

Jenni Mustakallio

# Komponenttien toimitusketjun hallinta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalouden tutkinto-ohjelma

Insinööriytyö

14.10.2018

|   |  |
|---|--|
| Tekijä<br>Otsikko   | Jenni Mustakallio<br>Komponenttien toimitusketjun hallinta |
| Sivumäärä<br>Aika   | 22 sivua<br>14.10.2018                                     |
| Tutkinto  | Insinööri (AMK)  |
| Tutkinto-ohjelma  | Tuotantotalous   |
| Ammatillinen pääaine  | Logistiikka  |
| Ohjaaja   | Lehtori Harri Hiljanen                                     |
| <p>Insinööriyön tarkoitus oli parantaa sähköasennustuotteita valmistavan yrityksen komponenttien varastonkiertoa ja vähentää varastoon kiinnittynyttä pääomaa. Työhön kuului myös toimitusketjun analysointi ja oikeanlaisten ohjaustapojen löytäminen eri komponenteille. Tavoitteena oli löytää hankinnasta vaihteita, joita voitaisiin kehittää jollain tavalla.</p> <p>Kohdeyrityksellä oli käytössään Logistigar-ohjelmisto, jonka avulla toimitusketjun eri tunnuslukuja määriteltiin. Yrityksellä oli käytössään myös SAP. Näiden kahden ohjelmiston avulla ohjataan kaikkia nimikkeitä ja tuotantoa. Kaikki data opinnäytetyötä varten saatiin Logistigar-ohjelmistosta.</p> <p>Työ toteutettiin analysoimalla komponentteja ja tutkimalla erilaisia ohjaustapoja. Yrityksellä oli jo käytössään yhdeksän luokkainen ABC-analyysi. ABC-analyysin pohjalta päätettiin, että työssä keskitytään luokan A–C komponentteihin. Komponenteille tehtiin aikasarja-analyysejä ja niiden varastotasojä vertailtiin, jotta saatiin mahdollisimman tarkka kuva komponenttien nykytilasta.</p> <p>Nykytilan analysoimisen pohjalta komponenttien ohjaustapoja ei päädytty muuttamaan. Jokaisen komponentin kohdalta löydettiin kuitenkin selviä puutteita, eikä niiden ohjaus ollut onnistunut. Näiden tietojen pohjalta suunniteltiin erilaisia kehitystapoja kaikille komponenteille.</p> <p>Tutkimuksessa huomattiin, että yrityksen nykytila on jo niin hyvä, ettei varaston kiertonopeutta saataisi parannettua tarpeeksi. Myöskään varastoon kiinnittynyttä pääomaa ei pystyttäisi vapauttamaan tarpeeksi. Jos halutaan suurempia muutoksia, olisi hyvä tutkia muita mahdollisuuksia kuin vain yksittäisten komponenttien kehittämistä. Yritys voisi ulkoistaa koko varastotoimintansa ulkoiseen varastoon, josta voitaisiin tilata tarpeeseen tuotteita. Tätä muutosta pitäisi kuitenkin tutkia uudessa erillisessä tutkimuksessa.</p> |  |
| Avainsanat  | varastonohjaus, EOQ, ABC-analyysi, MRP                     |

|  |  |
|--|--|
| Author<br>Title  | Jenni Mustakallio<br>Component Supply Chain Management |
| Number of Pages<br>Date  | 22 pages<br>14 October 2018                            |
| Degree   | Bachelor of Engineering                                |
| Degree Programme   | Industrial Management and Engineering                  |
| Professional Major   | Logistics  |
| Instructor   | Harri Hiljanen, Senior Lecturer                        |
| <p>The purpose of this thesis was to improve the inventory turnover and release capital from the inventory in the client company. This project also included analyzing the supply chain and finding the right control methods for every component. The aim was also to develop procurement.</p> <p>The target company uses Logistocar software, which helps to define the key figures of the supply chain. They also have SAP. With these two types of softwares all titles and production are controlled. All data for this thesis was received from Logistocar.</p> <p>The study was executed by analyzing the components and by examining different material control methods. The company already used the ABC analysis that included nine classes. Based on their ABC analysis it was decided that the research will concentrate on the components of class a-c. Analyzing begun by doing time series analyses of every component. The inventory levels of every component were also compared in order to get as accurate present state as possible.</p> <p>Based on the present state, the control methods were not changed. In each component clear shortcomings were found, and their control was not succeeded. Based on these results different ways of development were devised for every component.</p> <p>The Study found that the present state of the company's component inventory was already at a very good level. The inventory turnover would not be able to improve much. Also, the capital invested could not be released sufficiently. If larger changes are wanted, it would be better to investigate other possibilities. Developing individual components will not reach to remarkable improvements. One possibility is to outsource all the warehouse operations of the company to an external warehouse that would be maintained by a subcontractor. However, this change needs a totally new research that would tell if it is profitable.</p> |  |
| Keywords   | Inventory Management, EOQ, ABC analysis, MRP           |

## Sisällys

### Lyhenteet

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | Johdanto                               | 1  |
| 2   | Komponenttien analysoiminen            | 2  |
| 2.1 | ABC-analyysi                           | 2  |
| 2.2 | Menekin ennustaminen                   | 6  |
| 3   | Varastointi                            | 7  |
| 3.1 | Varastoinnista aiheutuvat kustannukset | 8  |
| 3.2 | Aktiivi- ja passiivivarastot           | 8  |
| 3.3 | Varmuusvarasto                         | 10 |
| 3.4 | Palveluaste                            | 11 |
| 3.5 | Tunnusluvut                            | 12 |
| 4   | Varastojen täydentäminen               | 14 |
| 4.1 | Tilauspistemenetelmä                   | 15 |
| 4.2 | Kahden laatikon menetelmä              | 17 |
| 4.3 | Min-maks-menetelmä                     | 17 |
| 5   | Taloudellinen tilauserä EOQ            | 19 |
| 5.1 | Toimituserän kustannukset              | 20 |
| 5.2 | Hankinta-aika                          | 20 |
|     | Lähteet                                | 22 |

## Lyhenteet

|        |   |
|--------|---|
| EOQ    | Economic order quantity. Wilsonin laskukaava optimieräkoon laskentaan.                  |
| MRP    | Material Requirements Planning. Materiaalin tarvelaskenta.                              |
| MRP II | Manufacturing Resource Planning. Johdon työkalu. Kehittyneempi versio tarvelaskennasta. |

## 1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena oli löytää komponenttien optimaaliset eräkoot ja tilausvälit, minkä myötä varaston kiertoa saataisiin kasvatettua ja varastoon kiinnittynyttä pääomaa saataisiin vähennettyä. Työtä aloittaessa tilaukset tehtiin tilauspisteiden mukaan. Tutkimuksen oli tarkoitus kehittää toimintaa niin, että tulevaisuudessa sitä olisi helpompi seurata ja ohjata.

Tarkoituksena oli optimoida komponenttien hankintaprosessi niin, että sitä on tulevaisuudessa helppo kehittää. Lisäksi ohjaustavat oli muutettava sellaisiksi, että ne voitiin päivittää aina tarpeen vaatiessa. Siihen oli myös löydettävä oikeanlainen menetelmä, jotta se saataisiin tehtyä nopeammin ja tehokkaammin.

### Tutkimuksen rajaus

Tutkimukseen määriteltiin komponentit ABC-analyysin avulla, ja näin saatiin kohdistettua kehitystarve oikeisiin komponentteihin. Näiden tuotteiden kohdalta pyrittiin parantamaan varaston kiertoa ja vähentämään komponentteihin kiinnittynyttä pääomaa, niin ettei se kuitenkaan vaikuttanut palveluasteeseen. Komponentteja tuli olla varastossa tarpeen mukaan, joten komponenteille piti asettaa tilauspiste. Tutkimusta tehtäessä tuli huomioida kaikki toimitusketjun vaiheiden kulut. Niihin kuuluivat kuljetukset, käsittely ja varastointi. Tutkimuksessa oli tarkoitus myös miettiä erilaisia ohjaustapoja komponenteille. Ohjaustapoja tuli miettiä komponenttikohtaisesti, mutta tietyiltä toimittajilta tulevia monia komponentteja voitiin myös mahdollisesti ohjata samalla tavalla. Tätä mahdollisuutta täytyi tutkia ja selvittää, olisiko se mahdollista.

### Tutkimusmenetelmät

Työssä hyödynnettiin yrityksessä saatavilla ollutta dataa. Datan pohjalta analysoitiin nykytilaa sekä mahdollisia puutteita. Suurin osa työstä oli datan analysoimista ja tehtaalla tehtyä havainnointia. Myös varastotyöntekijöiden ja esimiehien haastattelemisella saatiin monia tärkeitä huomioita. Insinööriyön tekemisessä käytettiin myös insinööriyöntekijän henkilökohtaista työkokemusta varastotyöntekijänä.

### Rakenne

Insinööriyöraportti on jaettu kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa käydään läpi tietopohjaa, jota on hyödynnetty tutkimusosuudessa. Työssä käydään aluksi lyhyesti läpi kohdeyrityksen toimialaa ja valmistettavia tuotteita. Esittelyn jälkeen työssä perehdytään analyysihin, joita tarvitaan nykytilan analysoimista varten. Tämän jälkeen käydään läpi yleisesti varastoimista ja varastointiin liittyviä tunnuslukuja sekä hankinnassa käytettäviä ohjaustapoja.

Tutkimusosuudessa käydään läpi yrityksen nykytilaa ja esitetään analysoimisesta saatuja tuloksia. Näiden tuloksien pohjalta pyritään luomaan varastointiin ja hankintaan liittyviä kehitysehdotuksia. Lopuksi esitetään yhteenveto, johon on koottu tärkeimmät vaiheet ja tulokset.

## 2 Komponenttien analysoiminen

### 2.1 ABC-analyysi

ABC-analyysin avulla luokitellaan eri tuotenimikkeitä. Se on tunnetuin ja yleisin varastoinnissa käytetty luokittelumenetelmä. Analyysi pohjautuu Pareton 20/80-sääntöön. Siinä olevien kahden luokan lisäksi ABC-analyysiin on lisätty useampia luokkia. ABC-analyysin luokittelun voi tehdä esimerkiksi taulukossa 1 esitetyllä tavalla. Luokittelu tehdään yleensä myynnin tai kulutuksen mukaan, mutta sen voi tehdä myös tuotteiden myyntikatteen tai niiden liiketuloksen perusteella. Yksi vaihtoehto on käyttää myös myyntiyksiköitä tilanteissa, joissa myyntiyksiköt on helpompi hahmottaa kuin euromääräinen kulutus. (Sakki 2009: 91.)

ABC-analyysin avulla on tarkoitus löytää ne nimikkeet, joiden ohjausta tulisi kehittää, ja sen mihin resursseja tulisi keskittää. ABC-analyysiä tehdessä on muistettava, että se on kuva menneestä ja tulevaisuudessa tilanne saattaa näyttää täysin erilaiselta. Sen takia olisikin hyvä tehdä analyysyjä tietyin väliajoin, jotta nimikkeitä pystytään hallinnoimaan oikeilla tavoilla. Analyysiin voidaan lisätä enemmän luokkia, jos nimikkeitä on paljon ja luokat kasvavat muuten liian suuriksi. (Sakki 2009: 92.)

Taulukko 1 ABC-luokkien jaottelu (Sakki 2009: 91).

|            |   |
|------------|---|
| A-tuotteet | Ensimmäiset 50 % myynnistä tai kulutuksesta |
| B-tuotteet | Seuraavat 30 % myynnistä tai kulutuksesta   |
| C-tuotteet | Seuraavat 18 % myynnistä tai kulutuksesta   |
| D-tuotteet | Viimeiset 2 % myynnistä tai kulutuksesta    |
| E-tuotteet | Ei myyntiä tai kulutusta                    |

ABC-analyysin tuloksien tutkiminen kannattaa aloittaa tuote- ja työmäärien jakautumisella. Tuloksista voidaan jo Pareton lain mukaan olettaa, että myynniltään merkittäviä tuotteita on huomattavasti vähemmän. Yleensä myös suppeaan A-tuotteiden määrään kohdistuu huomattavasti vähemmän työtä. C- ja D-tuotteisiin taas saattaa kohdistua suuret työmäärät, sillä näitä tuotteita on huomattavasti enemmän kuin pienempään A-luokkaan.

Yleisesti A- ja B-tuotteita tulee ostaa jatkuvana virtana sopivissa erissä. Nämä eräkoot voidaan laskea Wilsonin kaavan perusteella. Lisäksi näitä tuotteita tulisi pyrkiä ostamaan mahdollisimman halvalla, sen lisäksi, että varaston kierron tulisi olla kohtuullisella tasolla. C- ja D-tuotteita taas tulisi ostaa ja myydä järkevissä erissä. Näiden tuotteiden oheiskulut tulisi minimoida ja työn tehokkuutta pitäisi lisätä.



ABC-analyysin avulla kannattaisi tutkia esimerkiksi,

- miten varastot jakautuvat eri luokkien kesken
- paljonko eri luokista kertyy myyntiä, katetta, ostoja tai kulutusta
- paljonko ylivarastointia on
- mihin luokkiin pääosa varastosta sijoittuu
- paljonko eri luokissa on tapahtumia ja mitkä niiden keskiarvot ovat?
- paljonko varastoa on E-luokassa, jossa myyntiä tai kulutusta ei ole ollenkaan
- mitkä ovat varastonkierron tunnusluvut
- miten tuotteet, asiakkaat ja tavarantoimittajat sijoittuvat eri luokkiin
- millainen on eri ABC-luokkien toimituskyky.

## Tuotteiden elinkaari ABC-analyysin avulla

Analyysin avulla voidaan myös tutkia tuotteen elinkaarta (taulukko 2). Kun ABC-analyysi tehdään lyhyistä ajanjaksoista, voidaan kulutuksen muutokset lisätä analyysiin. Tämä toteutetaan niin, että ensimmäiseksi päätetään prosenttiluku, jonka verran kulutuksen tulee lisääntyä tai vähentyä. Kun kahden kauden tuloksia verrataan, voidaan luokan perään lisätä plus-, miinus- tai yhtä suuri kuin -merkki kuvaamaan tuotteen kulutuksen muutosta, jos kulutus on muuttunut ennalta päätetyn prosenttiluvun verran. Merkit luokkien perässä kertovat nimikkeiden elinkaaren muutoksista. (Sakki 2009: 92.)

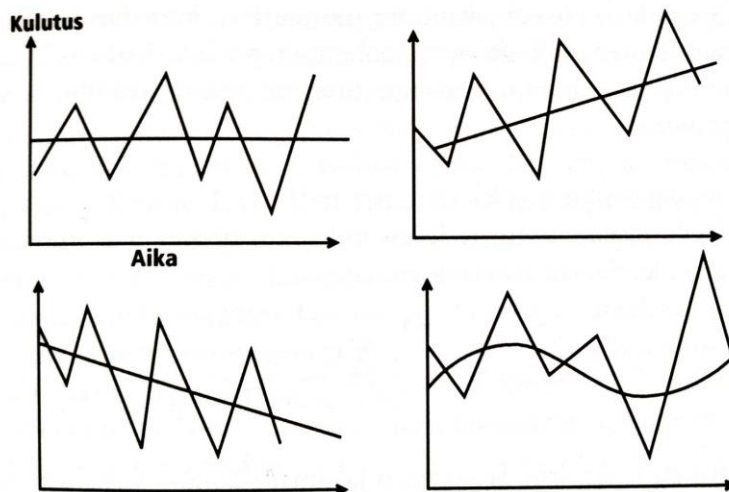
Taulukko 2 Elinkaaren luokitus (Sakki 2009: 92).

|            |  |
|------------|--|
| A+, B+, C+ | Nopean kasvun tuotteet. Niille on ominaista, että niiden kasvua on vaikea arvioida. Nimikkeet on myyntihinnoiteltava oikein, ja niiden saatavuus on varmistettava.   |
| A-, B-, C- | Laskevan käyrän nimikkeet ovat joko elinkaarensa loppuvaiheessa tai ne ovat muuten laskusuhdanteessa. Tässä tapauksessa C-luokan tuotteet kannattaa myydä tai käyttää loppuun mahdollisimman nopeasti. A- ja B-luokan nimikkeet saattavat olla vielä kannattavia, mutta niiden varastotasoja kannattaisi laskea. |
| A=, B=, C= | Tasaisen menekin nimikkeet. Myyntivolyymit pysyvät tasaisina, joten niiden ohjaaminen on helppoa.  |

## 2.2 Menekin ennustaminen

Menekin ennustamista käytetään, kun halutaan tietää, miten suuria eriä tilataan. Täydennystilauksia tehdessä on sen lisäksi, että tiedetään koska, tiedettävä myös paljonko. Matemaattisten ennustemallien perusteella voidaan laatia kulutusennusteita. Ne pohjautuvat menneisiin kulutustietoihin, sillä oletettavasti kulutus seuraa jollain asteella tähänastista. (Sakki 2003: 105.)

Ennen ennustamisen aloittamista tulisi olla tietoinen siitä, miten tuotteet käyttäytyvät, millainen menekki kyseisellä tuotteella on ollut, jotta osataan valita sopiva ennustamisen menetelmä. Kuvasta 1 voi nähdä kuinka erilaisia menekkejä kuvataan. Näiden neljän eri vaihtoehdon välillä menekin kuvaaminen vaihtelee.



Kuva 1 Tasainen, nouseva, laskeva ja kausivaihtelua noudattava menekki (Sakki 2003: 109).

### Aikasarja-analyysi

Aikasarja-analyysillä tarkoitetaan tietyn aikavälin ajalta kerättyä menekkitietojen sarjaa. Aikaväli päätetään kyseessä olevan tapauksen mukaan. Analyysin teko aloitetaan graafisella menekin tarkastelulla. Graafisen tarkastelun perusteella voidaan nopeasti nähdä erilaiset vaihtelut aineistossa. (Sakki 2009: 135–136.)

## Keskiarvo ennustaminen

Keskiarvo ennustaminen on paras, kun menekkitiedot vaihtelevat paljon keskiarvon molemmiin puolin. Toinen, kätevämpi menetelmä on käyttää liukuvaa keskiarvoa, jonka avulla voidaan seurata lukujen käyttäytymistä. Liukuva keskiarvo lasketaan tietystä määrästä perättäisiä aikasarjan lukuja. Ensimmäiseksi lasketaan esimerkiksi 6 viimeisen luvun keskiarvo, joka on seuraavan kauden ennuste. Tämän jälkeen jätetään aina vanhin luku pois ja lisätään uusi, minkä jälkeen lasketaan taas uusi keskiarvo, josta tulee seuraava ennuste. (Sakki 2003: 106.)

## EkspONENTTITASOITUKSEN MENETELMÄ

EkspONENTTITASOITUS on yksinkertainen ennusteiden laatimiseen luotu menetelmä. Ekspontiaalisessa tasoituksessa käytetään hyödyksi toteutunutta kulutusta ja edellisen kauden ennustetta. Kaavassa käytetty  $\alpha$  eli alfa määritellään sen mukaan, mitä halutaan painottaa. Jos halutaan painottaa viimeisintä myyntiä, määritellään alfan arvo isoksi. Jos taas painotetaan vanhaa ennustetta, määritellään alfan arvo pieneksi.

$$\text{uusi ennuste} = (1 - \alpha) \times \text{vanha ennuste} + \alpha \times \text{edellisen kauden todellinen kulutus} \quad (1)$$

(Sakki 2009: 137.)

## 3 Varastointi

Tuotteiden varastointiin on monia eri syitä, ja ne vaihtelevat varaston tarkoituksen mukaan. Yksi varastoinnin syistä johtuu etäisyydestä ja kuljetusten kuluista. Suuria erinä tilattaessa kuljetuskustannukset laskevat, mutta varastointiin käytettävä pääoma kasvaa. Tätä varten olisi hyvä etsiä optimaalinen ratkaisu tilauserien ja -välien suhteen. Tuleeko halvemmaksi varastoida enemmän ja pidempään, kuin että tilattaisiin tuotteita useammin, mutta pienempinä erinä?

### 3.1 Varastoinnista aiheutuvat kustannukset

Varastoissa säilytetään vaihto-omaisuutta, josta syntyy korkokustannuksia. Vaihto-omaisuuden lisäksi kuluja aiheuttaa tavaran säilyttämiseen tarvittava tila, jonka käytöstä syntyy kustannuksia. Kustannuksia syntyy myös omista kalustoista, kuten hyllyt, laatikot, kuormalavat ym. Näiden lisäksi mukaan on laskettava myös tilojen puhtaanapito, valaistus, lämmitys, vakuuttaminen ja muut vastaavat toimenpiteet. (Sakki 2003: 61.)

Erillisten varastotilojen kustannukset on helppo laskea. Usein asia ei kuitenkaan ole niin yksinkertainen, vaan tavaraa säilytetään myös myymälässä tai valmistustiloissa, jolloin nämäkin kustannukset tulee ottaa huomioon. Monissa yrityksissä ei ole edes erillistä varastotilaa, vaan se sijaitsee tehtaalla tai myymälässä. Tällöin varastotilan laskeminen on vaikeampaa, ja yleensä silloin käytetään pohjana tavaran peitossa olevaa lattiatilaa.

$$\text{varastotilan kustannukset} = \frac{\text{tilojen ja niiden ylläpidon kustannukset}}{\text{vaihto-omaisuuden arvo}} (\%) \quad (2)$$

(Sakki 2009: 56.)

Jotta päästään parhaaseen mahdolliseen logistiseen suoritukseen, on tiedettävä ja ymmärrettävä toimitusketjun eri osien ja vaiheiden aiheuttamat kustannukset. Aluksi olisi hyvä miettiä, miksi, milloin mitä varten tai voidaanko tämä tehdä jollain toisella. Nämä kysymykset ovat hyvä alku kehityksen tiellä. (Rauhala 2011: 63.)

Huonoja kustannuksia ovat sellaiset, jotka eivät synnytä lisäarvoa asiakkaiden kannalta. Tarkoituksena on lyhentää ja vähentää käytettävää aikaa ja semmoisia työvaiheita, jotka aiheuttavat turhia kustannuksia. (Rauhala 2011: 68.)

### 3.2 Aktiivi- ja passiivivarastot

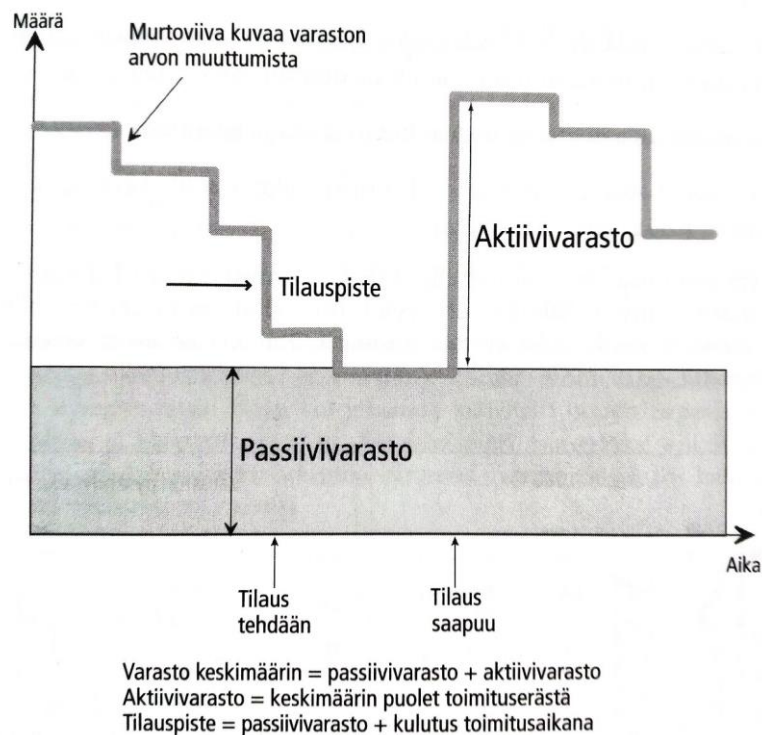
Yksi varastoimisen syy on epävarmuus. Varastoidaan, koska ei tiedetä tarkkaa kuluusta. Tätä varten pidetään passiivivarastoa, joka takaa sen, että tuotteita on koko ajan saatavilla. Passiivivarastoa saatetaan myös kutsua varmuus- tai puskurivarastoksi. Passiivivarasto luo puskurin, jonka avulla voidaan varautua kysynnän muutoksiin. Passiivivaraston suuruus voidaan arvioida miltä tahansa kaudelta sitä varten luodulla kaavalla, jossa todellisesta varastosta vähennetään keskimääräisen ostoerän puolikas.

$$\text{passiivivarasto} = \text{todellinen varasto} - \frac{\text{keskimääräinen saapumiserä}}{2} \quad (3)$$

(Sakki 2009: 104.)

Liian suuri passiivivarasto ei luo lisäarvoa, vaikka näin voisi luulla. Liiallinen varastointi kasvattaa kuluja liikaa. Tavallisesti passiivivarastoa syntyy, kun menekkiarvio on ollut virheellinen ja ostoerä on ollut liian suuri. Myös epäsäännöllinen kysyntä luo passiivivarastoja. Vaikka passiivivarasto rinnastetaankin usein varmuusvarastoon, Hokkanen & Virtanen (2013: 77) huomauttavat, että vain osa passiivivarastosta on tarpeellista varmuusvarastoa.

Passiivivaraston vastakohtana on aktiivivarasto (kuva 2). Aktiivivarasto on se osa saapuvasta tavaraerästä, joka ylittää tarpeen. Aktiivivarasto on puolet keskimääräisten saapumiserien koosta. (Hokkanen & Virtanen: 76.)



Kuva 2 Aktiivi- ja passiivivarasto (Sakki 2009: 105).

### 3.3 Varmuusvarasto

Varmuusvarastoja käytetään epävarman menekin vuoksi. Kun menekkiä ei pystytä määrittämään tarpeeksi tarkasti, on hyvä käyttää varmuusvarastoa, joka luo puskuria kysynnän äkillisesti muututtua. Varmuusvarastoa tarvitaan myös luvussa 4 käsiteltävää tilauspistettä määritettäessä. Varmuusvarastoja pidetään, jotta pystytään turvaamaan varaston palveluaste. Jos varmuusvarastoja joudutaan käyttämään, on ne myös täytettävä, sillä muuten voidaan joutua tilanteeseen, jossa tuotteet ovat loppu. (Harrison ym. 2015: 215.)

Varmuusvarastot yleensä heikentävät varastonkiertoa ja sitovat paljon pääomaa, joten niiden oikean tason määrittäminen on tärkeää. Jos aina tiedettäisiin, kuinka paljon tuotteita menee toimitusajan aikana, ei varmuusvarastoja edes tarvittaisi.

Varmuusvarastoa määritettäessä koko lasketaan menekin hajonnan pohjalta. Se tarkoittaa menekistä tehtyjen yksittäisten havaintojen keskimääräistä poikkeamaa tuotteen menekin keskiarvosta. Hajonnan mittayksikkö on standardipoikkeama. Kun standardipoikkeama on tiedossa, voidaan määrittellä varmuusvaraston koko kaavalla.

$$\text{varmuusvarasto} = k * s \sqrt{L} \quad (4)$$

s = standardipoikkeama

k = varmuuskerroin

L = hankinta-aika

Varmuuskerroin saadaan kuvasta 3.

| haluttu varmuus  | 50 % | 75 % | 90 % | 95 % | 97 % | 98 % | 99 % | 99,5 % | 99,9 % | 99,99 % |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|--------|---------|
| varmuuskerroin k | 0    | 0,67 | 1,28 | 1,64 | 1,88 | 2,05 | 2,33 | 2,57   | 3,09   | 3,72    |

Kuva 3 Toimituskykyä vastaavat varmuuskertoimet (Sakki 2009: 122).

Kuvassa nähdään haluttua toimitusvarmuutta vastaavat kertoimet. Jos varmuusvarasto lasketaan vaikka 90 %:n kertoimella, on 10 %:n mahdollisuus, että tuote loppuu varastosta ennen uuden tilauksen saapumista. (Sakki 2009: 122.)

### 3.4 Palveluaste

Palveluaste mittaa sitä, miten suuri osa tilauksista voidaan toimittaa suoraan ilman jälkitoituksia. Palveluaste määritellään yleensä niin, ettei 100 %:n tasoa tavoitella. Yleensä se määritellään 90 %:n ja 98 %:n välille, sillä kun se nostetaan 98 %:n yli, joudutaan nostamaan varmuusvarastojen kokoa ja sitä myötä myös kustannukset nousevat. Siihen ei siis ole yleensä järkevää pyrkiä.

Varastoon voidaan myös asettaa omat palveluasteet, vaikka ABC-analyysin perusteella. Tällöin jokaiselle luokalle asetetaan oma palveluaste, ja näin luokkia ohjataan sen



mukaan. C-luokan tuotteille, joiden menekki on vähäistä, ei ehkä ole järkevää asettaa korkeaa palveluastetta. Yleisesti, mitä korkeampi palveluaste on, sitä korkeammat ovat varastointikustannukset. Palveluastetta mitataan kaavalla

$$\text{palveluaste} = 100 \times \frac{\text{suoraan toimitetut tilaukset}}{\text{kaikki tilaukset}} \quad (5)$$

(Hokkanen & Virtanen 2013: 82–83.)

### 3.5 Tunnusluvut

#### Varaston arvo

Varaston arvo kuvaa sitä, kuinka paljon vaihto-omaisuuteen on sitoutunut pääomaa (Salmivuori 2010: 82).

#### Varaston keskiarvo ja keskivarasto

Varastojen keskiarvo kertoo sen, kuinka paljon rahaa on keskimäärin sitoutunut keskivarastoon. Keskivarasto taas kuvaa varaston keskimäärää, eli kuinka paljon varastossa on tavaraa keskimäärin. Keskivarasto kuvaa kappalemääräisen keskiarvon, kun taas varaston keskiarvo rahamääräisenä sen. Keskivarasto voidaan määrittellä muutamalla eri tavalla. Tarkin tapa on kuitenkin, jos se saadaan esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmästä, joka kertoo todellisen keskivaraston tason. Toinen tapa on laskea tietyn ajan jakson minimi- ja maksimivarastotasot yhteen ja jakaa tämä kahdella:

$$\text{keskivarasto} = \frac{(\text{minimivarastotaso} + \text{maksimivarastotaso})}{2} \quad (6)$$

Tämä on yleensä tarpeeksi tarkka tapa määrittellä keskivarasto, mutta järjestelmästä saatuna se kertoo todellisen keskivaraston.

#### Varaston kierto

Varaston kiertonopeus kuvaa sitä, kuinka nopeasti varasto vaihtuu tietyn ajanjakson aikana. Varaston kierto lasketaan kaavalla.

$$\text{varaston kiertonopeus} = \frac{\text{Vuoden kulutuksen arvo}}{\text{Varaston (keski)arvo}} \quad (7)$$

Varaston kiertonopeutta laskiessa tulee huomioida muutama tärkeä asia. Kiertonopeutta laskiessa tulee päättää, käytetäänkö laskentayksikkönä kappaleita vai euroja. Useasti laskennassa käytetään euroja, mutta jos hankintahinnat vaihtelevat paljon, on ehkä perusteltua käyttää kappaleita. Tärkeintä on kuitenkin käyttää samaa yksikköä sekä nimitäjässä että osoittajassa. (Salmivuori 2010: 82.)

#### Valmisteveraston kierto

Varaston kiertonopeus soveltuu parhaiten raaka-aineiden kiertonopeuden laskemiseen. Siinä ei oteta huomioon tehdyn työn arvoa käytössä tai varastossa. Vaihto-omaisuuden arvo muuttuu koko ajan. Sen takia on hyvä käyttää varaston laskentahetken arvoa. Valmisteen osalta varaston kiertoa laskiessa on parempi käyttää kaavaa.

$$\text{valmisteveraston kierto} = \frac{\text{Valmistuksen arvo}}{\text{Varastojen arvo}} \quad (8)$$

(Sakki 2009: 76)

Rauhalan (2011: 121) mukaan kiertohitaus on yleensä ongelman ydin. Se, kuinka kauan tuotteita säilytetään varastossa, ei ole yhdentekevää. Mitä pidempään tuotteita säilytetään, sitä suurempi myyntikate tuotteille tarvitaan, jotta varastoimisesta aiheutuvat kustannukset saadaan katettua.

#### Varastopysähdysaika

Varastopysähdysaika kuvaa varaston kiertonopeutta ajan yksikkönä. Sen avulla voidaan laskea, kuinka monta päivää varasto riittää keskimääräisen myynnin tai kulutuksen toteutuessa. Pysähdysaikaa kutsutaan myös kiertoajaksi tai varaston riitoksi. Se voidaan laskea kahdella eri tapaa:

1. tapa:

$$\text{varastopysähdysaika/riitto} = \frac{365 \text{ (pv)}}{\text{kierto}} \quad (9)$$

2. tapa:

$$\text{varastopysähdysaika/riitto} = \frac{\text{keskivarasto}}{\text{vuoden kokonaiskysyntä}} \times 365 \text{ (pv)} \quad (10)$$

Varastopysähdysaika kuvaa ajan päivinä: kuinka moneksi päiväksi varasto riittää. Las-  
kiessa voi käyttää yksiköitä tai hankintahintaa, jolloin keskivaraston sijaan käytetään va-  
raston keskiarvoa. Varastopysähdysaikaa voidaan käyttää hyväksi täydennystilauksia  
tehdessä. Nimikkeestä riippuen voi olla kannattavaa laskea pysähdysaika molemmilla  
tavoilla. (Sakki 2009: 77.)

#### 4 Varastojen täydentäminen

Varastojen täydentämistä varten on olemassa erilaisia keinoja. Tilauspistemenetel-  
mässä tuotetta tilataan lisää, kun saldo on laskenut tiettyyn pisteeseen. Tilauspistettä  
käytettäessä tilauserä on yleensä aina samankokoinen. Tilausvälimenetelmässä taas  
tuotteita tilataan säännöllisin väliajoin, mutta tilauserän koko vaihtelee. Seuraavassa esi-  
teltävät menetelmät soveltuvat, jos tuotteet ovat sellaisia, että niiden tilaaminen on kan-  
nattavaa jaksottaa täydennyseriin. (Sakki 2003: 101.)

Sakin (2003: 120) mukaan varastotäydennystä suunnitellessa tulisi ottaa huomioon seu-  
raavat asiat:

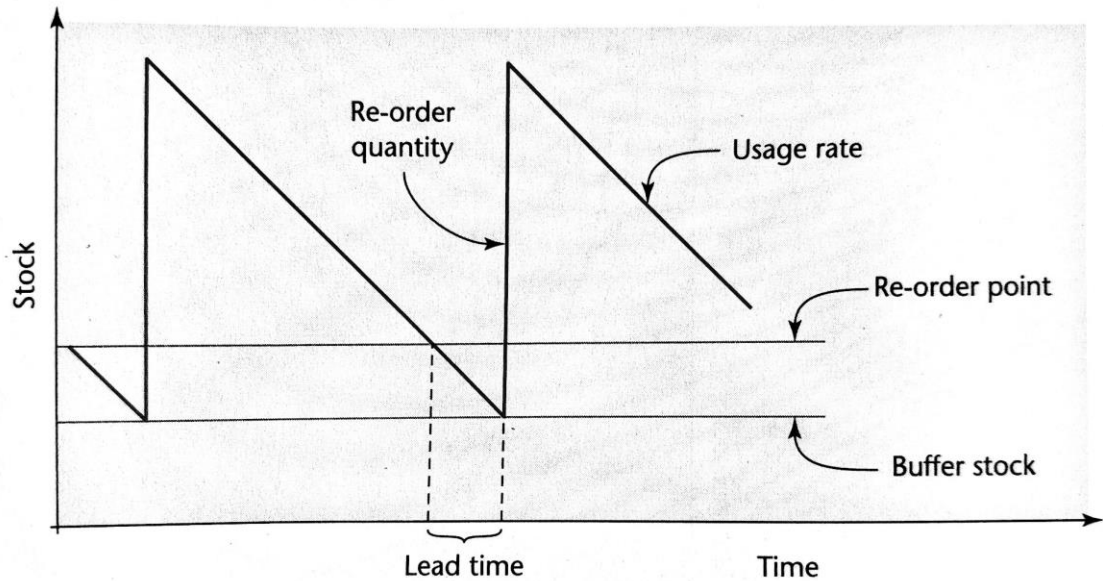
- hankinta-aika: Toimitukseen ja tilauksen tekemiseen kuluva aika

- tuleva menekki hankinta-aikana: Arvio keskimääräisestä menekistä
- varmuusvarasto.

#### 4.1 Tilauspistemenetelmä

Tilauspistemenetelmä on todella yksinkertainen ohjaustapa. Se on usein vakiona toiminnanohjausjärjestelmissä ja siksi sen käyttö on tosi yleistä. Tilauspisteessä ei huomioida tulevaa kysyntää, minkä vuoksi se on helppo määritellä. Jos kysyntä vaihtelee paljon, voidaan varmuusvarastoja, ostoeriä ja tilauspistettä joutua määrittelemään uudestaan. Tilauspiste sopii hyvin nimikkeille, joilla on kohtuullisen suuri ja tasainen menekki.

Tilauspistemenetelmässä määritellään ennakkoon piste, jonka alittuessa tilataan tuotetta lisää. Tilauspisteen tulee olla sellainen, että normaalin toimitusajan puitteissa tuotetta ehditään saada lisää. Kuten kuvasta 4 voidaan huomata, tavaran saapuessa varastolle, tulisi varastossa olla vielä varmuusvaraston verran tuotteita. Tilauspisteen alittuessa voidaan tilattava määrä laskea luvussa 3 esitetyn Wilsonin kaavan avulla. (Sakki 2009: 123.)



Notes:

- 1 Re-order point = Demand during lead time + safety stock
- 2 Re-order quantity = Economic order quantity
- 3 Buffer stock =  $f(\text{service level, lead time variability, demand variability})$

Kuva 4 Tilauspiste (Harrison ym.: 215).

Tilauspiste voidaan laskea kaavalla.

$$\text{tilauspiste} = DL + B \quad (11)$$

Tilaukset voidaan tehdä myös jaksottain, kuten kerran kuukaudessa tai kerran viikossa. Tällöin tilauspiste tulee määrittää niin, että varasto riittää sekä toimitusajalle ja tarkasteluvälin pituiselle ajalle. Tilauspiste tulee silloin määrittellä kaavalla.

$$\text{jaksottainen tilauspiste} = D \left( L + \frac{P}{2} \right) + B \quad (12)$$

D = keskimääräinen menekki tietyn ajanjakson aikana

L = hankinta-ajan pituus viikkoina

P = tarkasteluvälin pituus

B = varmuusvarasto.

#### 4.2 Kahden laatikon menetelmä

Kahden laatikon menetelmä sopii tasaisen kulutuksen tuotteille ja esimerkiksi halvoille C-kategorian tuotteille, joiden kysyntä on helposti ennakoitavissa. Visuaaliseen ohjaukseen perustuvassa menetelmässä täydennystilaus tehdään, kun niin sanottu viimeinen laatikko otetaan käyttöön. Helppo käytäntö on käyttää tilauskorttia. Viimeiseen laatikkoon kiinnitetään tilauskortti, jonka perusteella täydennystilaus tehdään. (Salmivuori 2010: 54.)

#### 4.3 Min-maks-menetelmä

Min-maks-menetelmässä tuotteelle määritellään varastotasot, joiden sisällä varastomäärään tulisi liikkua. Tilattava määrä vaihtelee jokaisella tilauskerralla. Salmivuoren (2010: 55) mukaan on kuitenkin mahdollista käyttää myös kiinteää ostoerää. Menetelmä sopii hyvin tuotteille, joiden menekki on vähäinen, kuten C- ja D-kategorian tuotteet. Raja-arvot ja ostoerät voidaan määritellä seuraavilla kaavoilla.

*maksimivarasto = varmuusvarasto + menekki tilausvälin ja hankinnan aikana*

*minimivarasto = tilauspiste = keskimääräinen menekki hankinnan aikana + varmuusvarasto*

*tilauserä = maximivarasto – tarkasteluhetken varastomäärä – saapumatta olevat ostotilaukset*

$$tilausväli = \frac{vuosikulutus}{optimitilauserä EOQ} \quad (13)$$

(Sakki 2003: 104.)

MRP-tarvelaskenta

Tarvelaskenta eli Material Requirements Planning on materiaalinohjausmenetelmä, jossa pohjana käytetään tuotanto- tai toimitussuunnitelmaa, eli nimikkeitä ohjataan suunnitellun kulutuksen mukaan. Kulutus saadaan joko todellisista tilauksista tai ennustetusta tarpeesta. MRP:n ero tilauspisteeseen verrattuna on se, että tilauspisteessä tilannetta tarkastellaan nykyhetkessä. MRP:ssä puolestaan ennakoidaan nykytietojen pohjalta tulevien ajanjaksojen tarpeet. Tämä menetelmä tarvitsee enemmän lähtötietoja, ja niiden tulee olla tarkempia kuin tilauspistettä varten, mutta se mahdollistaa kuitenkin tarkemman ohjauksen.

Tarvelaskennan etuja on se, että se on yleensä vakiopiirre toiminnanohjausjärjestelmissä, mutta myös se, että oikein parametroituna se voi mahdollistaa tarkan materiaalinohjauksen. Haasteita luo se, että perustietojen on oltava oikein, jotta laskenta ei tuota vääriä tuloksia.

Lähtötiedot, joita tarvitaan laskennan pohjalle, ovat lopputuotteen tarve, tuoterakenteet ja varastotiedot. Lopputuotteen tarve voi olla ennustettu tai todellinen. Tämän lisäksi nimikkeistä tarvitaan esimerkiksi varmuusvaraston laskentatapa ja määrä, toimitus- ja täydennysaika.

Tarvelaskentaa käyttöönottaessa tulee ylimmän tason suunnitelma pilkkoa pieniksi kokonaisuuksiksi. Suunnitelma voi olla tuotanto- tai toimitussuunnitelma. Suunnitelmaa jaetaan tuoterakenteen avulla alempien tasojen materiaalityötarpeeksi. (Hokkanen & Virtanen 2013: 80.)

## MRP II

MRP II (Manufacturing Resource Planning) on johdon työkalu, jolla kehitetään ja tarkkaillaan koko liiketoimintaa. MRP II on kehittyneempi versio MRP:stä. Siinä materiaalinohjauksen lisäksi tarkastellaan koko tuotteen reittiä ja lasketaan siihen tarvittava aika. Johdon suunnitelmat ja toimintasuunnitelmat ja niiden toteutus ovat sen kolme pääkomponenttia. Keskeisin toiminta-ajatus on keskitetty ohjaus. (Hokkanen & Virtanen 2013: 80.)

## 5 Taloudellinen tilauserä EOQ

EOQ-kaava (Economic Order Quantity) eli niin kutsuttu taloudellisen tilauserän kaava juontaa Ford W. Harrisin vuonna 1913 julkaisemaan artikkeliin. Malli on ensimmäisiä matemaattisia menetelmiä, joka on luotu päätöksenteon helpottamiseksi. Harrisin luoma kaava on luonut pohjan uudemille vaihtoehdoille, kuten tässä käytettävä Wilsonin kaava. Kaava on luotu tilanteisiin, joissa kysyntä on tasaista. (Choi 2014: 17.)

Optimitilauserä lasketaan tilauskustannusten ja varastointikustannusten suhteen. Wilsonin kaavaa käyttäessä tarvitaan neljää eri arvoa:

D = arvio vuosimenekistä (kpl)

TK = yhden toimituserän tilauskustannus (€)

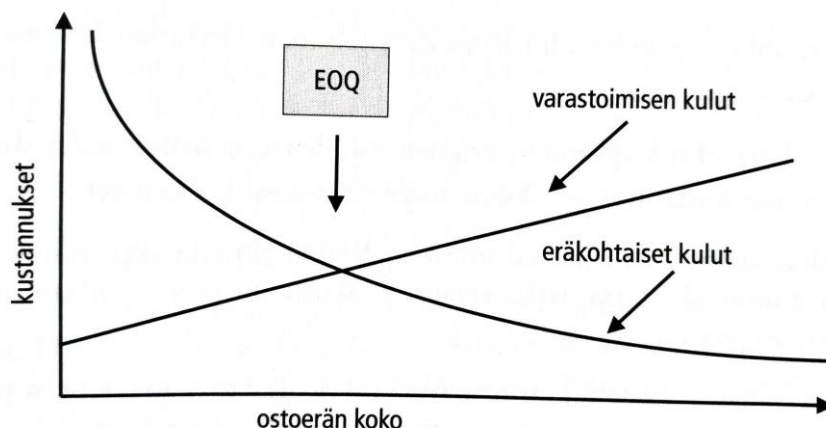
H = tuotteen yksikköhinta (€)

VK = varastoinnisen kustannukset vuodessa (€)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * TK}{H * VK}}$$

Kaavan antama tulos on likiarvo, sillä osa annetuista arvoista on arvioita tai keskiarvoja. Esimerkiksi toimituserän kustannuksia on välillä vaikea määrittellä, koska ne saattavat sisältyä tilauksen hintaan, jolloin niitä ei pystytä arvioimaan. Tämän lisäksi tuotteiden yksikköhinnat saattavat vaihdella, joten myös tilauserän koon pitäisi muuttua. Kaava antaa kuitenkin hyvän suunnittelulähtökohdan, sillä sen perusteella voidaan päätellä, missä kokoluokissa tulisi liikkua.





Kuva 5 Taloudellisen tilausjärän minimipiste (Virtanen & Hokkanen 2013: 77).

Kuten kuvasta 5 nähdään, osoittaa EOQ kokonaiskustannuskäyrän minimipisteen. Kuvasta voidaan myös päätellä, että kun varastoinnin kulut nousevat, laskevat tilauksen eräkohtaiset kulut. Minimipisteen kohdalla vuosittaiset kulut ovat alimmillaan, ja kun varastoinnin tai eräkohtaiset kulut nousevat, nousevat myös vuosittaiset kulut. EOQ-kaava ei sovi nimikkeille, joiden kysyntä saattaa vaihdella nopeasti. (Harrison ym. 2015: 215–217.)

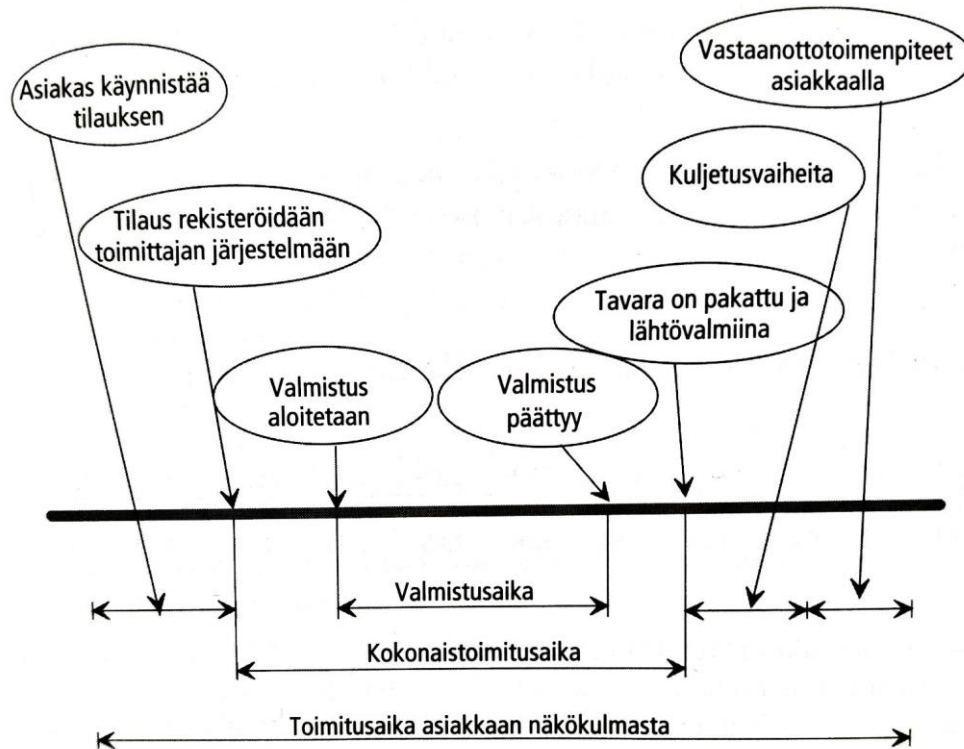
### 5.1 Toimituserän kustannukset

Ostoerän kustannukset ovat optimoinnissa ongelmallinen kohta. Kustannuksien laske-  
mista vaikeuttaa se, ettei niitä aina pystytä arvioimaan. Ostoerän maksuun saattaa liittyä  
kuljetuskustannuksia ja muita lisämaksuja, joita ei ole eritelty missään. Sakin (2009: 85)  
mukaan joko myyjä tai ostaja vastaa kuljetuskustannuksista, mikä vaikeuttaa tarkan ko-  
konaiskuvan saamista. Ostoerän kustannukset tulisi määritellä mahdollisimman tarkoin.

### 5.2 Hankinta-aika

Tilauksia tehtäessä ja toimitusketjua optimoitaessa tulee ottaa huomioon hankinta-aika.  
Hankinta-aika ei ole vain se, kuinka kauan tilauksen kuljetuksessa kestää, vaan siinä  
tulee ottaa huomioon monta muuta asiaa. Hankinta-aika lähtee siitä, kun tilaaja huomaa,  
että tuotetta on aika tilata lisää. Tämä kohta on kuvassa 6 kohta "Asiakas käynnistää  
tilauksen". Tämän jälkeen vuoro siirtyy toimittajalle, joka vastaanottaa tilauksen,

rekisteröi sen ja aloittaa valmistuksen. Valmistuksen jälkeen tulevat pakkaaminen ja kuljetus, ja tilauksen saapuessa tilaajalle tulee hankinta-aikaan vielä huomioida vastaanottoon kuuluvat toimenpiteet. Tästä kokonaisuudesta syntyy hankinta-aika. (Sakki 2009: 120.)



Kuva 6 Hankinta-ajan osatekijöitä (Sakki 2009: 121).

## Lähteet

Choi, Tsan-Ming 2014. Handbook of EOQ Inventory Problems – Stochastic and Deterministic Models and Applications. E-kirja

Harrison, Alan & van Hoek, Remko & Skipworth, Heather. 2014. Logistics Management and Strategy – Competing through the supply chain.

Haverila, Matti J. & Uusi-Rauva, Erkki & Kouri, Ilkka & Miettinen, Asko. 2009. Teollisuustalous. 6 painos. Tampere: Hämeen Kirjapaino Oy.

Hokkanen, Simo & Virtanen, Seppo. 2013. Varastonhoitajan käsikirja. 2 painos. Kangasniemi: Sho Business Development Oy.

Rauhala, Matti S. 2011. Osta oikein ansaitse enemmän. Helsinki: Talentum.

Sakki, Jouni 2003. Tilaus-toimitusketjun hallinta, Logistinen B-to-B -prosessi. 6 uudistettu painos. Espoo: Hakapaino Oy.

Sakki, Jouni 2009. Tilaus-toimitusketjun hallinta, B2B – Vähemmällä enemmän. 7 uudistettu painos. Helsinki: Hakapaino Oy.

Salmivuori, Jyrki 2010. Vaihto-omaisuuden hallinta pk-yrityksessä. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.