 403-404) Kuvassa 1 esitetään kiertovaraston syklit, missä Q = tilauserä koko ja t = aika.



Kuva 1. Optimaalinen ja klassinen varaston kiertosykli (Coyle et al., 1996, 199; Tersine 1988, 92)

Siirtovarastot 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, 404-405)

2.2 Varastoinnin kustannukset

Varastoinnin kustannukset ovat tärkeitä kolmesta eri syystä: ne muodostavat merkittävän osan logistiikan kokonaiskustannuksista monissa yrityksissä, varastotasot toimitusketjun eri osissa vaikuttavat saavutettavaan palvelutasoon sekä kustannusten trade-off -päätökset riippuvat ja 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). Tätä voidaan arvioida laskemalla WACC-tunnusluku:

$$WACC = \frac{E}{D+E} * R_f + \beta * MRP + \frac{D}{D+E} * R_b * (1-t) \quad (1)$$

missä WACC = pääoman painotettu keskimääräinen kustannus

E = pääoman määrä

D = velan määrä

R_f = riskivapaa tuotto

β = yrityksen betakerroin

MRP = markkinoiden riskipreemio

R_b = rahan hinta yritykselle

t = veroaste

(Chopra & Meindl, 2001, 169-170)

WACC on verojen jälkeen –tunnusluku kun taas varastolaskelmat tehdään ennen veroja –luvuilla, joten WACC täytyy muuntaa ennen veroja –luonteiseksi:

$$\text{Ennen veroja WACC} = \frac{WACC}{1-t} \quad (2)$$

(Chopra & Meindl, 2001, 170)

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 esim. 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 esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. 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:

$$CC = \frac{Q}{2} * C * I \quad (3)$$

missä CC = nimikkeen varastonpitokustannukset vuodessa

Q = nimikkeen tilaus-/toimitusmäärä yksiköissä

C = nimikkeen yksikköhinta

I = nimikkeen varastonpitokustannus-%

(Dobler & Burt, 1996, 525)

Kaava 3 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. Tilaukskustannuksissa voi olla sekä kiinteitä että muuttuvia kustannuskomponentteja: kiinteitä ovat muun muassa informaatiojärjestelmät ja tietyt tilat. Muuttuvia kustannuksia 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 tilaukskustannukset saadaan kaavalla:

$$AC = \frac{U}{Q} * A \quad (4)$$

missä AC = nimikkeen tilaukskustannukset vuodessa

U = nimikkeen odotettu vuosikäyttö yksiköissä

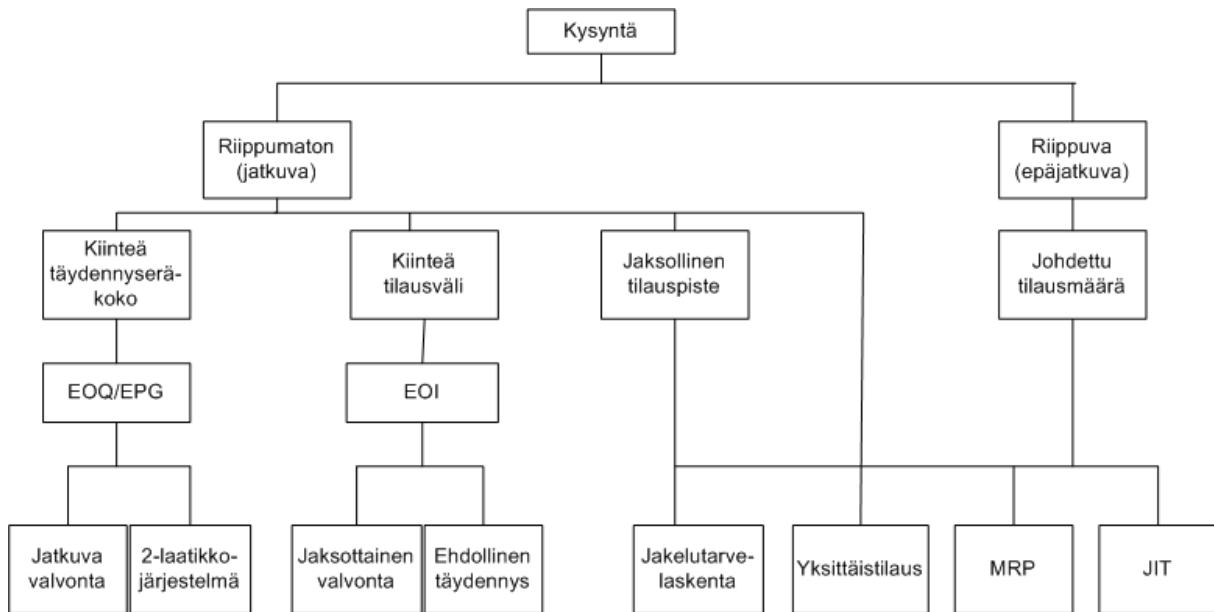
Q = nimikkeen tilaus/toimitusmäärä yksiköissä

A = nimikkeen hankintakustannus tilausta tai toimitusta kohden

(Dobler & Burt, 1996, 527)

2.3 Varastojen täydentäminen

Varastojen täydentämisen peruskysymykset ovat tänäkin päivänä ”kuinka paljon tilata?” ja ”milloin?”, mutta se kuinka näihin vastauksiin päädytään, on tullut monimutkaisemmaksi – erilaisia varastointijärjestelmiä ja –strategioita on useita (kuva 2). Se, mihin lähestymistapaan päädytään, riippuu yrityksen toimintaolosuhteista ja siitä kuinka paljon tiettyjä yksinkertaistavia oletuksia voidaan tehdä. Pääsääntöisesti: mitä monimutkaisemmat olosuhteet, sitä hienostuneempi järjestelmä. (Coyle et al., 1996, 190)



Kuva 2. Kysyntään perustuvat varastointijärjestelmät (Tersine, 1988, 503)

Kuvasta 2 käy ilmi yleisemmät varastointijärjestelmätyypit sekä kuinka ne voidaan jaotella ensinnäkin riippumattoman ja johdetun kysynnän mukaan. Coyle et al. (1996, 191) ja Jonssonin (2008, 264) mukaan tämä erottelu on oleellista, jotta oikea järjestelmä voidaan valita. Varastoitavan yksikön kysyntä on riippumatonta, kun sen kysyntä ei riipu muiden yksiköiden kysynnästä. Jos yksikön kysyntä liittyy tai johtuu toisen yksikön tai tuotteen kysynnästä, on kyseessä johdettu/riippuva kysyntä.

Jotta optimaalinen varastointi- ja tilauspolitiikka voidaan määrittää, tulee tuntea tuleva kysyntä, varastoinnin ja tilaamisen kustannukset sekä toimitusajat. Deterministisissä malleissa nämä tunnetaan ja voidaan laskea varmuudella eli niihin ei liity epävarmuutta. Vaikka käytännössä asiat eivät käytäydy tarkalleen ennusteiden mukaan, ovat deterministiset mallit usein hyviä approksimaatioita ja lähtökohtia toiminnalle. (Tersine, 1988, 90)

2.3.1 Just-In-Time –varastonohjaus

JIT on enemmän kuin varastonhallintajärjestelmä, sillä se on suunniteltu eliminoimaan varastojen tarve ylipäänsä ja tämän takia se vaatii koko tuotannon ja toimitusketjusketjun tarkastelemista kokonaisuutena. Siihen liittyvät hyödyt ja säästöt

syntyvät varastonpitokustannuksista, tilauskustannuksista, laadun paranemisesta, ”ylimääräisen” vähenemisestä, tuotantoprosessin virtaviivaistamisesta ja tuotannon pullonkaulojen eliminoimisesta. (Fazel et al., 1998, 102)

Just-In-Time voidaan kääntää suomeksi ”juuri oikeaan aikaan” ja se tarkoittaa siis, että juuri oikea määrä oikeita yksiköitä toimitetaan oikeaan aikaan ja oikeaan paikkaan. Ylimääräiset yksiköt nähdään täten ”jätteenä” ja puuttuvat yhtä vakavina. Jätteenä käsitetään kaikki minimitason ylittävät materiaaliresurssit, koneet ja työvoima. Tuotteeseen arvoa lisää vain siihen suoraan kohdistettu työ, kun taas muut aktiviteetit, kuten liikuttaminen, varastointi ja järjestely lisäävät vain kustannuksia eivätkä arvoa. (Tersine, 1988, 26)

2.3.2 Taloudellinen tilauseräkkö EOQ

EOQ (Economic Order Quantity) on sellainen tilauseräkkö, joka minimoi yksikön varastoinnista ja tilaamisesta muodostuvat kokonaiskustannukset (Dobler & Burt, 1996, 528).

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:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot C \cdot R}{P \cdot F}} \quad (5)$$

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:

$$TC = R \cdot P + \frac{R \cdot C}{Q} + \frac{Q \cdot H}{2} \quad (6)$$

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)

Määräalennukset ovat yleinen käytäntö ja ne tulee lisäksi ottaa huomioon laskelmissa – EOQ ei itsessään niitä huomioi. Suuremmat tilauskoot siis kasvattavat varastonpitokustannuksia, mutta ostaja säästää tilaus- ja yksikkökustannuksissa. Määräalennukset voivat koskea joko tietyn määrän ylimenevää osaa, tai koko tilausmäärää. Kun jälkimmäinen pätee, saadaan alimmat kokonaiskustannukset toteuttava tilausmäärä ensin laskemalla EOQ (kaava 5) kullakin yksikköhinnalla, kunnes validi EOQ saavutetaan (arvo toteuttaa ehdon alennukselle) ja tämän jälkeen laskemalla kokonaiskustannukset saadulle EOQ:lle sekä niille määrille, jotka ovat tätä suurempia ja toteuttavat ehdon alennukselle (Tersine, 1988, 99-102). Tätä samaa menetelmää noudattamalla voidaan myös toimituskustannusten hintaerot erilaisille määrille ottaa huomioon (Lambert & Stock, 1992, 412-413).

Chopra & Meindl (2001, 144) huomauttavat kuitenkin, että tarkan EOQ-määrän tilaamisen sijaan, yrityksen monesti kannattaa tilata sille sopivampi määrä lasketun arvon tuntumasta. Käytännössä mahdollisiin tilauseräkokoihin vaikuttavat myös muun muassa pakkaus- ja minimi-tilauskoot toimittajilta. Watersin (2009, 350-351) mukaan kokonaiskustannukset nousevat hitaasti EOQ:n molemmin puolin: jos tilataan 64% ja 156% väliltä lasketusta EOQ:sta, ollaan vielä 10% sisällä minimikustannuksista. Tämän takia EOQ on hyvä ohjenuora: jos esimerkiksi halutaan lisää joustavuutta, voidaan tilata EOQ:ta reilusti pienempiä määriä jos samalla voidaan hyväksyä kokonaiskustannusten pieni nousu. Tämän lisäksi tulee huomata, että jos useampia tuotteita voidaan yhdistää samaan toimitukseen, kannattaa yksittäisiä tuotteita tilata vähemmän kerralla ja näin kiertovarastoa saadaan pienennettyä, koska kiinteät tilaus- ja toimituskustannukset jakautuvat useammalle yksikölle (Chopra & Meindl, 2001, 145; Waters, 2009, 351).

Epävarmuuden vallitessa, kysyntä R , tilauskustannus C ja yksikön varastonpitokustannukset H voivat olla hankalia, mutta mahdollisia määrittää. Erityisesti tämä on tilanne kun:

- varastoidaan uusissa tiloissa, eikä varastoinnin kustannukset ole vielä tulleet ilmi
- varastoidaan uusia tuotteita, jotka ovat vasta astumassa markkinoille
- varastoitavan tuotteen markkinat ovat kilpaillut ja alttiina volatiliiteetille

- varastoidaan vienti- ja tuontihyödykkeitä, jolloin varastoinnin kustannukset riippuvat kurssivaihteluista, valtioiden määräyksistä ja mm. tullaamiseen liittyvistä epävarmuuksista. (Yu, 1997, 484)

EOQ:ta on kritisoitu paljon, mutta suuri osa tästä kritiikistä johtuu siitä, että EOQ:ta on sovellettu väärin, eli tilanteisiin, joihin se ei sovi. Yksi oleellinen tekijä on läpimeno- eli toimitusajan suuri vaihtelu (Baily et al. 1998, 110).

Jos läpimenoaika oletetaan vakioksi, voidaan tilauspiste laskea kaavalla:

$$TP = L * D \quad (7)$$

missä TP = tilauspiste
L = läpimenoaika
D = kysyntä

(Waters, 2009, 348-349)

Mikäli läpimenoaika L tai kysyntä D kasvavat täydennyksen aikana, tapahtuu puutetilanne. Tätä estämään voidaan pitää varmuusvarastoa, joka toimii puskurina vaihteluita vastaan. Varmuusvarastot eivät vaikuta tilattavaan määrään, mutta vaikuttavat siihen ajankohtaan, jolloin uusi tilaus suoritetaan – tämä tapahtuu summaamalla kaavaan 7 varmuusvaraston määrä. Varmuusvarastot lisäävät varastoinnin kustannuksia, joten niiden hyötyä suhteessa mahdollisten puutetilanteiden aiheuttamiin haittoihin täytyy erikseen arvioida. Varmuusvarastojen koko voidaan määrittää esimerkiksi halutun palveluasteen ja normaalijakauman avulla, mutta tämä vaatii läpimenoajan L olevan vakio. (Waters, 2009, 354-356)

2.3.3 Taloudellinen tilausväli EOI

EOQ määritteli kiinteän tilauseräkoon, joka tilataan aina kun varasto saavuttaa tilauspisteen. Varastojen tilan seuranta voi vaatia tällöin kuitenkin suuria panostuksia. Toinen vaihtoehto on jaksollisen seurannan järjestelmä, jossa tietyin ajanjaksoin tarkistetaan varaston tila ja tilataan epäsäännöllisiä määriä. Tarkastukset voidaan tehdä vaikka päivittäin tai viikoittain. Yleisesti ottaen tämä tapa sopii yksiköille, joilla on korkea ja tasainen kysyntä, mutta joiden arvo on matala. (Waters, 2009, 359)

Kaksi oleellista kysymystä: mikä on tilausten aikaväli ja mikä on haluttu varastotaso? Aikaväli voi olla sopivaksi ja toimivaksi katsottu tai esimerkiksi lasketun EOQ:n avulla muodostettu (Waters, 2009, 359-360).

EOI voidaan laskea seuraavan kaavan avulla:

$$T = \sqrt{\frac{(2 \cdot C)}{R \cdot F \cdot P}} \quad (8)$$

missä T = taloudellinen tilausväli EOI

C = tilauskustannus per tilaus

R = yksikön/tuotteen vuosikysyntä

F = vuosittainen varastonpitokustannus-% yksikölle/tuotteelle

P = yksikön/tuotteen hinta

(Tersine, 1988, 137)

Kokonaiskustannukset saadaan laskettua summaamalla ostokustannukset, tilauskustannukset ja varastonpitokustannukset seuraavalla kaavalla:

$$TC = R \cdot P + R \cdot H \cdot T \quad (9)$$

missä TC = kokonaiskustannukset

$$H = P * F$$

(Tersine, 1988, 138)

Lisäksi tulee laskea maksimaalisen varaston taso, eli taso johon tähdätään. Sen täytyy olla tarpeeksi iso kattamaan kysyntä tilausvälillä T ja myös läpimenoajan L ajalla:

$$E = \frac{R*(T+L)}{N} \quad (10)$$

missä

E = maksimaalinen varastotaso

N = toimintapäiviä vuodessa

(Tersine, 1988, 138)

Deterministisissä tilanteissa ei kiinteään tilauseräköön ja jaksollisen seurannan järjestelmissä ole eroja (Waters, 2009, 359; Tersine, 1988, 138) eli molemmat voidaan johtaa toistensa tuloksista.

Jaksollisen seurannan järjestelmä helpottaa eri yksiköiden tilausten yhdistelemistä toimittajalta ja voi näin auttaa saavuttamaan määrälennuksia sekä kuljetuskustannusten säästöjä (Lambert & Stock, 1992, 414; Jonsson, 2008, 273). EOI on mahdollista laskea myös usealle tuotteelle kun ne voidaan yhdistää samaan tilaukseen eli tavoitteena on taas minimoida vuotuiset kokonaiskustannukset (Tersine, 1998, 139).

$$TC = \sum_{i=1}^n R_i P_i + \frac{C+nc}{T} + \frac{1}{2}TF \sum_{i=1}^n R_i P_i \quad (11)$$

missä

TC = kokonaiskustannukset

R_i = vuotuinen kysyntä yksikölle i

P_i = hankintahinta yksikölle i

n = tilaukseen yhdistettävien tuotteiden lukumäärä

C = tilauskustannukset yhdistetylle tilaukselle

c = kunkin yksikön yksittäiset tilauskustannukset

T = tilausten intervalli vuosissa

F = vuosittaiset varastonpitokustannukset osuutena tilauskustannuksista

(Tersine, 1998, 139)

T eli EOI saadaan selville seuraavalla kaavalla:

$$EOI = \sqrt{\frac{2(C+nc)}{F \sum_{i=1}^n R_i P_i}} \quad (12)$$

(Tersine, 1998, 140)

Tämän lisäksi tulee myös jälleen määrittää varaston maksimitaso E (kaava 10), jotta tilattava määrä voidaan laskea. Tilattava määrä saadaan näin ollen vähentämällä E :stä sen hetkinen varastotaso.

2.4 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 tunnistettu, 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.

ABC-analyysin hyödyt seuraavat sen antamasta pohjasta siihen, mihin nimikkeisiin yrityksen tulisi keskittyä eli käyttää aikaansa ja muita resurssejaan (Dobler & Burt, 1996, 522).

2.5 Materiaalitarvelaskenta MRP

Kirjallisuudessa akronyyymi MRP voi tarkoittaa joko materiaalitarvelaskentaa (Material Requirements Planning, MRPI) tai tuotannon resurssisuunnittelua (Manufacturing Resource Planning, MRPII). MRPII on laajennettu ottamaan huomioon mm. taloudellisia ja markkinoinnin näkökulmia, mutta ydin on MRPI:n kanssa sama (ks. Benton & Shin, 1998, 412; Lambert & Stock, 1992, 474). Tässä työssä puhuttaessa MRP:stä tarkoitetaan MRPI:tä.

MRP on laajalti käytössä teollisuudessa tuotannon suunnittelussa ja hankintojen johtamisessa johtuen sen selkeästä ja yksinkertaisesta viitekehuksesta, joka toimii tehokkaana informaatiojärjestelmänä päätöksentekijöille. (Louly & Dolgui, 2011, 76)

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

- kun materiaalin käyttö tai kysyntä on epäjatkovaa 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.

Jonsson (2008, 276) huomauttaa kuitenkin, että MRP sopii myös riippumattoman kysynnän tapauksiin, mutta tällöin nimityksenä käytetään aika-jaksotettua tilauspistettä (time-phased order point), joka on vaihtoehto traditionaaliselle tilauspiste-menetelmälle.

MRP:ssä käytetään paljon tietoa aikatauluista, tuotteista, materiaaleista ja toimittajista, jotka tulevat tuotannon pääaikataulusta, tuoteluettelosta sekä varastotiedoista (Waters, 2009, 274).

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:n laatu voi vaikuttaa huomattavasti kokonaiskustannuksiin, aikataulujen vakauteen ja varastojen palvelutasoon. Tämä tapahtuu usein sitä kautta, että MPS:ää muutetaan jatkuvasti – ilmiöstä käytetään nimityksiä ”aikataulun epävakaas” ja ”MPR:n hermostuneisuus” (Xie et al., 2003, 65).

Tuoteluettelo (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 mm. 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).

2.5.1 MRP:n toteuttaminen

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

On olemassa useita tekniikoita, joilla päättää tilattavat määrät. Näistä yksinkertaisin on ”lot for lot” –tekniikka, jolla tilataan tuotannon tarvitsema minimimäärä. Mikäli kerralla tilataan useamman periodin tarpeita vastaava määrä, tulee ja voidaan varastossa odottavalle määrälle kohdistaa varastonpitokustannuksia sekä ottaa huomioon tilauskustannukset. Tätä metodia kutsutaan osaperiodi tasapainottamiseksi (part-periods balancing) ja sillä on sama perusta kuin EOQ:lla, mutta se ei oleta varastoitavien materiaalien tasaista kulutusta. (Baily et al., 1998, 116-117)

Sánchezin et al. (2001,101-116) mukaan kun varastoinnin kokonaiskustannukset ovat funktio uudelleen tilaamisen intervallista, ovat eri tekniikat alkaen yksinkertaisimmasta lot for lot -tekniikasta monimutkaisimpaan add-drop heuristiikkaan (ADH) yhtä tehokkaita ja lähellä optimia, kun kysyntä on korkea. Näihin tekniikoihin luetaan myös least unit cost (LUC), joka on hyvin samankaltainen edellä mainitun osa-periodi tasapainottamisen kanssa. Kuitenkin kun kysyntä on alhaista ja materiaaleja/komponentteja on vähän, ADH tuottaa parhaat tulokset eli alhaisimmat kokonaiskustannukset. ADH on myös ainoa tekniikka, joka ottaa huomioon kesken olevan työn kustannukset, jonoissa olevien varastojen kustannukset sekä mahdolliset sakot. (Sánchez et al., 2001,101-116)

MRP olettaa, että suunniteltujen tilausten ja valmistuksen läpimenoajat ovat vakioita, eli se ei ota huomioon esimerkiksi viivästyneitä toimituksia ja laiterikkoja (Koh et al., 2002, 2400; Louly et al., 2008, 5422). Kaksi yleisintä tapaa hallita näitä epävarmuuksia on käyttää varmuusvarastoja tai varmuusläpimenoaikoja. Ei

kuitenkaan ole yksiselitteistä, kumpi käytetyistä metodeista on parempi. Zhao et al. (2001, 794-795) mukaan varmuusvarastot voivat vähentää MRP:n hermostuneisuutta ja parantaa palveluastetta, mutta kustannukset voivat olla erittäin korkeat. Koh et al. (2002, 2403-2404) toteaa, että käytettävä lähestymistapa riippuu epävarmuuden tyypistä, mutta esittelee myös ristiriitaisia tutkimustuloksia siitä, tulisiko ajallista epävarmuutta vastaan käyttää varmuusvarastoja vai varmuusaikoja.

3 Saimaan Juomatehdas

Tämä luku on tutkielman empiirinen osio, jossa käsitellään case-yritys Saimaan Juomatehdasta yrityksenä, sen nykyisiä toimintatapoja sekä nimikkeitä. Lopuksi sovelletaan soveltuvien osien teoriaosuuden asioita käytäntöön ja esitetään tämän pohjalta saadut tulokset, niiden tulkinnat sekä implikaatiot. Tiedot perustuvat yrityksen kehitysjohtajalta, panimopäälliköltä, taloushallinnolta sekä toimittajilta ja kuljetusyrityksiltä saatuihin tietoihin.

3.1 Yleistä tietoa yrityksestä ja toimialasta

Saimaan juomatehdas on vuonna 1999 perustettu pienpanimo ja on toiminut siitä lähtien Lappeenrannassa. Se on toiminut aiemmin nimellä Saimaan Olut sekä Saimaan Panimo, mutta vuonna 2011 nimi muutettiin nykyiseen muotoonsa.

Vuonna 2010 tuotanto oli 135 000 litraa, 2011 400 000 litraa ja vuonna 2012 noin 600 000 litraa olutta liikevaihdon ollessa noin 1,3 miljoonaa euroa, joten kasvu on ollut nopeaa. Erityisesti tähän on vaikuttanut vuonna 2011 tehty myynti- ja jakelusopimus Hartwallin tytäryhtiön Hartwa-Traden kanssa, minkä johdosta Marsalkka-oluita löytyy lähes jokaisesta vähittäiskaupasta.

Lappeenrannan toimitilojen kapasiteetti ei nykyisellään pysty tyydyttämään kasvavaa kysyntää, joten Saimaan Juomatehdas aloitti vuonna 2012 suunnittelun uusista toimitiloista, jotka päätettiin tehdä Mikkeliin. Tällä hetkellä uusi panimo on lähes valmis ja tuotanto on siirtymävaiheessa. Kapasiteetti uudessa panimossa on noin 2 miljoonaa litraa ja myös varastotilat ovat huomattavasti aiempaa suuremmat ja funktionaalisemmat. Myyntiennuste vuodelle 2013 on 800 000 litraa. Tällä hetkellä panimo työllistää noin 10 henkilöä.

Tuotteiden voidaan katsoa koostuvan Marsalkka-tuoteperheestä sekä muista tuotteista. Marsalkka-tuoteperheeseen kuuluvat Vaalea, Tumma, Luomuvehnä, Luomukarpalo, Savu ja Porteri. Näiden lisäksi panimon tuotteena on mm. Valamon Luostarin kanssa yhteistyössä valmistettava ortodoksiluostariolut Luostari.

Tärkeimpiä asiakkaita ovat vähittäiskaupat, Alko sekä ravintolat. Vähittäiskauppoihin jakelu tapahtuu Hartwa-Traden verkoston kautta ja Alkossa myytävät tuotteet toimitetaan Alkon jakelukeskukseen.

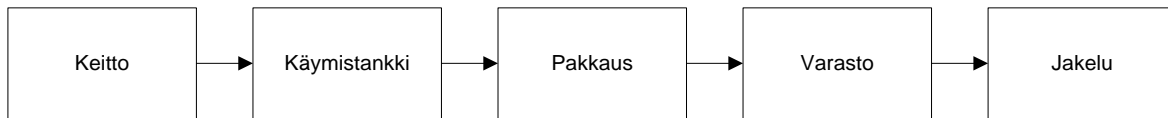
Saimaan Juomatehdas on Suomen 6. suurin panimo ja 3. suurin pienpanimo Laitilan Wirvoitusjuomatehtaan sekä Nokian panimon jälkeen. Pienpanimoita on tullut ja nähdään tulevan markkinoille useita vuosittain, mikä aiheuttaa kilpailun kiristymistä. Oluiden kokonaismarkkinat Suomessa ovat pienessä laskussa, mutta erikoisoluiden markkinat ovat kasvaneet ja niiden myös odotetaan kasvavan tulevaisuudessa.

3.2 Varaston- ja materiaalinohjauksen nykytila

Nykyisessä tilanteessa tuotantosuunnitelma on tiedetty karkeasti muutamia kuukausia eteenpäin ja vuosikysyntä varsin tarkasti tuotantokapasiteetin ollessa rajoitteena. Tuotantoaikatauluissa on kuitenkin tapahtunut viime hetkien muutoksia, mikä on aiheuttanut puutetilanteita raaka-aineiden osalta ja tällöin tuotantoa ei ole voitu aloittaa, mistä jälleen on seurannut tuotanto- ja muiden aikataulujen muutoksia. Tarvittavat materiaalit on tilattu toimittajilta vaihtelevien käytäntöjen mukaan, yleensä muutaman seuraavan tuotantoerän tarpeiden verran ja varastossa on näin ollut vaihtelevat määrät tarvittavia raaka-aineita eikä varsinaisia varmuusvarastoja ole pidetty. Varastosaldot on tarkistettu käsin, mikä on työlästä ja inhimillisille virheille altista, lisäksi raaka-aineiden saatavuudessa ja toimitusajoissa on ollut vaihteluita, mikä on taas aiheuttanut muutoksia tuotantoaikatauluihin. Raaka-ainetilaukset suorittaa panimon päällikkö.

3.3 Lopputuotteiden valmistusprosessi

Valmistusprosessin ensimmäistä vaihetta kutsutaan keitoksi. Olennaista on, että yhdenkin tarvittavan raaka-aineen puuttuessa, ei tuotantoa voida aloittaa. Kuvassa 3 esitetään prosessin kulku valmistuksesta jakeluun.



Kuva 3. Prosessi valmistuksesta lopputuotteiden jakeluun.

Eri oluilla on eri reseptit, joiden perusteella maltaat, humalat ja muut ainesosat mitataan. Keittoprosessi vie kokonaisuudessaan noin 7 tuntia, minkä jälkeen olut siirretään käymistankkiin, jossa se on keskimäärin 4 viikkoa. Tämän jälkeen useimmat oluet suodatetaan, jonka jälkeen ne ovat valmiita pakattavaksi pulloon, tölkkiin tai ravintola-astioihin. Olut katsotaan puolivalmisteeiksi niin kauan kunnes se on pakattu. Valmiita, pakattuja tuotteita varastoidaan keskimäärin 2 viikkoa.

3.4 Varastointi ja materiaalien tarvelaskenta

Laskelmien lähtökohtana toimii seitsemän oluen reseptit eli tuoteluettelot ja niiden vuodelle 2013 ennustetut vuosikysynät. Raaka-aineiden kysyntä on näin ollen johdettua, sillä niiden kysyntä on suoraan riippuvainen niiden oluiden kysynnästä, joissa kyseisiä raaka-aineita käytetään. Vuosikysynnän kautta voidaan johtaa niiden valmistamiseksi tarvittavien keittojen lukumäärä, minkä kautta kussakin oluessa käytettyjen raaka-aineiden arvioitu vuosikysyntä voidaan laskea. Lisäksi kun raaka-aineiden kilo- tai yksikköhinnat tunnetaan, saadaan ennuste vuosittaisista raaka-ainekustannuksista valittujen tuotteiden osalta.

Raaka-aineiden kysynnän oletetaan olevan tasaista tuotantokalenterin puuttuessa, vaikka näin ei todellisuudessa ole, koska kysyntä syntyy sykäyksittäin keittojen tapahtuessa. Ennusteiden perusteella nimikkeiden käyttökerrat vuodessa vaihtelevat noin. 14-50 kerran välillä, mikä tarkoittaa sitä, että joitain raaka-aineita tarvitaan vain mahdollisesti kerran kuussa, mikäli sitä sisältävää olutta valmistetaan tasaisin väliajoin. Tähän vaihteluun vaikuttaa olennaisesti se, monessako eri oluessa samaa raaka-ainetta käytetään.

Tilaukuskustannuksiksi on arvioitu tilauksen koosta riippumatta 110 euroa per tilaus ja varastonpitokustannusprosentiksi 27%. Epäsuhtaa nimikkeiden arvossa kilogrammaa kohden tasoitetaan lisäksi ottamalla huomioon lavan aiheuttamat tilakustannukset

siten, että lavan kustannus päivää kohti on 0,5 euroa ja lavalle mahtuu 500kg raaka-aineita.

Varmuusvarastotasoja ei määritellä, vaan sen virkaa toimittavat kiertovarastot sekä varmuusläpimenoaika tai –toimitusaika eli toimitukset pyritään ajoittamaan niin, että ne ovat varastossa viimeistään 7 päivää ennen niiden käyttötarvetta. Uudet varastotilat ovat erittäin tilavat, eikä niitä ole tarkasti allokoitu tai jaoteltu nimikkeitä varten. Näin ollen tarkastelussa oletetaan, ettei varastointirajoituksia ole tilan suhteen, mutta samalla ei kuitenkaan tarkastella vuositarpeita ylittäviä tilauskokoja.

Taulukossa 2 esitetään tarkasteltavat nimikkeet kategorioittain sekä niiden toimittajat ja kuljetusyrietykset.

Taulukko 2. Tarkasteltavat nimikkeet, toimittajat sekä kuljetusyrietykset.

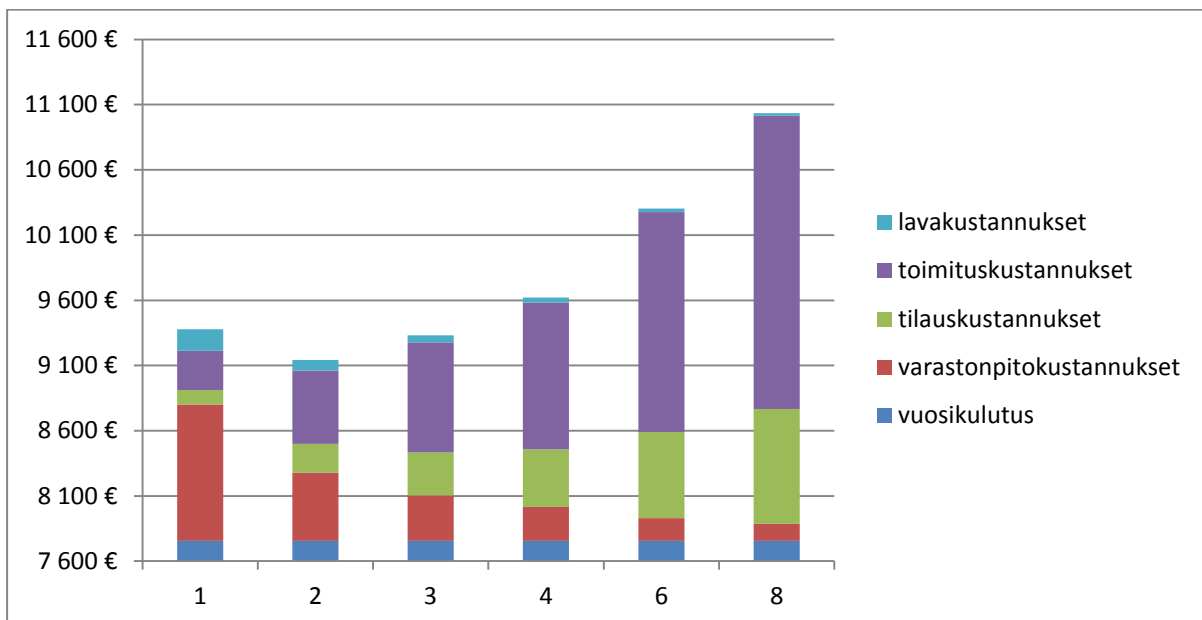
	Tunniste	Toimittaja	Kuljetusyriety
Humalat	H1	A	K1
	H2	A	K1
	H3	A	K1
	H4	A	K1
Maltaat	M1	B	K2
	M2	B	K2
	M3	B	K2
	M4	B	K2
	M5	B	K2
	M6	B	K2
	M7	C	K1
	M8	C	K1

Tuloksena pyritään saamaan tietoa siitä, onko taloudellisesti kannattavaa yhdistää tilauksia kunkin toimittajan kohdalla, miten usein tilauksia tulisi suorittaa ja kuinka ne tulisi koostaa. Oleellisinta on kokonaiskustannusten minimoiminen (toiminnalliset tarpeet huomioiden) eli esim. maksimaaliseen kiertonopeuteen ei pyritä. Kokonaiskustannusten komponentteja ja suhteita tarkastellaan kunkin toimittajan tapauksessa ja niiden pohjalta esitetään toimintaohjeita ja –suosituksia.

3.4.1 Toimittaja A

Toimittajalta A hankittaviin raaka-aineisiin lukeutuu taulukossa 2 mainittujen lisäksi joitakin humalia, mutta niiden osalta ei reseptitietoja ole saatavilla, joten niitä ei oteta laskennalliseen tarkasteluun mukaan tässä tutkielmassa. Ennustettu vuosikulutus H1-H4 osalta on vain noin 8000 euroa, joten niiden taloudellinen merkitys ei ole kovinkaan merkittävä. Myöskin kilomäärä jää alhaiseksi, vain noin 900 kiloon, sillä humalia käytetään esimerkiksi maltaisiin verrattuna oluen valmistuksessa hyvin vähän. Vallitsevien toimituskustannusten (liite 1) alla on selvää, että tilaukset tulee yhdistää ja tätä puoltaa laskettujen EOQ:iden kokonaiskustannukset, jotka nousivat yli 13 000 euroon.

Kuvassa 4 esitetään toimittajan A osalta tulokset siitä, kuinka kokonaiskustannukset muuttuvat sen osatekijöiden mukaan kun vuodessa tehtävät tilaukset vaihtelevat yhdestä kahdeksaan. Kuviossa esitetyt luvut perustuvat oletukseen siitä, että tilaukset koostetaan tasaisesti kustakin nimikkeestä suhteessa niiden vuosikysyntään.



Kuva 4. Kokonaiskustannukset eri vuositilauksmäärillä toimittajan A-tapauksessa

Laskennallinen EOI yhdistetylle tilaukselle on noin 0,4 tarkoittaen, että tilauksia olisi optimaalista tehdä noin 4,5 kuukauden välein kun toimituskustannuksia ei oteta huomioon.

Kokonaiskustannukset ja toimituskustannusten osuus kasvavat huomattavasti kun tilausten lukumäärää kasvatetaan, varastonpitokustannukset puolestaan vähenevät, mutta tämä ei riitä kompensoimaan tilaus- ja toimituskustannusten kasvua. Kustannusten kannalta on tämän perusteella kuitenkin varsin yhdentekevää tilataanko vuoden tarpeet yhdellä kertaa vai kenties kolmessa erässä. Lavakustannukset jäävät kustannuskomponenttina humaloiden osalta triviaaleiksi. Vaikka euromääräinen ero vuotuisissa kokonaiskustannuksissa pysyykin varsin pieneenä, ovat prosentuaaliset erot huomattavat.

Tulee ottaa huomioon se, että kilohinnaltaan kallein H1 on yli 6 kertaa halvinta H4:sta kalliimpi, joten H4:sta on halvempi pitää varastossa. Tämän lisäksi H1:stä ja H2:sta käytetään ennusteiden mukaan vain 14:sta keitossa, kun taas H3:sta ja H4:sta 42:ssa. Yhden vuositilauksen tapauksessa tähän ei voida vaikuttaa, mutta mikäli tilataan useampia kertoja, on mahdollista vaikuttaa varastonpitokustannuksiin koostamalla tilaukset niin, että kalliimpia raaka-aineita jaetaan tilauksiin lähemmäs niiden varsinaista käyttöä.

3.4.3 Toimittaja B

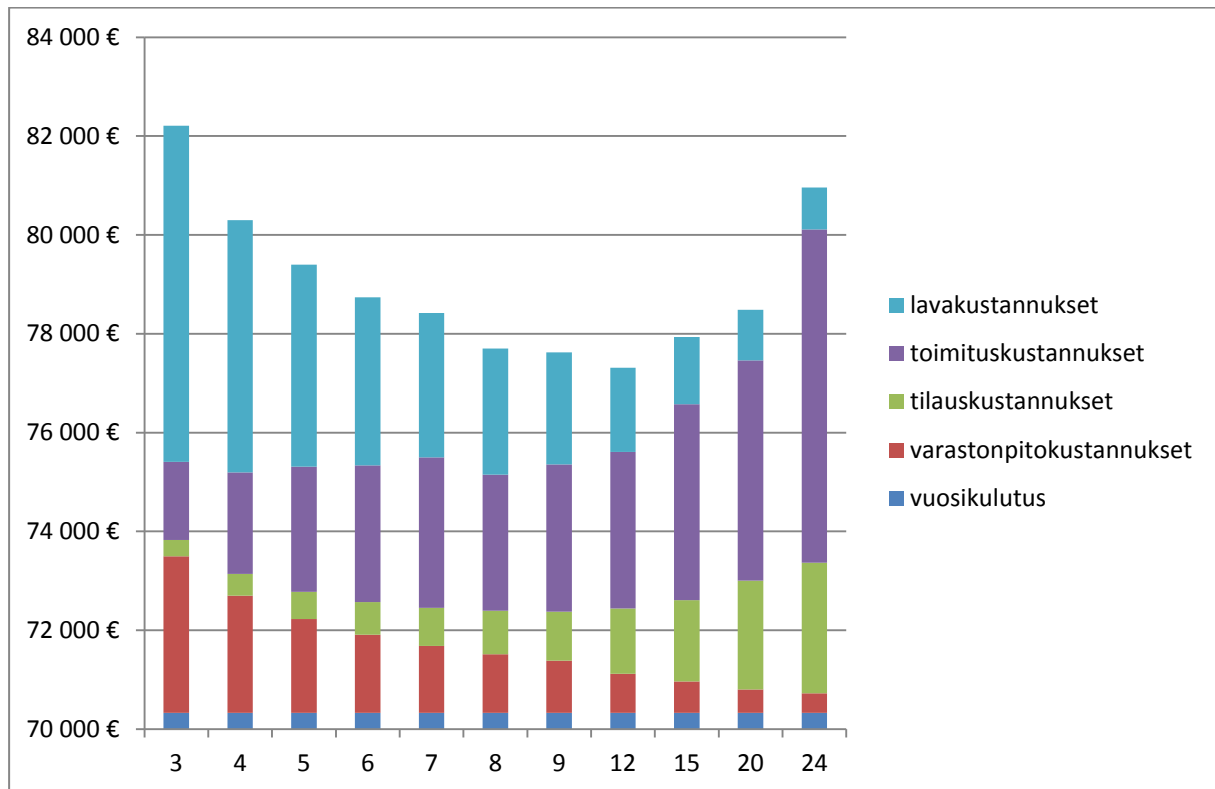
Toimittajan B osalta tarkastellaan kuuden maltaan tilaamista. Euro- ja kilomääräisesti toimittaja on selkeästi tärkein. Kahta mallasta tilataan 1000 kilon säkeissä kun yleisesti maltaiden pakkauskoko on 20 kiloa. Ennustetun vuosikulutuksen euromääräinen arvo vaihtelee suurimman volyymin omaavan M1:n noin 35 000 eurosta pienimmän M6:n 210 euroon.

Toimituskulujen perusosa määräytyy kuljetettavan matkan pituuden sekä toimituksen painoluokkien mukaan, joita on 58 kappaletta alkaen luokasta 1-19kg ja päättyen 31 000+ kilogrammaan. Tämän lisäksi hinnanmuodostukseen vaikuttaa käytettävä kuljetusalusta (lavatyypit, rullakko) ja laskennassa on myös mahdollista käyttää tilavuutta tai lavametrejä. Hintaan lisätään myös polttoainelisa (19,42% perushinnasta) sekä polttoaineveron korotus (2,2% perushinnasta).

Kullekin tarkasteltavalle maltaalle lasketaan EOQ:t, joiden pohjalta toimituskustannukset, huomioon ottavat kokonaiskustannukset ovat noin 79 000

euroa. Edellä mainittu luku ei kuitenkaan sisällä lavakustannuksia. Erien lukumäärät vuodessa vaihtelevat pyöristämättömistä M1:n 6,4:stä M6:n 0,5:een tarkoittaen, että esimerkiksi M6:sta olisi taloudellisinta tilata kerralla kahden vuoden tarpeet.

Alla kuvassa 5 on yhdistetty kaikki tilattavat nimikkeet ja tarkasteltu kuvaa 4 mukaillen kokonaiskustannusten komponentteja.



Kuva 5. Kokonaiskustannukset eri vuositilausmäärillä toimittajan B –tapauksessa.

Kun kuvassa 5 esitettäviä kokonaiskustannuksia verrataan yllä laskettuun arvoon 79 000 euroa, joka ei sisällä lavakustannuksia, on selvää, että tilaukset kannattaa yhdistää. Mikäli ei oteta huomioon lavakustannuksia, kokonaiskustannusten vaihtelun vähyys on jokseenkin yllättävää. Suurin tekijä tähän on volyymin suuruudesta aiheutuva toimituskustannusten jakautuminen suurelle euromäärälle, eli pienuus prosentuaalisesti. Toimituskustannukset per kilo laskevat kuljetusyhtiö K2 osalta aluksi hyvin jyrkästi ja tämän jälkeen pitkään hyvin hitaasti eli mitä pienemmät toimituskoot, sitä suurempi on toimituskustannusten osuus.

Lavakustannukset muodostavat huomattavan kustannuskomponentin etenkin harvoin tilattaessa, koska keskimääräiset varastotasot nousevat korkeiksi (taulukko 3). Päätöksentekomielessä tulokset antavat joustavuutta: kuvasta 5 nähdään, että

tilattaessa 7 tai 20 kertaa vuodessa, ovat kokonaiskustannukset samalla tasolla, optimin ollessa noin 12 kertaa.

Taulukko 3. Varaston keskimääräiset tasot sekä vuosittaiset lavakustannukset eri tilausmäärillä.

Tilausten lukumäärä	3	4	5	6	7	8	9	12	20	24
Varaston ka. (€)	11721	8791	7032	5860	5023	4395	3907	2930	1758	1465
Varaston ka. (kg)	18644	13983	11186	9322	7990	6991	6214	4661	2796	2330
Lavakustannus (€)	6805	5103	4083	3402	2916	2551	2268	1701	1020	850

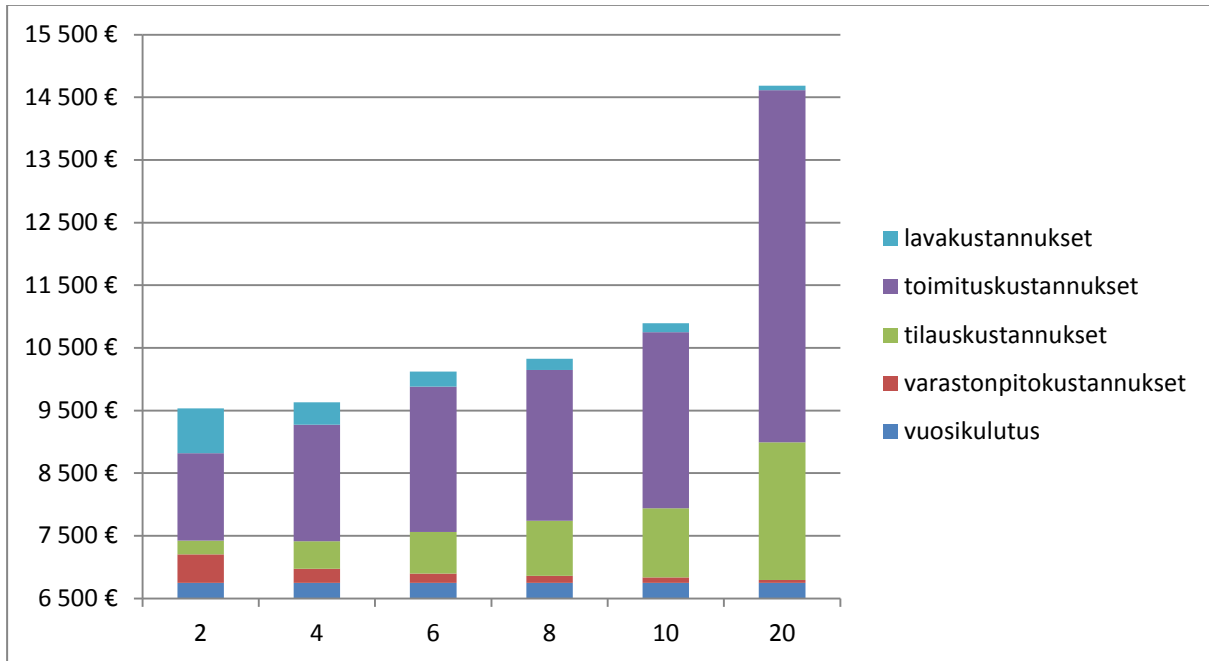
Jotta päästään vielä lähemmäs optimia kustannusten osalta, tulee tilauksissa ottaa huomioon lähiajanjaksona tapahtuvan kulutuksen lisäksi nimikkeiden vuosikysynät, eli tilata M6:a esimerkiksi kerran vuodessa ja sisällyttää suurivolyymisia M1 ja M3 joka tilaukseen.

Kuljetusyhtiö K2:n hinnoittelutapa vaikeuttaa tilausten optimaalista koostamista, sillä esimerkiksi yksi niin sanottu eurolava aiheuttaa aina 750kilogramman laskennallisen kustannuksen, vaikka lava olisi tyhjä. Näin ollen tulee välttää ainakin hyvin vajaiden lavallisten tilaamista. Kussakin tapauksessa olisi hyvä myös pohtia, mitä laskutusperustetta (lavametrit, kuutiot, kilot) käytetään, jotta kustannukset minimoidaan.

3.4.2 Toimittaja C

Toimittajalta C hankintaan kahta mallista: M7 osalta ennustettu kulutus on 6500kg ja noin 5300e, M8 osalta 1400kg ja 2200e. Toimituskustannukset määräytyvät kuten toimittaja A:lla (liite 1). Alla kuvasta 6 ilmenee toimittajalta C tilattavien raaka-aineiden kokonaiskustannusten komponentit. Keskimääräinen varaston arvo ja täten varastonpitokustannukset noudattavat näiden raaka-aineiden osalta pitkälti

toimittajan A tapausta. Merkittävin kustannuskomponentti on jälleen toimituskustannukset: mikäli tilataan 20 kertaa vuodessa, ylittävät kustannukset jo raaka-aineiden arvon. Laskelmissa ei huomioida kerran vuodessa tehtävää tilausta, koska määrä ylittäisi määriteltujen toimituskustannusten ylimmän kilorajan eli toimituskustannuksia ei tunneta.



Kuva 6. Kokonaiskustannukset eri vuositilausmäärillä toimittajan C –tapauksessa.

Koska M7 ja M8 hintaero on hyvinkin marginaalinen (12cnt/kg), ei ero yhdistetyn tilauksen koostumuksessa oleellisesti muuta toteutuvia varastonpitokustannuksia. Tärkeintä on pitää tilauskoot suurina eli olla tilaamatta turhan usein, elleivät tilanteet tätä vaadi.

4 Johtopäätökset

Tehokkaalla varastonhallinnalla ja materiaalinohjauksella on mahdollista parantaa yrityksen suorituskykyä niin palveluasteen osalta loppuasiakkaalle kuin taloudellisestikin. Jotta tähän päästään, on ensiksi ymmärrettävä yrityksen toiminnan luonne, luonteen aiheuttamat vaatimukset sekä käytännön tarpeet.

Tasapainottelu tapahtuu karkeasti ottaen korkeiden varastotasojen sekä tilaamisen ja toimitusten aiheuttamien kustannusten ja alhaisten varastotasojen aiheuttamien puutetilanteiden kustannusten välillä. Se, kuinka tämä ristiriita ratkaistaan on lähes aina kompromissi ja tapahtuu epätäydellisen tiedon ja satunnaisuuden alaisuudessa. Tunnistamalla oleelliset tekijät voidaan kuitenkin löytää soveltuvat toimintatavat kuhunkin toimintaympäristöön. Lopulta päätöksentekijät yrityksissä vastaavat siitä, mitä ominaisuuksia painotetaan (jonkun muun kustannuksella). Tämä kokonaisuudessaan on myös karkea vastaus tutkielman päätutkimusongelmaan. Ensimmäiseen ja toiseen osaongelmaan osoitetaan jäljempänä vastaukset kun taas kolmannen osaongelman vastaus koostuu useammasta tässä kappaleessa esitettävästä asiasta sekä edellisestä kappaleesta.

Jotta Saimaan Juomatehtaan varastonhallinnasta saadaan tehokasta ja paikkaansa pitävää, on tärkeää ottaa käyttöön MRP-järjestelmä, joka sisältää reaaliaikaisen varastokirjanpidon ja johon voidaan syöttää tuleva tuotantokalenteri, vuosikysyntäarviot sekä reseptit. Tätä kautta MRP-ohjelmistosta saadaan tietyn ajankohdan raaka-aine- ja materiaalit tarpeet tarkasti tietoon, sekä voidaan automaattisesti verrata sitä sen hetkisiin varastosaldoihin. Näin nähdään kuinka paljon ainakin minimissään tulee tilata, jotta tuotannon vaatimukset täyttyvät. Kehittyneet MRP-järjestelmät luultavasti osaavat kappaleessa 2.5.1 esitettyjä hienostuneempia menetelmiä, joiden soveltuvuutta voisi olla hyödyllistä myös tutkia. Ajantasainen sähköinen kirjanpito mahdollistaa myös erilaisten varastointiin liittyvien parametrien kuten varmuusvarastotason, maksimitason sekä tilauspisteen tai tilausvälin nimikekohtaisen käytön varastonohjauksessa. Nykyisellään tämä olisi erittäin työlästä, koska kirjanpito perustuu manuaalisesti tehtävään inventointiin. Näiden tarvetta ja arvoja on myös uusissa tuotanto- ja varastointitiloissa helpompi arvioida kun nähdään käytännön tarpeet ja realiteetit.

Ensimmäisen osaongelma liittyi kysymykseen case-yrityksen tuotannon luonteesta ja sen vaikutuksista. Vaikka panimotoiminnan raaka-ainekysyntä on intervalli-luontoinen ja johdettu, ei tilauksia ainakaan tässä tapauksessa kannata tehdä JIT:n ja osaltaan MRP:n periaatteiden mukaan eli tilaamalla aina sopivat määrät mahdollisimman lähellä käyttöpäivää, koska toimituskustannukset nousevat niin korkeiksi, että ne nopeasti syövät hyödyn alentuneista varastonpitokustannuksista. JIT-toimitukset myös vaatisivat toimitusten huomattavaa täsmällisyyttä, minkä toteuttaminen olisi erittäin haasteellista.

Toinen osaongelma käsitteli kokonaiskustannuksiin vaikuttavia tekijöitä, joiksi tunnistettiin raaka-aineen vuosikulutus, varastonpitokustannukset, tilauskustannukset, toimituskustannukset sekä varastonpitokustannusten lisäkomponenttina lavakustannukset. Näiden tekijöiden keskinäistä käyttäytymistä havainnollistavat kuvat 4, 5 ja 6.

Yksittäisten tilausten tarkka optimointi voi käydä työlääksi ja sen hyötykin voi pidemmällä tähtäimellä (vuositasolla) olla kyseenalaista, koska vuosikysynät ja tuotantokalenteri ovat epävarmoja. On siis pidettävä mielessä erot tietyllä ajanjaksolla tapahtuvan osaoptimoinnin ja vuositason kokonaiskustannusten välillä. Tästä syystä on tärkeää löytää sopivimmat menettelytavat ja käytännöt pitkän tähtäimen toiminnalle – valinta on päättäjien ja lopputulos on yleensä käytännössä tasapainottelua tutkielmassa esiteltyjen tekijöiden välillä.

Tilaukskustannuksia ja erityisesti varastonpitokustannuksia tulee myös arvioida tarkemmin kun uusissa toimitiloissa toimimisesta saadaan kokemusta ja tietoa: muuttuvatko käytetyn kokonaiskustannusprosentin 27 komponentit (esimerkiksi pääoman kustannus), kuinka hyvin ne ylipäättään pitävät paikkaansa nimikekohtaisesti ja onko käytetty päiväkustannus 0,5 euroa lavaa kohti toimiva ja perusteltu kustannuslisä.

Toteutuneista toimitusajoista tulee pitää kirjaa kunkin toimittajan osalta, jotta huomataan mahdollinen krooninen myöhästely tai toimitusaikojen suuri vaihtelu. Näin osataan korjata ohjeita siitä, missä vaiheessa tilaukset täytyy viimeistään tehdä, jotta raaka-aineet ovat saatavilla kun niitä tarvitaan.

Kysyntäarvioita, kuten muitakin olennaisia tietoja, tulee jatkuvasti päivittää rakennettuun excel-muotoiseen kokonaisuuteen, jotta toiminta pohjautuu oikeaan tietoon. Tilanne myös muuttuu (monimutkaistuu), kun tästä työstä pois jätetyt nimikkeet otetaan tarkasteluun – mahdollisia kombinaatioita tilausten koostumukselle tulee lisää, mutta periaatteet säilyvät samoina.

Mitä pidemmäksi aikaa tuotantokalenteri voidaan lyödä lukkoon, sitä helpommaksi kokonaiskustannusten optimointi ja toiminnan suunnittelu tulee, koska päästään lähemmäksi determinististä tilannetta.

LÄHDELUETTELO

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

Chopra, S. & Meindl, P. 2001. *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*. New Jersey: Prentice-Hall

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

Fazel, F., Fischer, K. P., Gilbert, E. W. 1998. JIT purchasing vs. EOQ with a price discount: An analytical comparison of inventory costs. *Int. J. Production Economics*, vol. 54, pp. 101-109

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. 2004. *Tutki ja kirjoita*. 10. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino

Jonsson, P. 2008. *Logistics and Supply Chain Management*. Berkshire: McGraw-Hill Education

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

- Koh, S.C.L. 2004. MRP-controlled batch-manufacturing environment under uncertainty. *Journal of the Operational Research Society*, vol. 55, pp. 219-232
- Lambert, D. M. & Stock, J. R. 1992. *Strategic Logistics Management*. 3. ed. Richard D. Irwin
- Louly, M. A., Dolgui, A., Hnaien, F. 2008. Optimal supply planning in MRP environments for assembly systems with random component procurement times. *International Journal of Production Research*, vol. 46, no. 19, pp. 5441-5467
- 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
- Sánchez, S. N., Triantaphyllou, E., Webster, D. B., Liao, T. W. 2001. A study of the total inventory cost as a function of the reorder interval of some lot-sizing techniques used in material requirements planning systems. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 44, pp. 101-116
- 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
- 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
- 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, G. 1997. Robust economic order quantity models. *European Journal of Operational Research*, vol. 100, pp. 482-493

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

LIITE 1

Paino (kg)	Hinta (€)
801-900	281
901-1000	301
1001-1250	338
1251-1500	387
1501-1750	426
1751-2000	465
2001-2250	502
2251-2500	538
2501-3000	595
3001-4000	698
4001-5000	854