

Janne Pakkanen

# Varaosamyynnin ennustettavuuden kehittäminen Case Planmeca Oy

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalouden koulutusohjelma

Insinöörityö

18.1.2017

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Janne Pakkanen Varaosamyynnin ennustettavuuden kehittäminen Case Planmeca Oy 54 sivua + 5 liitettä 18.1.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tuotantotalouden koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaajat	Varaosapäällikkö Maija Niemi Yliopettaja Hannu Räsänen
<p>Insinööriyön tavoitteena oli perehtyä varaosamyynnin luokitteluun, ennustemenetelmiin ja -työkaluihin ja tämän avulla löytää keinoja jakelijoiden tilaamisen, toimittamisen ja varastoinnin kehittämiseksi. Case-yrityksessä haluttiin löytää tapa epänormaalien varaosatilausmäärien havainnointiin ja tähän problematiikkaan etsittiin työssä ratkaisuvaihtoehto.</p> <p>Työssä valittiin kolme suurta jakelijaa varaosamyynnin arvon perusteella ja tutkittiin näiden kolmen jakelijan tilausfrekvenssin ja tilattujen nimikkeiden ja määrien vaihtelua. Kysyntä- ja varastoinformaation virtaa jakelijan ja case-yrityksen välillä ja niiden kehittämistarpeita arvioitiin kirjallisuuden perusteella. Vertailtavien kolmen jakelijan ABC- ja XYZ-luokittelut tehtiin tilaushistorian perusteella. Palautusten avulla arvioitiin mahdollisia tuotteiden laatuongelmia sekä jakelijan varastonhallinnan haasteita.</p> <p>Työn kautta havaittiin tilaamisen tasaamisen välttämättömyys haluttaessa kehittää ennusteita tulevasta kysynnästä. Yhteistyön kehittäminen Top 15 -jakelijoiden kanssa on avainasemassa kehitettäessä toimintaa, koska näiden jakelijoiden myynnin vaikutus ja sitä kautta saavutettavat hyödyt ovat merkittäviä. Huomattavaa on myös, että kaksi kolmesta jakelijasta on case-yrityksen omistuksessa, joten näiden toimintaan vaikuttamismahdollisuudet ovat hyvät.</p> <p>Tilauspiikkien havaitsemiseen esitettiin suunnitelma, joka perustuu kuukausittaiseen jakelijan tilausten valvontaan ja hälytysviestin luontiin säännön perusteella. Tämän suunnitelman toteutus on jatkokehitysprojekti. Työssä esitettiin kehitysideana raportointijärjestelmän käyttöönotto varaosamyynnissä ja sitä kautta paremman näkyvyyden saavuttaminen myynnin kehittymiseen ja jakelijoiden tilaamisen ennakointiin.</p>	
Avainsanat	Varaosat, luokittelu, ABC-XYZ-analyysi, toimitusketju, kysyntä, tasaaminen

Author Title Number of Pages Date	Janne Pakkanen Developing ability to forecast demand for spare parts Case Planmeca Oy 54 pages + 5 appendices 18 January 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Industrial Engineering
Specialisation option	
Instructors	Maija Niemi, Spare Parts Manager Hannu Räsänen, Principal Lecturer
<p>The purpose of the thesis was to find ways to improve distributors' ordering, shipping and inventory management by gaining knowledge of spare parts classification, forecasting methods and tools. The case company was interested in solutions to find ways to detect distributors abnormal demand for spare parts.</p> <p>Three of the largest distributors were selected for investigation on the basis of the value of spare part sales. Replenishment frequency, ordered items and changes in the number of quantities were investigated. The demand and inventory information stream between the case company and the distributors was evaluated. ABC and XYZ classifications were done to three distributors based on the case company's sales history data. Returns from three distributors were inspected and quality issues as well as inventory management issues were found.</p> <p>Ordering equalization was found necessary to improve forecasting abilities for the demand for spare parts. Co-operation improvements with Top 15 distributors is a key component when improving the operation because these distributors have the largest impact on sales and the benefits are significant. It is noticeable that two of the three distributors are within the same group as the case company so improving their methods will be achievable.</p> <p>A solution for detecting abnormal or peak demand was designed based on monthly ordering control and alert messaging based on rules. The actual development of the application is a follow-up project. The thesis introduces a QlikView reporting system as a development idea for improving the dependence and transparency of spare parts sales and predicting ordering of distributors.</p>	
Keywords	spare parts, classification, ABC-XYZ analysis, supply chain, distribution, equalization, demand

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Varaosamyynti ja -jakelu	3
2.1	Varaosan määritelmä	3
2.2	Varastoinnin kustannus	4
2.3	Kysynnän vaihtelu	5
2.4	Varaston täydentäminen	6
2.5	Varaosavaraston hallinta	11
2.6	Nimikkeiden luokittelu	14
2.7	Monitasoinen jakelijaverkosto	22
2.8	Informaatiovirta jakelijaverkostossa	23
2.9	Palvelutaso	26
2.10	Myyntiennusteet	28
2.11	Aikasarjamallit	29
2.12	Epänormaali kysyntä	36
3	Nykytilanne case-yrityksessä	37
3.1	Monitasoinen toimitusketju	37
3.2	Luokittelu	38
3.3	Ennustettavuus	40
4	Tietojen analysointi	41
4.1	Kriittisen nimikkeen tilausmäärän analysointi	41
4.2	ABC-XYZ-luokittelu	45
4.3	Palautukset	48
5	Kehitysideat	50
5.1	Informaation kulku jakeluketjussa	50
5.2	Raportoinnin kehittäminen ja hälytysviestit	51
6	Yhteenveto	54
	Lähteet	55

Liitteet vain työn tilaajan käyttöön

Liite 1. ABC-XYZ-analyysit

Liite 2. Jakelijoiden varaosatilausten jakautuminen tuoteryhmittäin

Liite 3. Jakelijoiden palautusten jakautuminen tuotteittain ja syykoodeittain, Eurooppa

Liite 4. Jakelijoiden palautusten jakautuminen tuotteittain ja syykoodeittain, Pohjois-Amerikka

Liite 5. Jakelijoiden palautusten jakautuminen tuotteittain ja syykoodeittain, Aasia

## Lyhenteet

EDI	<i>Electronic data interchange</i> . Määrämuotoinen ja automaattinen tiedonsiirto yritysten tai julkishallinnon tietojärjestelmien välillä.
DOS	<i>Days-of-supply</i> . Riitto.
EOQ	<i>Economic order quantity</i> . Taloudellinen tilausmäärä.
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> . ERP-järjestelmä, toiminnanohjausjärjestelmä on yrityksen tietojärjestelmä, joka integroi eri toimintoja, esimerkiksi tuotantoa, jakelua, varastonhallintaa, laskutusta ja kirjanpitoa.
MAD	<i>Mean absolute deviation</i> . ennusteessa käytettävä keskiarvon absoluuttinen poikkeama.
MAPE	<i>Mean absolute percent error</i> , Ennusteessa käytettävä keskiarvon absoluuttinen prosenttivirhe.
MSE	<i>Mean squared error</i> . Ennusteessa käytettävä keskiarvon virheen neliö.
POS	<i>Point-of-sales</i> . Myyntipiste lähinnä asiakasta, josta saadaan kysyntätietoja ennusteita varten.
ROP	<i>Re-order point</i> . Tilauspistemenetelmä.
SKU	<i>Single stock keeping unit</i> . Yksittäinen varastonimike.
VED	<i>Vital, essential, desirable</i> . Luokittelumenetelmä, jossa osat luokitellaan niiden kriittisyyden mukaan.
VMI	<i>Vendor-Managed Inventory</i> . Toimittajan hallinnoima varasto; varaston hallintamenetelmä.

## 1 Johdanto

Insinööriössäni tutkin yrityksen varaosamyynnin ja jakelun nykytilaa case-yrityksessä. Case-yrityksessä on tarve kehittää varaosatilaamisen ja toimittamisen tapoja. Tutkin työssäni mahdollisuuksia hyödyntää myyntiennusteita jakelijoiden varaosavarastojen täydennysten parantamiseen sekä ongelmakomponenttien havaitsemiseen varaosamyynnin ja palautusten perusteella.

### Case-yritys

Case-yritys Planmeca Oy on terveysteknologian yritys, joka suunnittelee, markkinoi ja valmistaa hammashoidon ohjelmistoja ja laitteita. Tuotteet myydään jälleenmyyjäverkon avulla. Yrityksellä on jakelijoita yli 120 maassa. Yrityksen liikevaihto vuonna 2015 oli noin 230 miljoonaa euroa, josta varaosamyynnin osuus oli noin 10 % (Rothberg 2016).

Case-yrityksellä on laitteen valmistajana vastuu taata varaosien saatavuus kymmenen vuotta tuotteen valmistuksen päättymisen jälkeen. Yrityksen varaosaosastolla työskentelee 23 henkilöä. Varaosakäsittelijöiden vastualueet on jaettu kielen sekä maantieteen pohjalta, perustuen vientimyynnin maajakoon. Varaosaosaston perusvarastossa on noin 6 700 nimikettä. Varaosaosasto käsitteli vuonna 2015 noin 15 000 varaosatilausta (Rothberg 2016).

### Tutkimusongelma ja työn tavoitteet

Työn aiheeksi on valittu varaosamyynnin ennustettavuuden kehittäminen sen haastavuuden vuoksi. Normaaletta myynninennustamisen malleja käytetään varsin laajasti, kuitenkin varaosatilaamisen osalta mallien soveltuvuudesta on melko vähän tutkimustietoa, jota voidaan soveltaa käytäntöön. Tavoitteena on tutustua luokittelu- ja ennustemenetelmiin ja -työkaluihin sekä etsiä vaihtoehtoja epänormaalien varaosatilausmäärien havainnointiin tarkasteltavassa yrityksessä. Työ etenee tutkien suurimpien jakelijoiden varaosamyynnin ja varastoinnin luokittelua. Työssä vertaillaan kolmen suuren jakelijan varaosatilaamistapoja. Suurimpien jakelijoiden ja näiden tilaus- ja toimituskäyttäytymisen tutkimisen perusteella pyritään esittämään kehitystoimia toimitusketjun jakelijoiden ja valmistajan yhteistyön kehittämiseksi.

Tutkimuskysymyksenä on esitetty ajatus hälytysviestin (automaation) luomiseksi jakelijan varaosien tilauspiikin perusteella. Case-yrityksessä on halu päästä kiinni tuotteiden ongelmiin selvittämällä varaosien normaalista poikkeavia tilausmääriä.

### Työn rajaukset

Työssä tarkastellaan varaosien hallintaa, jakelijakohtaista tilaamista, varastointia ja mekin ennustamista valmistajan näkökulmasta. Työn tuloksena ei toimiteta valmista ratkaisua tai järjestelmää. Pääpaino on varaosatilaamisen ja sen ennustemenetelmiin tutustumisessa ja niiden soveltamisessa jakeluketjussa. Tutkimuskysymykseen liittyvä konkreettinen ratkaisu jää jatkokehitysprojektiksi. Tässä työssä esitetään mekanismi poikkeavien varaosatilausmäärien havainnointiin.

### Työn rakenne

Työ alkaa nykyisen varaosajakeluketjun kuvaamisella ja selvittää muun muassa varastoinformaation kulkua jakelijalta valmistajalle. Kirjallisuuden pohjalta tuodaan esille tyyppisiä varaosaliiketoimintaan ja -jakeluun liittyviä ongelmakohtia. Luvussa 2 edetään varastointivaihtoehtojen ja luokittelun kautta valmistajan ja jakeluketjun palvelutasoon. Teoriaosuus jatkuu käsitellen myyntiennusteita ja aikasarjamalleja. Varaosatilaamisen erityisyyteen ennusteiden osalta luodaan näkökulma julkaisuihin perustuen. Seuraavassa luvussa luodaan katsaus teorioiden toteutumiseen ja muihin case-yritykselle ja toimitusketjulle erityisiin piirteisiin.

Luvuissa 3 ja 4 esitetään havaintoja jakelijoiden tilauskäyttäytymisestä sekä luokitellaan jakelijoiden tilaamia nimikkeitä. Kehitysehdotuksissa esitetään mekanismi normaalista poikkeavaan jakelijan tilauskäyttäytymisen komponentin tai osan havainnointiin. Kehitysehdotukset sisältävät myös ehdotukset välineiden hyödyntämisestä jatkokehityksessä. Yhteenvedossa analysoidaan teorioiden toteutumista case yrityksessä. Nykyisille varaosatilausvaihtoehdoille esitetään kehitysajatuksia sekä ilmaistaan jatkokehityskohteita.



## 2 Varaosamyynti ja -jakelu

Varastointipäätökset varaosaliiketoiminnassa ovat kriittisiä, koska varaosapuutteiden aiheuttamat kustannukset voivat koitua todella kalliiksi, toisaalta taas kaikkien varaosien pitäminen varastoituna kasvattaa varastoja ja niihin sitoutunutta pääomaa eksponentiaalisesti (Stevenson 2009: 550).

Varaosien hallinnalla on merkittävä tehtävä nykyorganisaatioissa. Varaosilla ja niiden varastoinnilla on merkittävä kustannusvaikutus yritykselle. Teoreettisesta näkökulmasta luontaisesti varaosien epäsäännöllinen kysyntärakenne aiheuttaa merkittäviä haasteita sekä ennusteille että varastointivalinnoille. (Syntetos ym. 2009: 292–316.)

### 2.1 Varaosan määritelmä

Varaosat voidaan määritellä tuotteiksi, joita tarvitaan, kun jokin komponentti hajoaa tai tarvitsee korjausta (Syntetos ym. 2009: 292–316). Varaosanimikkeet voidaan jakaa kahteen ryhmään ominaisuuksien perusteella. Varaosiksi luetaan osat, joiden uusimistarvetta on vaikea ennakoida ja joiden on tarkoitus kestää kulutusta. Kun taas kulutusosien tarve ja käyttöikä ovat ennustettavissa. Ryhmittely on perusteltavissa myös kysynnän perusteella, sillä kulutusosien kysyntä on yleensä huomattavasti suurempaa kuin varaosien. (Ketvell & Lassila 2015: 7.)

Varaosien tarvetta on hankala ennustaa, mikä aiheuttaa ohjausarvojen ja varastotasojen määrittämisen vaikeuden. Varaosanimikkeiden suuri määrä tekee niiden varastoinnin vaikeaksi. Keskisuuressa teollisuusyrityksessä erilaisia varaosia voi olla noin 15 000 (Roda ym. 2014: 528–549). Koska varaosien tarvetta ei tunneta, saattavat osat joutua odottamaan varastossa pitkään ja usein niitä ei tarvita ollenkaan. Pitkä varastointiaika saattaa aiheuttaa osien pilaantumista, joten varaston hallintaan liittyy myös haasteita (Ketvell & Lassila 2015: 27).

## 2.2 Varastoinnin kustannus

Stevensonin (2009: 556) mukaan normaalisti varaosanimikkeiden säilytyskustannukset ovat noin 20–40 % nimikkeen arvosta. Lisäksi kuljetuskustannus voidaan määrittää rahassa per varaosanimike. Kuljetusten osuus logistiikan kustannuksista on suurin, jonka jälkeen toiseksi suurimman kulun muodostaa on varastointi. Tämän jälkeen infrastruktuuri, IT-järjestelmät ja hallinto muodostavat loput kuluista.

Varaosien varastointi perustuu luokitteluihin, jos luokittelut ovat epäluotettavia voi koko varastoinnin määrittäminen olla hankalaa. Varaosavarastojen tehostamisella voidaan vähentää niihin sitoutuvaa pääomaa ja resursseja sekä samalla pienentää osien vanhentumisen riskiä varastossa (Ketvell & Lassila 2015: 3–27).

Päätavoitteena millä tahansa varastonhallintajärjestelmällä on saavuttaa riittävä palvelutaso mahdollisimman pienellä varastointi-investoinnilla ja hallinnollisilla kustannuksilla. Matemaattiset mallit ovat yleensä keskittyneet optimoimaan varastointikustannuksia ja palvelutasoja, kun taas hallinnollisen tehokkuuden tavoittelu on johtanut varaosanimikkeiden luokittelun hyödyntämiseen. Vaikka yhä tehokkaampien tietojärjestelmien ansiosta on mahdollista luoda tarkempia malleja, silti joudutaan valitsemaan parametrit, allokimaan resurssit, tekemään hankintapäätökset ja ajattelemaan erilaisia vaihtoehtoisia menettelytapoja erityyppisille nimikkeille. Tämän perusteella nimikkeiden luokittelu on tärkeämpää kuin koskaan. (Huiskonen 2001: 125–133.)

Varastointikustannukset kaikissa eri varastointisijainneissa, joissa tuotetta varastoidaan, ovat kuluja, jotka pyritään minimoimaan. Davis (2013: 85–86) listaa kolme kustannusta, jotka tulee huomioida rajoitteena:

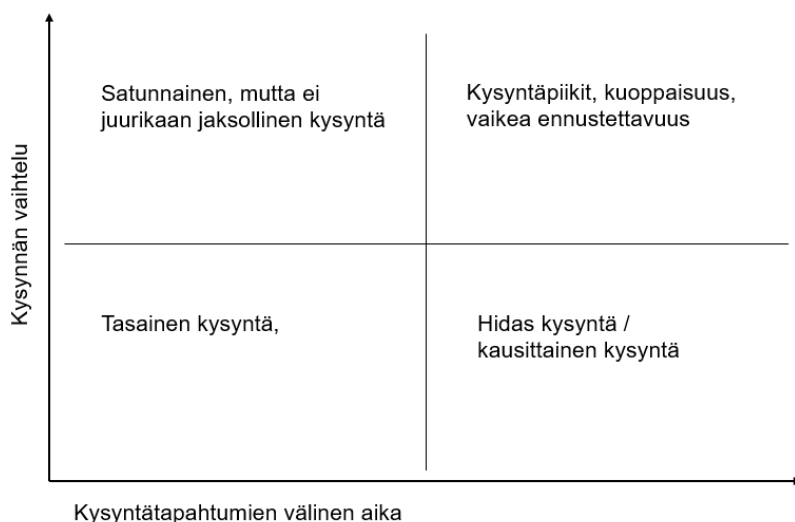
1. Tilaamisen kustannukset. Varaston täydentäminen aiheuttaa aina kustannuksia. Tämä kiinteä kustannus sisältää tilauksen käsittelyn ja on usein riippumaton tilausmäärästä.
2. Varastoinnin aiheuttamat kustannukset. Tähän kuluun sisältyy kaikki varastointiin liittyvä kustannus. Tämä kustannus on usein kiinteä ja voidaan laskea prosenttiosuutena tuotteen arvosta.
3. Puutekustannukset (*stock-out*). Puutekustannuksia koituu, kun tuotetta ei ole saatavilla. Tämä kulu voi sisältää esimerkiksi nopean toimittamisen vaatiman kustannuksen tai korvaavan tuotteen toimittamisen. Palaako asiakas uudelleen? Kertooko asiakas mahdollisesti eteenpäin kokemastaan ongelmasta kollegoilleen? Tyypillisesti

tämä kustannus lasketaan nimike- ja tilausjaksokohtaisesti ja lisätään jälkilähetysten määrää.

### 2.3 Kysynnän vaihtelu

Epätasaiseen kysyntään ja varastonhallintaan liittyy hyvin yleinen ilmiö, kuinka tavanomaiset tai traditionaaliset varastonhallinnan menetelmät eivät vain yksinkertaisesti ole tehokkaita tietyntyyppistä kysyntää kohtaavien tuoteryhmien kohdalla. Näiden tuotteiden riesana on yleisesti ottaen yksi tai useampi ongelma, kuten huono palvelunlaatu asiakkaalle, ylisuuret varastot ja kustannusrakennetta rasittava varastointi tai käsittelykulut. (Happonen 2011: 26.)

Happonen (2011: 27) määrittelee, että varaosakysyntä on vaikeimmin ennakoitavissa oleva kysynnän laji. Joillakin nimikkeillä on hyvin vähän tai ei ollenkaan kysyntää tietyssä ajanjaksona, kun taas toisilla kysyntä voi olla merkittävää. Tämän vuoksi nimikkeitä voidaan luokitella kysynnän mukaan, joka voi olla ajoittaista, mutta ei jaksottaista, säännöllistä kysyntää, piikkikysyntää ja hidasta kysyntää. Kuvassa 1 havainnollistetaan kysynnän ja kysyntätapahtumien vaikutusta luokitukseen.



Kuva 1. Kysynnän vaihtelun ja kysyntätapahtumien vaikutus (Happonen 2011: 119).

Kysynnän epätasaisuuden hallintamenetelmien kehittämisen ja onnistuneen implementoinnin kannalta on erittäin tärkeää ymmärtää kysynnän muutoksen lähteet ja menetelmät, joilla kysyntää voidaan tasata. Esimerkiksi jos kysynnän vaihtelun takana on asiakkaiden suuri lukumäärä, voidaan kysynnän tasaisuuteen ja hallittavuuteen yrittää vaikuttaa tuotteiden modularisoinnilla siten, että maksimoidaan eri tuoteryhmiin ja tuotteisiin käytettävien yhteisten osien määrää. Tällöin yhteisten osien kohdalla saavutetaan suuruuden ekonomian hyötyjä ja useimmiten myös varastojen kohtaama kysyntä tasoittuu merkittävästi, jolloin epätasainen kysyntä kohdistuu aiempaa pienempään osaan varastoa. (Happonen 2011: 29.)

After sales- ja varaosajohtamista on perinteisesti pidetty vähemmän arvokkaana useissa valmistavissa yrityksissä. Käytössä olevat johtamistekniikat eivät usein poikkea lopputuotteiden ja komponenttien valmistukseen käytetyistä. Bacchettin ja Saccanin (2012: 722–737) tutkimuksessa varaosajohtajat mainitsivat seuraavat merkittävimmät kaikille yhteiset ongelmat varaosamyynnin ja jakelun johtamisen haasteista:

- järjestelmänäkökulman puuttuminen varaosahallinnasta
- heikot suhteet toimitusketjussa
- kysynnän ennusteiden epätarkkuus
- vaikeus ylläpitää tehokas varaston kiertonopeus.

Erityisesti varaosaliiketoiminnassa kysynnän vaihtelua on vaikeaa ennustaa. Johtuen varaosien luonteesta, matemaattisten mallien sopivuus varaosien kysynnän ennustamiseen, on laajalti kyseenalaistettu (Botter & Fortuin 2000: 656–674). Puurunen ym. (2014: 144–158) tekivät tutkimuksessaan mielenkiintoisen päätelmän, jossa toimitus- ja tilausviiveen vaihtelu pienentää palvelutasoa kysynnän vaihtelua enemmän. Toisaalta heidän tutkimuksensa koski vain 100 nimikettä, joten yleistys jää kyseenalaiseksi. Lisäksi uusien tuotteiden julkaisuutiheys vaatii kysynnän ja varastohallinnan toimintaa tuotteille joiden tilaushistoriaa ei ole saatavilla (Bacchetti & Saccani 2012: 722–737).

## 2.4 Varaston täydentäminen

Järjestelmät, jotka ovat liian monimutkaisia aiheuttavat tilanteen, jossa järjestelmää ei voida ymmärtää ja käsitellä oikein. Tästä syytä käytettävien työkalujen ja menetelmien

tulee olla tarpeeksi helppoja käyttää ja ymmärtää. Varaosan arvon vähetessä yksinkertaisen täydennysmenetelmän merkitys korostuu. Koska sitoutunut pääoma ei ole merkityksellinen, voi täydennyserä olla verrattain suuri. Tilaukset voidaan luoda automaattisesti järjestelmän toimesta perustuen ennalta määriteltyihin tilaussignaaleihin. (Huiskonen 2001: 125–133.)

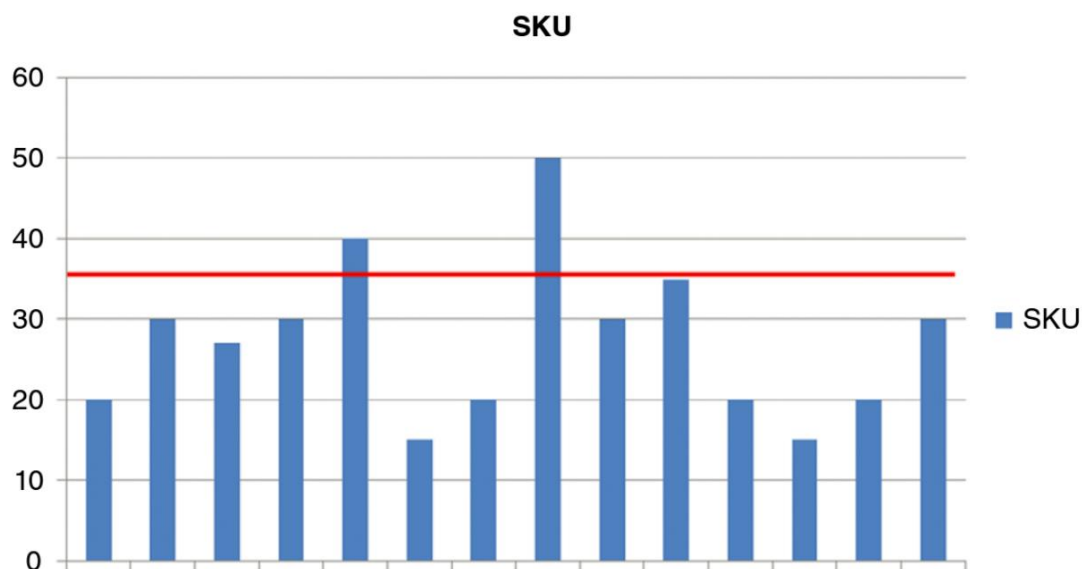
### Kiertonopeus

Rahikainen (2016: 23) toteaa, ettei varaosien varastohallinta voi kasvattaa myyntiä merkittävästi, täten ainoa tapa päästä tavoiteltuun kiertonopeuteen on laskea varaston keskiarvoa. Mikäli kiertonopeus on pieni, se tarkoittaa, että nimikkeitä varastoidaan, mutta ei myydä. Tämän perusteella jokaisen nimikeryhmän kiertonopeus tulee selvittää. Varaston kiertonopeus voidaan laskea varaston riiton (kuinka monen päivän tarpeeksi nimikettä on varastoitu) perusteella ja jakamalla tämä kalenterivuoden päivien lukumäärällä 365 (yleisesti käytetty riiton laskennassa lukua 360). (Rahikainen 2016: 23.)

Yritykset, jotka luottavat pelkästään imuohjaukseen (*pull*) täydennyksessä, ovat alttiita ennusteiden epätarkkuuksille, jos inventaariosuunnittelua tehdään väärin. Ennuste on vain arvaus, koska asiakkaiden ostoaikeet eivät ole aina ennakoitavissa. Täydennyksen perustaminen pelkästään tietoon myydyistä tai laskutetuista tuotteista, voi johtaa itseään toteuttavaan ennustamiseen, jossa täydentäminen perustuu pelkästään aiempaan toimittamiseen. (Davis 2013: 35.)

### Varaston optimointi

Varaston optimoinnin avulla on tarkoitus luoda yksilöllinen varastointipolitiikka, jossa jokaiselle tuote- ja varastopaikkayhdistelmälle luodaan oma politiikka, jonka avulla kustannukset pidetään mahdollisimman alhaalla, kuitenkin säilyttäen optimaalinen ja tavoiteltu palvelutaso. Varastointipolitiikan linjauksilla luodaan tuotteille yksilölliset vaihteluvälit, jotka huomioivat palvelutason ylläpitämisen, kustannusten tasapainottamisen, kysynnän muutosten heilahtelut sekä toimitus- ja tilausviiveen vaihtelun. (Davis 2013: 73–74.) Kuvassa 2 on esitetty esimerkki yksilöllisesti optimoidusta varastotasosta.



Kuva 2. Yksilöllisesti optimoitu varastotaso nimikkeelle varastopaikassa, joka huomioi valitun palvelutason (Davis 2013: 74).

Daviesin (2013: 74) mukaan tärkein tieto nimikkeen varastoinnin suunnittelussa on haluttu palvelutaso asiakasrajapinnassa, toisin sanoen kulutus asiakasta lähimpänä olevassa varastointipaikassa.

Jakeluverkoston rakenteen tuntemus on tärkeää järjestelmän ymmärtämisen kannalta. Lähinnä asiakasta olevan varaston merkitys luotavien mallien kehityksessä nousee muiden yläpuolelle, muut ylävirran varastointipaikat palvelevat tätä alinta lehteä puussa ja sen palvelutasoa. Jos esimerkiksi asiakasrajapinnan palvelutasoksi on määritetty 98 %, tämä ei tarkoita, että jokaisen aiemman portaan ylävirrassa tulee pystyä samaan 98 %:n palvelutasoon pystyäkseen takaamaan tämän palvelutason asiakasrajapinnalle. Tilaus- ja toimitusviiveen, tilausfrekvenssin ja kysynnän vaihtelun huomioon ottaen ylävirran varastot voivat suoriutua tehtävästään palvella alavirran varastointia huomattavasti pienemmällä palvelutasolla. (Davis 2013: 85.)

#### Täydennystavat

On olemassa kahdenlaista varaston laskentaa, jaksottaista (*periodic*) ja jatkuvaa (*perpetual*). Jaksottaisessa seurannassa varastosaldoja lasketaan tietyin väliajoin, jolloin selvitetään, tuleeko tiettyä nimikettä tilata ja kuinka paljon. Jatkuva varastonhallinta taas tark-

kailee koko ajan varastonkulutusta. Kun tietyn nimikkeen varastomäärä laskee alle ennalta määritellyn rajan, tehdään kiinteän määrän tilaus. Tämä tunnetaan myös *s-1*, *s*-menetelmänä. Molemmilla tavoilla on hyötynsä ja haittansa. (Stevenson 2009: 554.)

Jaksottaisen seurannan etuna voi nähdä useiden nimikkeiden tilausten yhdistämisen ja siitä seuraavat säästöt liittyen tilaamiseen ja toimittamiseen. Haittana taas on valvonnan puute jakson aikana, jolloin varaston määrää ei tarkasteta. Muun muassa tästä syystä joudutaan suojautumaan puutteelta jaksojen aikana varmuusvaraston avulla. Jatkuvasti seurattavan varaston etuna on välitön varaston saldotieto. Toinen jatkuvan seurannan menetelmän eduista liittyy kiinteään tilausmäärään, joka mahdollistaa taloudellisen tilausmäärän (EOQ) käytön. Suurimman haitan jatkuvan seurannan käytöstä aiheuttaa sen kustannus. (Stevenson 2009: 553–554.)

#### Taloudellinen tilauserä EOQ

EOQ (*economic order quantity*) määrittelee kiinteän tilausmäärän, jolla vuosittainen tilaamisen ja varastoinnin kulu saadaan minimoitua. Yhtälö tunnetaan myös nimellä Wilsonin kaava (*Wilson formula*). EOQ ottaa huomioon vuosittaisen kysynnän, kiinteät kulut yksittäiselle tilaukselle, varastoinnin kulun ja tilausmäärän. Yhtälöön sisältyy useita oletuksia: vain yhtä osaa käsitellään, kysyntä on tiedossa, kysyntä on vakio, toimitusaika on vakio, tilaukset saapuvat samassa toimituksessa ja määrään perustuvia alennuksia ei ole. (Stevenson 2009: 559–564.)

Sovellettaessa EOQ-laskentaa käytännön tilanteisiin menetelmä antaa helposti vääristynyttä ohjaustietoja, mikäli menetelmän pohjaoletukset eivät toteudukaan. Erityisesti menetelmä kärsii sellaisissa tilanteissa, joissa kysyntä on jatkuvasti muuttuvaa luonteeltaan. Ohjausmenetelmän ja kaavan hyviin puoliin voidaan lukea sen helppo ymmärrettävyys ja se, että sitä käytetään paljon käytännössä, minkä ansiosta eri toimijat ymmärtävät hyvin, miksi toinen toimija ostaa tietyllä tavalla. (Happonen 2011: 23.)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_h}} \quad (1)$$

*D* on vuotuinen kulutus kpl / vuosi (*demand*)

*C<sub>o</sub>* on ostettavan erän kiinteät kustannukset (*ordering cost*)

$C_h$  on varastointikustannukset (*holding costs*) =  $v * r$

$v$  on yksikköhinta (*value*)

$r$  on varastointikustannukset %:na varaston arvosta (*holding rate*) (Happonen 2011: 23).

EOQ:n suurimpina käytännön haasteina voi pitää sen huonoa soveltuvuutta tilanteissa, joissa kysyntä ei ole tasaista, vaan muuttuvaa ja epätasaista.

#### Tilauspistemenetelmä ROP

EOQ antaa vastauksen kuinka paljon tulisi tilata, mutta ei vastaa kysymykseen, milloin pitäisi tilata. Tilauspistemenetelmän (*re-order point*, ROP) avulla tunnistetaan tilauspiste määrällisesti. Tilauspiste saavutetaan, kun määrää laskee alle etukäteen määritellyn rajan alle. Määrä yleisesti sisältää oletetun kysynnän toimitusaikana ja mahdollisesti puskurivaraston, joka auttaa vähentämään puutteen (*stock-out*) mahdollisuutta. Jotta tiedetään, milloin tilauspiste saavutetaan, nimikkeen jatkuva varastosaldon seuraaminen on vaatimuksena. (Stevenson 2009: 571.)

#### Kiinteän tilausvälin tilaaminen

Kiinteän tilausvälin tilaamista (*fixed order interval*) käytetään, kun tilaukset täytyy tehdä tiettyinä ennalta määritettynä aikana esimerkiksi viikoittain, kahdesti kuukaudessa jne. Tilausten ajoitus on asetettu, jolloin kysymys on, kuinka paljon tulee tilaushetkenä tilata. Kiinteän tilausvälin menetelmää käytetään varsin paljon vähittäiskaupassa. Mikäli kysyntä on vaihtelevaa, tilausmäärällä on tapana vaihdella jaksoilla. Kiinteällä tilausvälillä tilaaminen siis eroaa merkittävästi taloudellisen tilauserän ja tilauspisteellä tilaamisesta (EOQ/ROP-menetelmä), jossa tilausmäärä yleensä pysyy vakiona, kun taas välin pituus vaihtelee. Esimerkiksi toimittajan politiikka voi suosia tilaamista kiinteällä tilausvälillä. Ylipäätään tilausten ryhmittely samalta toimittajalta samaan aikaan tapahtuvaksi voi laskea toimituskustannuksia. Lisäksi kaikissa varastoissa ei ole mahdollista seurata jatkuvasti varastotasojä. (Stevenson 2009: 578–579.)

Varaston täydennysmenetelmä voi eri ryhmissä olla erilainen. Ainakin A-tuotteiden osalta tulisi noudattaa jatkuvaa seuranta ja tilauspistemenetelmää. Mikäli ohjausjärjes-



telmää ei ole, kannattaa vähemmän tärkeiden tuotteiden osalta noudattaa periodiseurantaa ja vaihtelevan tilausvälin ja eräkoon menetelmää tai tasaisen menekien tuotteilla tasaisen tilausvälin ja eräkoon menetelmää. (Varastonohjaus 2016.)

## 2.5 Varaosavaraston hallinta

Hyvä varastonhallinta tarjoaa merkittäviä säästöjä sitoutuneeseen pääomaan ja samalla parantaa asiakastytyvääisyyttä. Liika varastointi kuluttaa fyysistä tilaa ja kasvattaa varastoitujen tuotteiden vaurioitumisesta ja pilaantumisesta johtuvia kuluja. Onnistunut varastonhallinta vaatii järjestelmän, jonka avulla voidaan seurata varaston transaktioita, saada tarkkoja tietoja kysynnästä ja toimitusajoista, realistisia arvioita varastoinnin todellisista kustannuksista. Järjestelmällä tulisi pystyä luokittelemaan tuotteita niiden tärkeysjärjestyksen mukaisesti ja allokoida valvontatoimet tämän perusteella. (Stevenson 2009: 586.)

Useat näkökohdat vaikuttavat varaosien kysyntään ja varastonhallintaan tehden siitä monimutkaisen:

- saatavilla olevien varaosanimikkeiden korkea lukumäärä
- kysynnän epäsäännölliset mallit
- nopea reagointi varaosatarpeeseen, jotta voidaan välttää asiakkaille kalliit tuotantoseisokit
- vanhentuvan varaston riski

(Bacchetti & Sacconi 2012: 722–737).

Varastonohjauksella (*inventory management*) hallitaan varastoon sitoutunutta pääomaa (pääoma- eli rahavirta) ja materiaaliveirtoja. Varastonohjauksen perustehtäviä ovat kierto- ja varmuusvarastojen hallinta. (Varastonohjaus 2016.)

Taulukko 1. Varaosavarastoinnin ja -hallinnan haasteiden TOP 10 (Boone et al. 2009: 31-39)

Sijoitus	Varaosien haaste	Pääsyyt
1.	Järjestelmänäkökulman puute	Järjestelmien monimutkaisuus alkaen uuden tuotteen kehityksestä ja jatkuen after salesiin ja asiakastukeen.
2.	Ennusteiden epätarkkuus	Osien rikkoutuminen aiheuttaa satunnaista ja vaihtelevaa kysyntää.
3.	Järjestelmäintegraation puute toimitusketjussa	Kysynnän tarpeeseen vastaamisen vaikeus, johtuen esimerkiksi saatavuustietojen puutteesta.
4.	Toimitus- ja tilausviiveen vaihtelu	Tilaus- ja toimitusviiveen vaihtelu aikaansaa varmuusvarastoja.
5.	Tuoteversiotieto	Palveluntarjoajat ovat epätietoisia konfiguraatiomuutoksista, kunnes teknikko on kohteessa.
6.	Varaosan vanhentuminen	Varastoitu varaosa vanhenee, kun uusi versio julkaistaan.
7.	Vanhojen tuotteiden palvelutarpeen suunnittelu	Vanhat tuotteet aiheuttavat palvelutarvetta, vaikkakin tuotanto on jo lopetettu. Palvelun tulee määrittää viimeinen ostoerä, etsiä korjaajat vanheneville osille ja luoda politiikat laitteiden päivityksille.
8.	Uusien tuotteiden käyttöönoton suunnittelu	Varaosatarpeen ennakoiminen on haastavaa uuden tuotteen julkaisuvaiheessa.
9.	Huoltosykliissä pitäytyminen	Monimutkainen prosessi, joka vaatii hyvän ohjauksen. Kuinka saada huoltosykli tehokkaaksi.
10.	Varaosavarastojen sijoitus ja jakelun suunnittelu	Strategiset suunnitelmat ovat avainasemassa, jotta suunnitellut asiakaspalvelut voidaan saavuttaa.

Kuten taulukosta 1 voidaan todeta, monet eri seikat tekevät varaosavarastohallinnasta vaikeaa. Lisäksi voidaan useita taulukon kohtia yhdistää samaan kategoriaan kuuluvaksi. Tuoteversiotieto (5), varaosan vanhentuminen (6), vanhojen tuotteiden palvelutarpeen suunnittelu (7) ja uusien tuotteiden käyttöönoton suunnittelu (8) kaikki liittyvät uuden tuotteen suunnitteluprosessiin. Kohdat, ennusteiden epätarkkuus (2), huoltosykliprosessi (9) ja varaosien jakelun suunnittelu (10) ovat puolestaan logistiikan ja suunnittelun haasteita. (Rahikainen 2016: 14.)

Varaosat voivat vanhentua, jos tuotesuunnittelu ja versiointi päivittävät tuoterakennetta merkittävästi. Tässä tapauksessa osan uusi versio vanhaan laitteeseen voi korvata vanhan osan. Vaikutus varasosavarastolle on, että osat jäävät käyttämättä ja varaston arvo nousee. Osien vanhentumisen riski on suuri autoteollisuuden ja ICT-osissa johtuen nopeasta tuotekehityksestä. (Boone ym. 2009; Roda ym. 2014.)

After sales -toiminnot harvoin saavat huomiota, jonka ne ansaitsevat. Käytännön kysymyksenä voi esittää, kuinka varaosavaatimukset sisällytetään tuotteen suunnitteluprosessiin ja kuinka varaosien kulutusta hallitaan. Kuinka proaktiivinen palvelutoiminto voi olla? (Hoover ym. 2002: 141.)

Toimittajan aiheuttamaan kriittisyyteen voidaan vaikuttaa tekemällä yhteistyötä toimittajan kanssa. Yhteistyön merkitys korostuu, kun puhutaan riskin ja vastuun jaosta sekä yhteistyön asteesta. (Huiskonen 2001.) Toimittajan kanssa yhteistyötä voidaan tehdä monilla eri osa-alueilla mutta etenkin varaston hallinnassa.

#### VMI-malli ja kaupintavarasto

Kaupintavarasto sijaitsee asiakkaan tiloissa, mutta sen omistaja on toimittaja. Näin ollen asiakkaan oma pääoma ei sitoudu varaosavarastoon, mikä taas pienentää sitoutuneen pääoman määrää. Kaupintavarasto on informaatio-suhteiltaan samanlainen kuin omakin varasto, jolloin ainut toimittajan saama informaatio on saapunut täydennyserätilaus. (Ketvell & Lassila 2015: 28.)

Varaosavarastojen kannalta kaupintavarasto on hyödyllinen asiakkaan kannalta mutta toimittajan näkökulmasta haasteellinen. Varastoitavien nimikeluokkien kaksi ja kolme kohdalla kaupintavarasto olisi hyvä ratkaisu asiakkaan näkökulmasta, sillä pääomaa ei sitoudu varastoihin mutta osien saatavuus paranee.

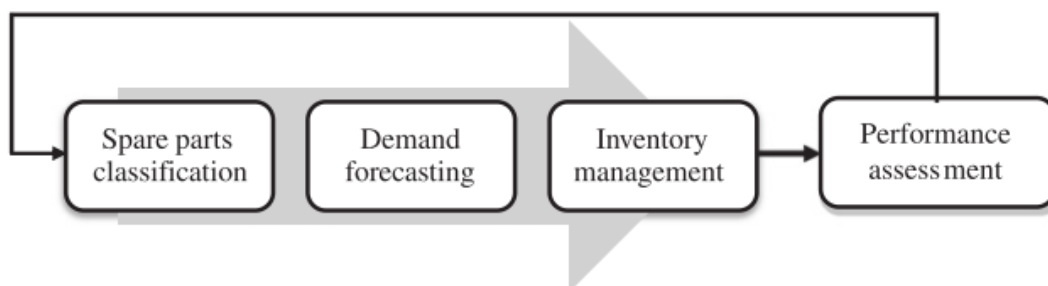
VMI-mallin (*Vendor Managed Inventory*) ja kaupintavaraston merkittävin ero liittyy tiedon jakamiseen ja sen määrään jaon määrää. VMI-mallissa toimittaja vastaa asiakkaansa varaston tasoista, täydennyksistä ja palvelutason ylläpitämisestä. Toimittaja voi tuki edelleen täydentää asiakkaansa varastoa samoilla tilausmäärillä kuin asiakkaan itse huolehtiessa varastotasoistaan, mutta puutetilanteissa toimittaja asettaa etusijalle ne asiakkaat, joiden varastojen hallinnasta on itse vastuussa (Holweg et al. 2005).

Varaosavarastoihin VMI-toimintamalli on erittäin sopiva, koska se palvelee molempien etuja. VMI-mallin merkittävin etu onkin, että asiakas voi keskittyä ydintoimintoihinsa toimittajan huolehtiessa varastotasojen seurannasta. Lisääntyneet palvelusopimukset laitetoimittajan ja asiakkaan välillä edistävät VMI-varastojen käyttöä. VMI-varastoinnin avulla on myös mahdollista välttää turhaa ylivarastointia. (Ketvell & Lassila 2015.)

Monissa toimittajayrityksissä kuitenkin VMI-varastointi on poissuljettu vaihtoehto, koska asiakkaan varaston hallintakulut ylittävät toimittajan saaman edun varaston vähenemisestä. Jotta toiminnan tulokset näkyisivät yritystasolla, tulee suuri osuus volyymista olla VMI-varastointiasiakkaita. Varastointimuodon vaihtaminen VMI-varastointiin ja paremman informaation saaminen tämän avulla ovat toimittajalle merkittäviä vasta kun VMI-asiakkaat edustavat viidennestä kokonaismyynnistä. Aika, joka menee tämän tason saavuttamiseen, riippuu usein jakelukanavan rakenteesta, mutta ennen kaikkea siitä, kuinka tehokkaasti toimittaja voi laajentaa VMI-varastoinnin uusille asiakkaille. (Hoover ym. 2002: 210–211.)

## 2.6 Nimikkeiden luokittelu

Bacchetti ja Saccani (2012) esittää integroidun näkymän, joka sisältää varaosien luokittelun, kysynnän ennustamisen, varaston hallinnan ja tehokkuustekijät. Kaikki tämän näkymän osat tulisi käsitellä kokonaisuutena, joka vaikuttaa koko yrityksen varaosavarastoinnin tehokkuuteen. Integroitu näkymä osoittaa vaiheiden yhteydet ja eri päätösten yhteyden (kuva 3). Päätöksiä tulisi tehdä huomioiden koko järjestelmäkokonaisuus. Nimikkeiden kategorisointiviitekehys tulee kehittää, jotta kehityskohteet pystytään löytämään tarkemmin. Pystyäkseen käsittelemään tuhansia varastonimikkeitä (*stock keeping unit*, SKU) tehokkaasti on pystyttävä kategorioimaan nimikkeitä usein eri tavoin.



Kuva 3. Integroitu lähestymistapa varaosahallintaan (Bacchetti & Saccani 2012).

Eriytetyssä lähestymistavassa jokaista nimikeluokkaa käsitellään eri ennuste- ja varastohallintamenetelmin. Kolmeen peruskysymykseen tulee pystyä vastaamaan: mitkä osat, missä ja kuinka paljon tulee varastoida? (Botter & Fortuin 2000; Bacchetti & Saccani 2012.)

Boylan ja Syntetos (2008) osoittavat kuluttajille suunnattujen varaosatuotteiden kentän olevan erittäin vaihteleva. Kuluttajien varaosatuotteet sisältävät tuotteita eri hintaluokissa ja erilaisilla palvelutarpeilla, myös kysyntämallit vaihtelevat suuresti. Tästä johtuen varaosien luokittelulla pyritään määrittämään eri luokkien palvelutarpeet, ennustamaan kysyntää ja määrittämään varastointitarvetta. Yleensä teollisuuden varaosia luokitellaan niiden kriittisyyden laitteiston toiminnalle tai niiden vuosittaisen arvon perusteella (Syntetos ym. 2009: 294). Boylan ja Syntetos (2008) ehdottavat, että varaosan kriittisyys on teknisille järjestelmille soveltuvampi luokittelu kuin kuluttajatuotteille.

Suosituin luokittelutavoista on osan hinnan mukaan joko yksikkö- tai varastointihinnan perusteella. Seuraavaksi suosituin on kysynnän volyymien tai arvon perusteella tehtävä luokittelu. Muita tapoja ovat esimerkiksi toimituksen perusteella tehtävä luokittelu, täydennyksen läpimenoaika, toimittajan saatavuus ja toimittamatta jättämisen riski sekä kysynnän vaihtelu. Lisäksi voidaan mainita läpimenoajan mittaaminen, varaosan elinkaarivaihe, erityisyys ja luotettavuus. (Roda ym. 2014.) Huiskonen (2001: 125–133) kuvaa neljä kriittisintä ohjaussääntöä, jotka ovat varaosan kriittisyys, spesifisyys, kysyntärakenne ja varaosan arvo. Näiden pohjalta johdon tulee valita relevantteimmat ohjaussäännöt, joiden pohjalta luokittelu luodaan.

Kunnollisten luokittelujen avulla johto voi asettaa erilaisia tavoitteita, käyttää eri ennustemenetelmiä ja tehdä toisistaan poikkeavia varastointipäätöksiä eri kategorioille

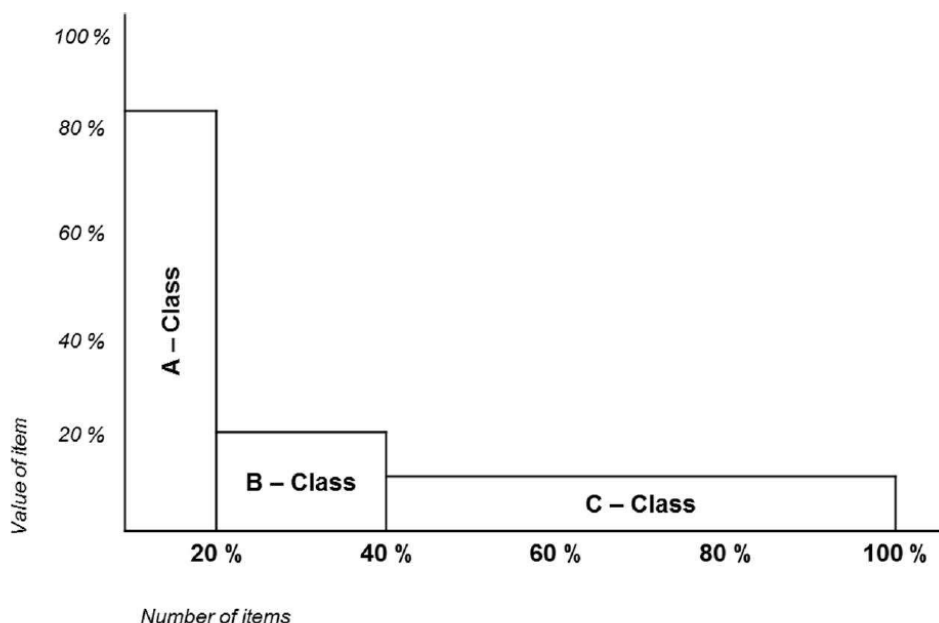
(Bacchetti & Saccani 2012). Kategorisointi voidaan jakaa kahteen pääalueeseen: tilastollisiin ja arvioiviin menetelmiin. Tilastolliset menetelmät perustuvat kvantitatiivisiin analyysihin ja ennusteisiin. Arvioivat menetelmät, puolestaan perustuvat osien kriittisyyteen. Ominaisuudet perustuvat määrään, tuotteisiin, asiakkaisiin ja ajoitukseen.

### ABC-analyysi

Roda ym. (2014) mukaan ABC-luokittelun eri variaatiot ovat suosituimpia luokittelumalleja. Hyvin vähän huomiota on käytetty tunnistamiseen, missä kontekstissa luokitteluja tulisi käyttää. Syntetos ym. (2009) uskoo, että varaosien luokittelu ei ole saanut paljonkaan akateemista mielenkiintoa, jota sen vaikutukset edellyttäisivät, vaikkakin kiinnostus on lisääntynyt.

Mitä enemmän varastossa on varastonimikkeitä (*stock keeping unit*, SKU), sitä helpommin varaston kokonaisarvo kasvaa hallitsemattomasti. Nimikkeiden saldojen ja kierron hallinnassa voidaan käyttää apuna tuotteiden luokittelua ABC-analyysin mukaisesti. ABC-analyysissä varastoitavat tuotteet luokitellaan tarpeen mukaan esimerkiksi myynnin määrän, tuotteen menekin, myyntikatteen tai asiakkaiden määrän perusteella. ABC-analyysin avulla varastoon sitoutunutta pääomaa voidaan alentaa ja samalla parantaa tuotteiden saatavuutta. (Varastonohjaus 2016.)

Pareto-sääntö on italialaisen Vilfredo Pareton tutkimuksiin ja havaintoihin perustuva yleistys vaurauden jakautumisesta suhteessa väestöön 1800-luvun Englannissa. Tutkimusten havainnoista syntyi epäoikeudenmukaisen jakauman teoria. Tämä Pareton havainto tunnetaan nykyään ns. 80/20-sääntönä tai Pareto-sääntönä, minkä mukaan esimerkiksi 80 % myynnistä tulee 20 % tuotenimikkeitä. (Happonen 2011). Kuvassa 4 esitetään Pareto-luokittelun perusajatus.



Kuva 4. ABC-luokittelu (Stevenson 2009: 556).

Aina luokittelussa ei kuitenkaan käytetä 80/20-sääntöä, ja melko yleisesti ABC-luokittelun lähtökohtana pidetään seuraavaa jaottelua:

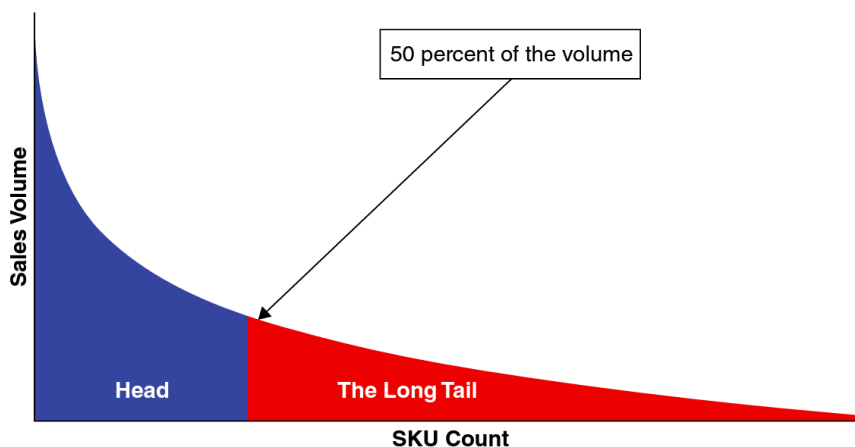
- A-ryhmä: ensimmäiset 50 % kokonaismyynnistä
- B-ryhmä: seuraavat 30 % kokonaismyynnistä
- C-ryhmä: seuraavat 18 % kokonaismyynnistä
- D-ryhmä: viimeiset 2 % kokonaismyynnistä

(Varastonohjaus 2016.)

Tuotaessa kaikki yrityksen varastoitavat nimikkeet samaan kuvaajaan järjestettynä myyntimäärän mukaan suurimmasta pienimpään, tuloksena on (kuva 5) kaltainen kuvaaja. Käännepointti on 50 % kohdalla. Yläpäässä ovat ne varastoitavat nimikkeet (SKU), jotka vastaavat 50 % korkeasta määrästä ja hännän puolelta löytyvät ne toiset 50 %, jotka edustavat hitaasti liikkuvia nimikkeitä. (Davis 2013: 53.)

Nimikkeiden jakautuminen on usein riippuvainen teollisuuden alasta, jolla yritys toimii. Esimerkiksi pienemmät yritykset, joilla on tarkka seuranta nimikkeilleen, voivat saada

tasaisemman jakautumisen käyrälle. Taas täysin vastakkainen ääripää on esimerkiksi varaosat tai jälleenmyyjät, joilla 50 % myyntivolyymistä voi tuottaa 2-8 % nimikkeistä. (Davis 2013: 54.)



Kuva 5. Myyntivolyymin ja varastonimikkeiden suhteen kuvaaja (Davis 2013: 53).

Nimikkeet, joiden myyntimäärä on suuri, ovat usein helppoja hallita. Niiden kokonaissyntynässä saattaa olla kausittaista vaihtelua tai asiakkaiden lojaalius voi hetkellisesti vaikuttaa kysyntään, mutta koska myyntimäärät ovat suuria, pysyy myynti oletettujen suorituskykyparametrien sisällä. Ennusteet ovat vahvalla todennäköisyydellä tarkkoja. Myynnin jakautuminen maantieteellisesti tunnetaan ja yritykset voivat sijoittaa varastojaan sinne missä niitä todennäköisesti eniten tarvitaan. (Davis 2013: 54.)

Toisessa päässä kuvaajaa ovat nimikkeet, joiden myynti on hyvin pientä tai sitä ei ole. Kysyntä voi olla epäsäännöllistä (*intermittent*), harvaa ja möykkyistä (*lumpy*). Lisäksi tietoa siitä, missä tätä mahdollista kysyntää olisi, ei mahdollisesti ole. Tällöin yrityksellä on hyvin vähän tietoa, mihin varastoja kannattaisi sijoittaa tämän rajallisen kysynnän tyydyttämiseksi. (Davis 2013: 54.)

Lukumääräisesti eniten myytyjen A-tuotteiden kierron tulee olla nopea, ja tuotteiden ohjaus perustuu menekkiin. Vähemmän tärkeiden tuotteiden kierto saa olla hitaampi, mutta sitoutuneen pääoman kasvamista liian suureksi on kuitenkin vältettävä. (Varastonohjaus 2016.)



## XYZ-analyysi

Perinteisesti kulutustavan luokittelusta on käytetty nimeä XYZ-analyysi. XYZ-analyysi voi esimerkiksi perustua kysyntävälin tai kysynnän vaihtelulle. X-nimikkeillä kulutus on suurinta ja Z-nimikkeillä pienintä ja epäsäännöllistä (Scholz-Reiter ym. 2012). XYZ-analyysi on muunnos ABC-analyysistä ja sisältää nimikkeiden luokittelun perustuen nimikkeiden myynnin rakenteeseen (myynnin nopeus). XYZ-analyysi antaa oleellista tietoa varastointipäätöksen tekoa varten (Buliński ym. 2013: 93).

Kategorioinnista on useita muunnoksia. Luokittelu voidaan tehdä esimerkiksi seuraavien perusteella (Bacchetti & Sacconi 2012: 724):

- kysynnän taajuus (*demand frequency*)
- osan hinta tai kulu (*part price or cost*)
- kysynnän vaihtelu (*demand variability*)
- kysyntämäärä tai -arvo (*demand volume or value*).

XYZ-analyysi erottelee nimikkeet niiden kulutuksen vaihtelun mukaan. Luokittelu voidaan esittää lyhyesti seuraavasti (Scholz-Reiter ym. 2012):

- X, jossain määrin jatkuva kulutus, vaihtelut melko harvinaisia
- Y, voimakkaampia vaihteluja kulutuksessa, yleensä trendin tai kausittaisen vaihtelun seurausta
- Z, täysin epäsäännöllinen kysyntä.

Yhdistämällä ABC- ja XYZ-analyysi saadaan tuloksena luokitteluja, joissa on huomioitu nimikkeen kysynnän vaihtelu yhdistettynä esimerkiksi myyntimäärään tai -arvoon. Luokittelun jälkeen nimike kuuluu esimerkiksi luokkaan XA tai ZC. Luokittelussa käytettävät arvot (rajat luokkien välillä) tulee asettaa tapauskohtaisesti huomioiden toiminnan tehokkuus ja laajuus.

Buliński ym. (2013: 95) esittää luokittelun vaikutuksen nimikkeiden varastointiin ja niiden tilaamiseen seuraavasti:

- Luokkien AX, AY, AZ ja BZ, CZ nimikkeet tulee tilata perustuen tilauspistemenetelmään.
- Luokkien BX, BY, CX ja CY tulee tilata jaksottaisen (*periodic*) tarkastuksen perusteella. Näiden nimikkeiden verrattain suuri kysyntä ja pieni arvo verrattuna muihin nimikkeisiin tukee sitä, että yritys tilaa näitä nimikkeitä säännöllisellä tilausvälillä.

### VED-analyysi

Yksi laajasti käytetty kvalitatiivinen menetelmä on yksinkertaistettu VED-lähestyminen (*vital essential desirable*, VED). Tämän tyyppisessä kategorioinnissa nimikkeet luokitellaan niiden kriittisyyden perusteella, luokitellen varaosat kolmeen eri luokkaan, joissa kaikissa puutteen (*stock-out*) aiheuttama taso on määritelty. Elintärkeät (*vital*) osat aiheuttavat suurimmat menetykset, tärkeiden (*essential*) osien aiheuttaessa kohtalaisia menetyksiä ja ei-merkityksellisten, mutta tarpeellisten (*desirable*) osien aiheuttaessa vähäisiä menetyksiä. (Huiskonen 2001: 129.)

VED-analyysi on kuitenkin vain yhden tekijän analyysi, joka ei huomioi, kuinka arvokas elintärkeä-luokan (*vital*) osa voi olla, kuinka paljon sen varastointi maksaa eikä sitä kuinka saatavuutta toimittajalta (Ketvell & Lassila 2015: 21).

### Muut luokittelutavat

Yksi vaihtoehto kvalitatiivista luokittelumenetelmistä on kategorisoida osat niiden saatavuuden tai erityisyyden perusteella. Tässä menetelmässä osat voidaan jakaa kolmeen ryhmään: kaupallisiin, toimialakohtaisiin ja avainosiin. Avainosille ja käyttäjäkohtaisille osille on vähemmän mahdollisia toimittajia. Näitä osia voivat olla erityiset koneen osat tai tietyn sovelluksen piirilevy. Yksi argumentti kvalitatiivista luokittelua vastaan on, että erilaiset asiakkaat vaativat eritasoisen palvelutason ja heitä tulee kohdella eri tavoin. Täten nimikkeen kriittisyys voi myös vaihdella. (Roda ym. 2014: 533; Botter & Fortuin 2000.)

Botter ja Fortuin (2000) ovat kehittäneet viitekehyksen, jossa seuraavat tekijät on huomioitu kolmiulotteisessa mallissa: kulutus, asiakkaan palvelun viive ja hinta. Nämä on jaettu kahteen pääluokkaan. Tämän avulla operatiivinen johto saa kahdeksan hallittavaa kategoriaa.

Tässä viitekehyksessä jokainen segmentti esittää tiettyä varaosaryhmää ja jokaiselle on oma lähestymistapansa. Nämä on esitetty taulukossa 2. Viitekehys ehdottaa, että nimikkeillä, joilla on lyhyt vasteaika ja halpa hinta tulisi varastoida lähellä asiakasta. Toisaalta korkean arvon ja vähäisen käytön nimikkeet tulisi varastoida keskitetysti. (Rahikainen 2016: 17.)

Taulukko 2. Sijoituspäätöksiä erityyppisille varaosille (soveltaen, Botter & Fortuin 2000).

Segmentti	Hinta	Vaste-aika	Kulutus	Sijoitus
1.	Alhainen	Lyhyt	Korkea	Lähellä markkinaa, paikallinen varasto
2.	Alhainen	Lyhyt	Alhainen	Lähellä markkinaa, paikallinen varasto, mutta pienempi varasto kuin segmentillä 1
3.	Alhainen	Pitkä	Korkea	Tutki varastointi- ja kuljetuskustannuksia ja päätä
4.	Alhainen	Pitkä	Alhainen	Vain keskitetysti
5.	Korkea	Lyhyt	Korkea	Pääsääntöisesti paikallisessa varastossa. Määrät mahdollisimman pieniä, riippuen palvelutasosta.
6.	Korkea	Lyhyt	Alhainen	Riippuen hinnasta ja kuljetuskustannuksista, joko paikallisesti tai keskitetysti. Johdon päätös
7.	Korkea	Pitkä	Korkea	Paikallisesti tai keskitetysti
8.	Korkea	Pitkä	Alhainen	Keskitetysti varastoituna

Kun kategorisointi on tehty, tulisi tarkastella tarkemmin nimikkeiden käyttäytymistä ja tutkia kuinka eri kategorioiden nimikkeet vaikuttavat varaston tehokkuuteen. Jokaiselle segmentille tulisi olla eri palvelutasotavoite, koska tämä voi hyödyttää kustannusten alenemista ja palvelutasoa. Bacchettin (2012) mukaan varaosavarastojen tulee olla saatavilla tarkoituksenmukaisissa kohdissa toimitusketjua, jotta after sales -palvelut voivat pitää lupaamansa palvelutason.

Johdon tulisi keskittyä vain osiin, joilla on merkitystä ja valvoa muita yksinkertaisin tavoin. Täten kalliit nimikkeet, joilla on korkea kysyntä, tarvitsevat eniten huomiota ja sen vuoksi niiden tulisi olla paikallisessa varastossa. Lisäksi halvimpien osien tulisi olla varastoituna

paikallisesti, koska vaikka ne ovat halpoja, ne voivat aiheuttaa laitteen käyttökatkoja asiakkaalle (Botter & Fortuin 2000).

## 2.7 Monitasoinen jakelijaverkosto

Liiketoiminnan ollessa globaalia ja asiakkaiden jakauduttua ympäri maailmaa monitasoinen varastointiketju on tyypillisesti standardivaatimus. Mikäli yrityksellä on vain yksi jakelukeskus varasosille, toimituskustannukset voivat ylittää osan hinnan. Tästä syystä on kohtuullista pitää välivarastoja, koska yksittäisten varastojen saatavuudella on vaikutusta kokonaissaatavuuden summaan. (Rahikainen 2016: 10.)

Toisaalta suuret yritykset, kuten Philips ja Apple, ovat vähentäneet kansallisia varastojaan ja käyttävät alueellisia jakelukeskuksia, jotka palvelevat paljon laajempia maantieteellisiä alueita. Tilastollinen fakta on, että varastoja yhdistämällä ja vähentämällä voidaan vähentää varastoinnin kokonaistarvetta. Tätä kutsutaan nimellä neliöjuurisääntö (*square root rule*). Esimerkiksi, jos yrityksellä on 25 varastoa, se vähentää varastot neljään. Ottamalla molemmista arvoista neliöjuuri saadaan varaston vähenemiseksi noin 5:2 (60 %). (Rahikainen 2016: 10.)

Varastoinnin lisäksi yhteistyön tekemisen mahdollisuus on otettava huomioon koko toimitusketjussa (Varastonohjaus 2016). Kysyntäketjun ymmärtäminen on after sales -palveluille erityisen kriittistä, jos yritys aikoo ulkoistaa kaikki tai osan after sales -prosesseistaan. Syy tähän on yhteys uuden tuotteen ja sen vaatiman palvelun toimittamisessa. Esimerkiksi varaosat voivat kuluttaa saman toimittajan kapasiteettia, kuin uudet tuotteet (Crum ym. 2003: 141).

Toimitusketjun osapuolten keskinäisten suhteiden hallinta toimitusketjussa on tullut yhä tärkeämmäksi näkökohdaksi toimitusketjun suunnittelussa. Se huomioi sellaisia näkökohtia kuin yhteistyön aste, valvonnan vastuukysymykset sekä riskien jakaminen osapuolten kesken. (Huiskonen 2001: 128.)

Monitasoisissa varastojärjestelmissä informaation tulisi olla helposti saatavilla ketjun ylävirran osapuolilla. Yhteistyö asiakkaan ja toimittajan välillä (ja mahdollisten muiden osa-

puolien) on tarpeen suunniteltaessa järjestelmää ja informaation avoin jakaminen ketjussa on ratkaisevaa, jotta sisäinen toimitusketju voi toimia tehokkaasti. (Huiskonen 2001: 128.)

Erilaiset nimikkeiden luokittelut tarvitsevat eri tavoitteet ja ennustemenetelmät. Monitasoisessa varastojärjestelmässä etulinjan (paikallinen varasto) tulee keskittyä eniten kysyttyihin nimikkeisiin, kun taas jakelukeskus voi jaella paikallisesti hitaammin liikkuvia nimikkeitä. Mikäli yrityksellä ei ole mitään monimutkaisen automaattisen ennustamisen mahdollistavaa järjestelmään käytössään, ennustemenetelmien tulee olla helppoja käyttää ja ymmärtää. Halvempia nimikkeitä voidaan valvoa jaksoittain (*periodic*), kun taas kalliita ja paljon kysyttyjä nimikkeitä tulee valvoa yhtäjaksoisesti (*perpetual*). (Rahikainen 2016: 64.)

## 2.8 Informaatiovirta jakelijaverkostossa

Kalchschmidt ym. (2003) tutkimus keskittyy toimitusketjuun, jossa informaatiota ei ole tarjolla ketjulle ja useat monitasoisen ketjun tasoista ovat hajautettuja. Tutkimuksen lopputuloksena on, että kysynnän vaihtelua tapahtuu tietyillä nimikkeillä, koska säännöllinen kysyntä tulee useiden pienten asiakkaiden tilauksista. Epäsäännöllinen kysyntä on muutamien suuren tilauksen suurilta asiakkailta tai alavirran tasojen aiheuttamaa, tästä syystä, tiedon hankinta etukäteen suurimmilta asiakkailta on arvokasta.

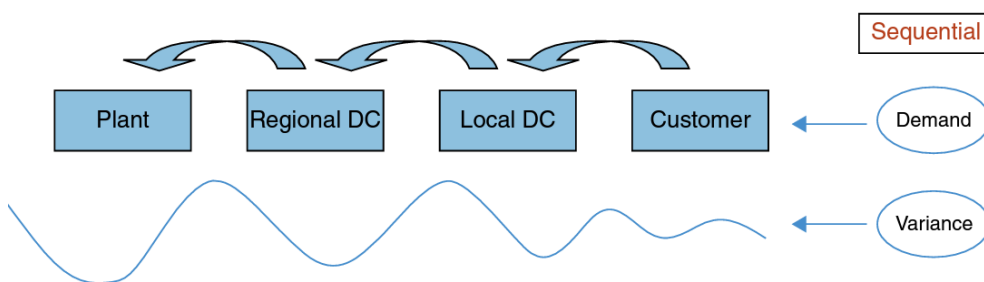
Kysyntätiedon hankkimista etukäteen ei tulisi rajata ainoastaan kysyntätiedon hankkimiseen suurilta asiakkailta. Ennusteiden tarkkuutta voidaan parantaa huomioimalla myös muita muuttujia, kuten laitteiden käyttöajat, nimikkeiden rikkoutumisprosentti, osien vanheneminen, samalla kun arvioidaan lähestyvää kysyntää. Näiden toimien avulla huoltoyritys tai after sales voi analysoida vialliset osat toteuttaa vastatoimet. Ajatuksena on kannustaa proaktiiviseen toimintaan eli huoltamaan laitteet ennen osien elinkaaren loppua.

### Piiskavaikutus

Davisin (2013: 70-71) mukaan varastojen sijoittaminen lähemmäs asiakasta tuo mukanaan piiskavaikutuksen eli *bullwhip*-efektin (toiselta nimeltään Forrester-efekti). Varastot

kertautuvat matkalla alavirrasta ylävirtaan. Happosen (2011: 38) mukaan piiskavaikutuksella tarkoitetaan kysyntätiedon vääristymisestä johtuvaa varastotason heilahtelua toimitusketjussa.

Kysyntäsignaalilla on tapana voimistua liikkuessaan ylävirtaan jokaisen tason (*echelon*) kohdalla, mikä luo varaston kasvamisen edetessään ketjussa (kuva 6). Piiskavaikutuksen syntymisen aiheuttaa kysyntäsignaalin viive ketjun tasojen välillä. Mikäli kysynnän muutoksista ei ole välitöntä tietoa kaikille ketjun osapuolille, signaali vääristyy ja hukkuu. Tilausten ja varastojen heilahteluun on muun muassa seuraavia syitä: puutetilanteisiin tilataan liikaa nimikkeitä ja hankintoja yhdistetään suuriin eriin. Tilaus- ja toimitusviive myös osaltaan vaikuttaa ilmiön syntyyn.



Kuva 6. Monitasoinen ketju ja piiskavaikutus (2013: 71).

Kysyntää pyritään ennustamaan toimitusketjun eri vaiheissa, koska muiden osapuolten ennusteista, varastotasoista ja tulevista toimituksista ei ole tietoa tai viiveet tiedonsiirrossa johtavat vääriin tietoon todellisesta kysynnästä. Tiedostettujen viiveiden vuoksi kysyntää halutaan ennakoita ja se puolestaan johtaa virheellisiin ennusteisiin. Ennusteiden kertaantuminen tulisi välttää välittämällä loppukysyntätieto koko toimitusketjulle. Reaaliaikaisen kysyntätiedon avulla ennustetarkkuutta voidaan parantaa huomattavasti. (Kysynnän ja tarjonnan hallinta 2017.)

Haasteena ketjussa on, että eri yritykset eivät jaa samaa järjestelmää. Tilaus-, toimitus- ja laskutusdokumentteja tulee pystyä liikuttamaan yritysten ja liiketoimintayksiköiden välillä, jotta transaktiot voivat onnistua. EDI-tekniikan (*electronic data interchange*) avulla dokumentteja voidaan liikuttaa toimittaja- ja asiakasjärjestelmien välillä ja nopeuttaa prosessia. Kuitenkin suurin EDI:n innovaatioista ei ole itsessään tiedonsiirron sähköistäminen, vaan sanoman standardointi. Nykyiset web-sovellukset helpottavat yritysten uuden

liiketoiminnan luomista eriyttämällä asiakassuhteen ja siten olennaisesti nostamalla asiakassuhteen arvoa. Aiemmin VMI-varastointi, suunnitteluyhteistyö ja muu kehittynyt arvon lisääminen oli mahdollista ainoastaan harvoille avain asiakkaille, koska yhteistyön aloittaminen uuden EDI-asiakkaan kanssa oli kallista. (Hoover ym. 2002: 198–199.)

Yhteinen järjestelmä, jolla luodaan ja ylläpidetään tuotetunnuksia, voidaan nopeasti ja tehokkaasti ottaa käyttöön useissa tuotanto- ja myyntiyrityksissä, kun taas standardoitua myynti- ja toimitusprosessia ei voida. Yksinkertaiset erot hinnoittelussa ja laskutuksessa sekä eri logistiikkakumppaneiden käyttö paikallisella tasolla voivat yhdessä tehdä yritys-tasoisien myynnin ja jakelun implementoinnin vaikeaksi. Lisäksi ne rajoittavat paikallisten liiketoiminnan kehittymistä ja mahdollisuuksia. Mikäli tavoitteena on toimia globaalisti asiakaspalvelussa, taustalla tulee olla yhteinen myyntinimikkeiden koodaus. (Hoover ym. 2002: 198–199.)

Frohlichin ja Westbrookin (2001) mukaan toimitusketjujen suorituskyky parantuu parhaiten, kun yhteistyössä toimivat kumppanit ovat integroineet prosessinsa laajasti ja syvästi. Tämä syvä prosessien integroiminen johtaa käytännössä tilanteeseen, jossa toinen toimija saa toiselta mahdollisimman aikaisessa vaiheessa uutta tarvetietoa ja muutostietoinformaatiota. Toimitusketjun kustannustehokkuutta on myös mahdollista parantaa varhaisen muutostiedon avulla reagointiin käytettävissä olevan ajan lisääntymisen lisäksi (Happonen 2011: 38).

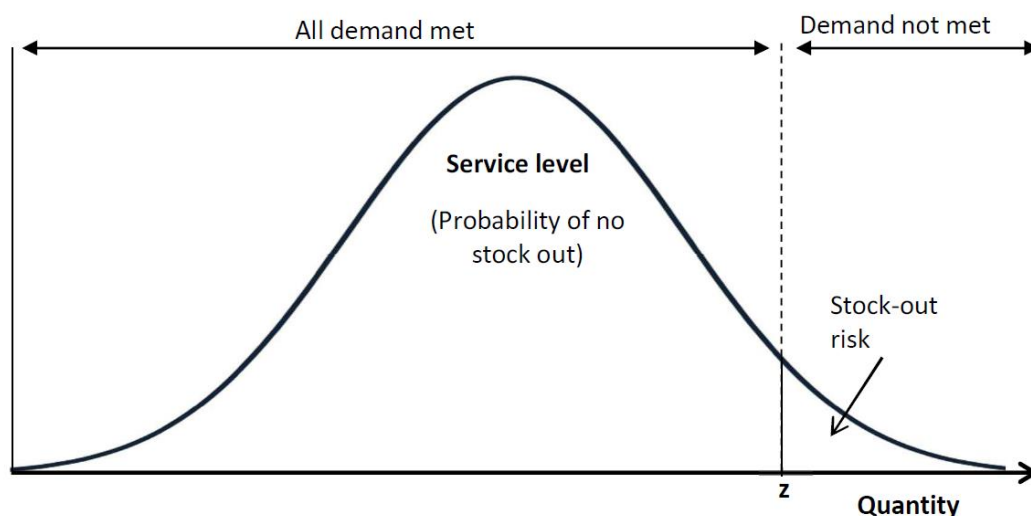
Jakeluketjun ongelmana on keksiä, mistä kysyntä tulee ja kuinka paljon ennakkoon se tiedetään. Jakeluketjun suhteen yritys on vaikeassa tilanteessa, se ei voi työntää kuluja toiseen osaan ketjua vaikuttamatta samalla itseensä (Davis 2013: 30).

Mikäli jälleenmyyjät eivät jaa kysyntätietoaan tarpeeksi ajoissa, jotta valmistajalla on tähän mahdollista reagoida, on valmistaja pakotettu varastoimaan kysynnän toivossa, riippumatta siitä, onko kysyntä tiedossa tai ei. Kyvyttömyys nähdä loppukäyttäjien kysyntätieto sekä korkean palvelutason ylläpito lyhyellä aikavälillä aiheuttaa jakeluvaraston tasojen nostamisen, vaikka tuotantojärjestelmä olisikin tehokas. (Davis 2013: 31.)

## 2.9 Palvelutaso

Stevensonin (2009: 572) mukaan palvelutaso on todennäköisyys, jolla varasto voi vastata kysyntään. Varmuusvaraston pitämiseen liittyy kustannuksia, ja siksi johto joutuu tasapainoilemaan varastokulujen ja puutekustannusten ennakoimisen välillä. Perinteinen varastonhallintateoria lähtee ajatuksesta, että mikäli palvelutasoa halutaan nostaa, joudutaan myös nostamaan varastotasoja, minkä seurauksena varastoinnin kustannus nousee. Viimeaikainen kehitys kuitenkin kieltää tämän ja osoittaa, että molemmat on mahdollista saavuttaa samanaikaisesti (Kalchschmidt ym. 2003).

Varastonhallinnassa kysynnän mahdollisuus muodostaa normaalisti symmetrisen kellon muotoisen normaalijakauman kuvaajan, jossa keskiarvo on keskellä (kuva 7). Perusajatuksena normaalijakauman käytössä on ennustaa nimikkeen kysyntä tilaus- ja toimitusviiveen aikana käyttäen keskihajontaa. Mitä korkeampi keskihajonta on, sitä matalampi on kuvaajan kellomuoto. (Stevenson 2009: 572.)



Kuva 7. Normaalijakauma ja puutteen riski (Stevenson 2009: 573).

Tilausvälin määrittämisellä pyritään tilanteeseen, jolloin esimerkiksi 95 %:n palvelutaso asetetaan olettaen, ettei kysyntä ylitä tätä tasoa täydennyksen tilaus- ja toimitusviiveen aikana. Puutteen riskiä pyritään hallitsemaan palvelutason määrittämisen avulla. Palvelun 95 %:n palvelutaso sisältää näin ollen viiden prosentin puutteen riskin. (Stevenson 2009: 572.)



$$\text{Palvelutaso} = 100 \% - \text{puutteen riski} \quad (2)$$

Varmuuskertoimen (*safety factor*) avulla määritetään puutteen todennäköisyys. Perussääntönä on, mitä suurempi haluttu palvelutaso, sitä suurempi varmuuskerroin. Esimerkiksi jos yritys arvioi haluavansa toimia 93 %:n palvelutasolla, tällöin varmuuskerroin on välillä 1,47–1,48 (Stevenson 2009: 572). Keskihajonta voidaan laskea esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmalla, kuten MS Excel. Palvelutaso määrittää varmuuskertoimen ja varmuuskertoimen avulla voidaan määrittää varmuusvarasto (*safety stock*) (taulukko 3).

Taulukko 3. Palvelutaso ja varmuuskerroin.

palvelutaso	varmuuskerroin z
99 %	2,33
96 %	1,75
93 %	1,48
90 %	1,28
87 %	1,13
84 %	0,99
81 %	0,88
78 %	0,77
75 %	0,67

Tilauspistejärjestelmä perustuu varastotason jatkuvaan seurantaan. Varmuusvaraston koko voidaan laskea seuraavan kolmen muuttujan perusteella (Stevenson 2009: 573):

- kysynnän ja läpimenoajan keskiarvo
- kysynnän ja läpimenoajan vaihtelevuus
- haluttu palvelutaso.

Varmuusvaraston tehtävänä on vähentää puutteen riskiä täydennystapahtuman aikana. Tilauspiste kasvaa tällöin varmuusvaraston määrällä (kaava 3).

$$\text{Tilauspiste} = \text{Oletettu kysyntä täydennyksen aikana} + \text{varmuusvarasto} \quad (3)$$

Varmuusvaraston koko määrittyy kysynnän keskihajonnan ja varmuuskertoimen tulosta (kaava 4).

$$Tilauspiste = Oletettu\ kysyntä\ täydennyksen\ aikana + z\ \sigma_{LT} \quad (4)$$

$z$  on keskihajonta (palvelutason perusteella laskettu kerroin)

$\sigma_{LT}$  on täydennysajan kysynnän keskihajonta.

Laskentamallit olettavat, että kaikki vaihtelu kysynnässä tai tilaus- tai toimitusviiveessä voidaan esittää normaalijakauman avulla (kaava 4). Palvelutasolla mitataan usein täydennystoiminnon tehokkuutta. Laskelmiin voidaan vaikuttaa halutuilla palvelutasoilla. Varastoinnin optimointi tukee yleensä kolmea eri rajoitetta:

1. Täyttöaste on osa, joka täyttää kysynnän suoraan käsillä olevasta varastosta. Täyttöaste on eniten käytetty palvelun mittari käytännössä.
2. Valmistaso (*ready rate*) on tuotteen loppumisen (puute, *stock-out*) mahdollisuus kyseisellä tarkastelujaksolla.
3. Jälkitilaussuhde on yhtä suuri kuin jälkitilauksen keskiarvo jaettuna kysynnän keskiarvolla.

Näiden rajoitteiden avulla luodaan eri vaihtoehtoja rankaista jälkitilaamista. Käytettäessä täyttöastetta palvelumittarina huomio kohdistuu vain jälkitilauksen määrään. Mikäli palvelutason mittarina on jälkitoimitussuhde, huomio on tällöin sekä jälkitoimitusten määrässä että kestossa. Valmistason ollessa palvelutason mittarina tällöin huomio ei ole jälkitilauksen pituudessa, vaan siinä, tuleeko tuotteen loppuminen. (Davis 2013: 86.)

## 2.10 Myyntiennusteet

Ennusteet ovat perustietoja päätöksentekoprosessissa toiminnanohjaukselle, koska ne tarjoavat tietoa tulevasta kysynnästä. Ennusteiden merkitystä toiminnanohjaukselle ei voi liioitella. Toiminnanohjauksen päätavoitteena on sovittaa tarjonta kysyntään. Kysynnän ennuste on olennainen, jotta voidaan määrittää, kuinka paljon kapasiteettia tai tarjontaa tarvitaan kysynnän tyydyttämiseksi. Kaksi näkökohtaa ovat tärkeitä. Ensimmäinen on oletettu kysynnän taso, toinen ennusteen tarkkuuden taso, jota ennusteelta voidaan olettaa (ennusteen virhe). (Stevenson 2009: 72.)

Kaikille ennusteille tyypillisiä ominaisuuksia Stevensonin (2009: 73) mukaan ovat seuraavat:

1. Ennustetekniikat olettavat saman kausaalisen järjestyksen, joka on ollut aikaisemmin jatkuvan tulevaisuudessa.
2. Ennusteet eivät ole täydellisiä, todelliset tulokset usein poikkeavat ennustetuista arvoista. Satunnaisuuden läsnäolo sulkee pois täydellisen ennusteen. Ennusteen erehtyminen tulee sallia.
3. Ennusteet nimikeryhmille ovat usein tarkempia kuin ennusteet yksittäisille tuotteille, Ryhmittelylle voi olla mahdollisuuksia, kun osia tai raakamateriaalia käytetään useissa tuotteissa, tai tuotteelle tai palvelulle on kysyntää useasta itsenäisestä lähteestä.
4. Ennusteen tarkkuus heikkenee, kun ennustettava ajanjakso (aikahorisontti) pitenee. Yleisesti voidaan todeta, että lyhyen aikavälin ennusteissa on vähemmän epävarmuuksia kuin pidemmän aikavälin ennusteissa, tehden lyhyen aikavälin ennusteista tarkempia.

## 2.11 Aikasarjamallit

Aikasarja on ajan mukaan järjestetty sarja säännöllisin välein tehtyjä havaintoja (esimerkiksi tunneittain, päivittäin, viikoittain, kuukausittain, kvartaaleittain, vuosittain). Tieto voi olla mittauksia kysynnästä, tuotosta, voitosta, toimituksista, tapaturmista, tuottavuudesta tai kuluttajahintaindeksistä. Aikasarjamalleihin pohjautuvat ennustemenetelmät perustuvat ajatukseen, että tulevaisuuden sarjan arvot voidaan arvioida menneiden arvojen perusteella. Aikasarjan analysointi vaatii analyysoijan tunnistamaan taustalla olevan aikasarjan käyttäytymisen. Tämä voidaan tehdä vain piirtämällä tieto ja visuaalisesti tutkimalla piirrosta. Tällöin yksi tai useampi malleista voidaan havaita: trendi, kausittainen vaihtelu, jaksottaisuus, keskiarvon vaihtelu. Lisäksi voidaan luultavasti havaita satunnaisia ja epäsäännöllisiä vaihteluja. (Stevenson 2009: 78–79.)

Aikasarjamalleihin perustuvaa kysynnän ennustamista käytetään myös varaosamyynnissä. Perinteiset menetelmät, kuten liukuva keskiarvo tai eksponentiaalinen taseus, ovat edelleen eniten käytettyjä liiketoiminnassa. Kuitenkin niiden on osoitettu yliarvioivan keskimääräisen tason epäsäännöllisessä kysynnässä. (Bacchetti & Saccani 2012: 725.)

## Naiivi ennuste

Yksinkertainen, mutta laajalti käytetty lähestymistapa on naiivi (*naive*) ennuste. Naiivi ennuste käyttää yhtä aikaisempaa arvoa aikasarjasta pohjana ennusteelle. Naiivia ennustetta voidaan käyttää tasaisten sarjojen (arvojen vaihtelu keskiarvon lähellä), kausittaisen vaihtelun tai trendin kanssa. Tasaisessa sarjassa viimeisestä arvosta tulee seuraavan jakson ennuste. Naiivin ennusteen puolesta puhuu sen käytön helppous. Sitä voidaanakin käyttää perusennusteena, johon muiden ennustemenetelmien tarkkuutta ja kuluja voidaan verrata. (Stevenson 2009: 79.)

Naiivi ennuste (NF, *naive forecasting*) käyttää viimeistä havaintoa ennusteena. Menetelmää voi pitää erityistapauksena muille menetelmille, kuten esimerkiksi eksponentiaalinen tasaaminen ja liukuva keskiarvo (Romeijnders ym. 2012: 386–393).

## Keskiarvomenetelmät

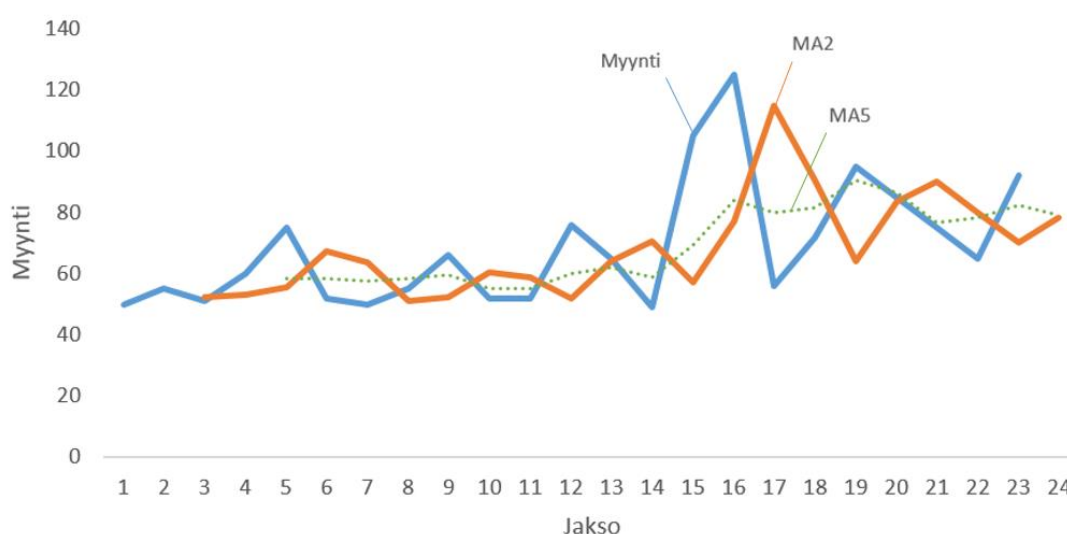
Keskiarvotekniikat tuottavat ennusteita, jotka heijastavat aikasarjan viimeaikaisia arvoja (esimerkiksi keskiarvo useista viime jaksoista). Nämä tekniikat toimivat parhaiten, kun sarjalla on taipumus vaihdella keskiarvon lähellä, vaikkakin ne pystyvät hallitsemaan askel- tai asteittaisia muutoksia sarjassa. Keskiarvomenetelmät voidaan jakaa kolmeen tyyppiin:

1. liukuva keskiarvo (*moving average*)
2. painotettu liukuva keskiarvo (*weighted moving average*)
3. eksponentiaalinen tasaus (*exponential smoothing*) (Stevenson 2009: 81.)

## Liukuva keskiarvo

Yksi naiivin ennusteen heikkouksista on se, että ennuste vain jäljittelee todellista dataa yhden jakson jäljessä tasaamatta sitä lainkaan. Laajentamalla historiatiedon määrää, johon ennuste pohjautuu, tästä vaikeudesta päästään yli. Liukuva keskiarvo käyttää useita viimeisimpiä toteutuneita tietoja tuottaessaan ennusteen. (Stevenson 2009: 81).

Liukuvassa keskiarvossa jokaisen uuden todellisen arvon tullessa saataville ennuste päivitetään lisäämällä uusin arvo ja jättämällä vanhin pois. Tämän jälkeen lasketaan uudelleen keskiarvo. Näin ennuste liikkuu heijastaen vain uusimpia todellisia arvoja. Liukuvassa keskiarvossa voidaan käyttää haluttua määrää datapisteitä. Mitä vähemmän datapisteitä keskiarvon laskemiseksi valitaan, sitä herkemäksi keskiarvo muuttuu, kuten kuvassa 8 voidaan nähdä. Mikäli ennusteen herkkyys on haluttu tavoite, pieni määrä datapisteitä antaa tällöin nopeasti reagoivan ennusteen, mutta tulee ymmärtää, että myös satunnaiset ilmiöt saavat enemmän painoarvoa. Liukuvan keskiarvon etuna voi pitää sen laskennan helppoutta ja ymmärrettävyyttä. (Stevenson 2009: 82–83.)



Kuva 8. Mitä enemmän liukuvan keskiarvoon halutaan menneitä jaksoja, sitä suurempi viive ennusteeseen tulee (soveltaen, Stevenson 2009: 82).

#### Painotettu liukuva keskiarvo

Painotettu liukuva keskiarvo on vastaava kuin liukuva keskiarvo sillä erotuksella, että siinä annetaan enemmän painoa uusimmille tapahtumille aikasarjassa. Esimerkiksi viimeisin arvo aikasarjassa saa kertoimen 0,40 ja tätä edellinen arvo kertoimen 0,30 ja seuraava sarjassa 0,20 ja seuraava 0,10. Yhteensä kertoimien summan tulee olla 1,00 ja suurin paino on aina uusimmilla arvoilla. Painotetun keskiarvon etu suhteessa liukuvaan keskiarvoon, on sen kyky heijastaa uusimpia tapahtumia. Kuitenkin valittu painotus on varsin sattumanvaraista ja vaatii virheistä oppimista, jotta oikea painotus löytyy. (Stevenson 2009: 83.)

## Eksponenttitasoitettu ennuste

Stevenson (2009: 83) esittää, että eksponenttitasoitettu ennuste on painotetun liukuvan keskiarvon hienostunut versio, jota on silti verrattain helppo käyttää ja omaksua. Jokainen uusi ennuste perustuu aiemman ennusteen ja tämän ennusteen ja todellisen arvon välisen arvon poikkeamaprosenttiin.

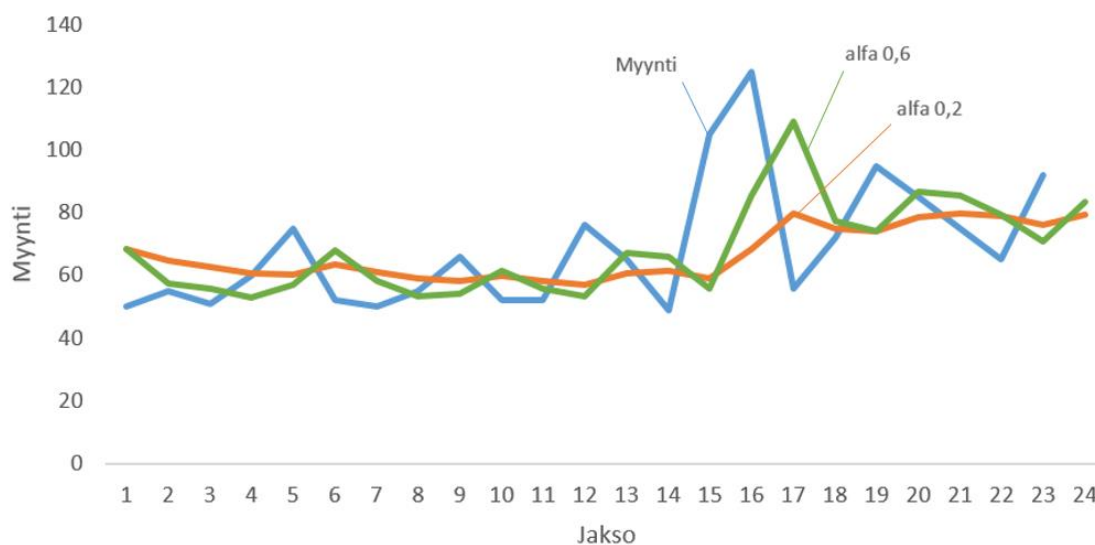
$$\text{Seuraava ennuste} = \text{Ed. ennuste} + \alpha * (\text{Todellinen arvo} - \text{Ed. ennuste}) \quad (5)$$

jossa

$(\text{Todellinen arvo} - \text{Ed. ennuste})$  on edellisen ennustejakson virhe

$\alpha$  (alfa, *alpha*) on virheen prosenttiarvo.

Alfa-kerroin ( $\alpha$ ) on niin kutsuttu tasausvakio (prosenttina), jota muokkaamalla voidaan edelliselle ennustevirheelle annettavaa painoarvoa muuttaa eli nopeutta reagoida ennustevirheeseen. Mitä lähempänä alfa ( $\alpha$ ) on nollaa, sitä hitaammin ennuste mukautuu ennustevirheisiin (tasaus on tällöin suurempaa). Kääntäen, mitä lähempänä alfa ( $\alpha$ ) on yhtä, sitä enemmän reagoidaan virheeseen ja tasauksen määrä pienenee (kuva 9). Alfa arvolla yksi on poikkeus ja käytännössä tällöin naiivi ennuste, eli ennuste on edellisen jakson todellinen arvo. Eksponenttitasoitettu ennuste on yksi laajimmin käytetyimmistä ennustemenetelmistä osittain sen laskennan helppouden sekä osittain painotuksen muokkaamisen helppouden vuoksi. (Stevenson 2009: 83–84.) Kuva 9 on esitetty alfan muutoksen vaikutus ennusteeseen.



Kuva 9. Alfa vaikutus ennusteen tasaamiseen ja reagoinnoin herkkyyteen (Stevenson 2009: 84).

### Trendit ja kausittaisuus

Trendin analysointi vaatii tarkoitukseen sopivan yhtälön käyttöä, jolla trendi pystytään kuvaamaan (olettaen, että datassa on trendi). Trendi voi olla lineaarinen tai sitten ei. Eilinaarisille trendeille on muun muassa seuraavia kuvaajia: parabolinen, eksponentiaalinen ja kasvukäyrä. Lineaariset trendit ovat kuitenkin hyvin yleisiä. Stevenson (2009: 86) pitää tärkeimpinä kahta tekniikka, joita voidaan hyödyntää trendin kuvaamiseen, kun trendi on olemassa. Ensimmäinen on lineaarisen trendin yhtälö ja toinen eksponentti tasoitettun ennusteen laajennus, joka huomioi trendin. Trendin huomioivaa eksponentti tasoitettua ennustetta voidaan käyttää, kun aikasarjassa on nähtävissä lineaarinen trendi.

Lineaarisen trendin yhtälö (Stevenson 2009: 86):

$$F_{t=a+bt} \quad (6)$$

jossa

$F_t$  on ennuste ajalle  $t$

$a$  on  $F_t$  arvo, kun  $t = 0$

$b$  on kulmakerroin (kuvaajan jyrkkyys)

$t$  on haluttu aikaväli alkaen  $t = 0$ .

Aikasarjassa esiintyvät kausivaihtelut ovat säännöllisesti toistuvaa, joko ylös tai alas suuntautuvaa liikettä sarjan arvoissa, joka voidaan sitoa toistuviin tapahtumiin sarjassa. Kausivaihtelu voi liittyä säännölliseen vuosittaiseen vaihteluun. Tyypillisiä esimerkkejä kausivaihtelusta ovat vuodenajan, säätilan ja loma-aikojen vaikutukset kysyntään. Kausivaihteluja sovelletaan myös päivittäiseen, viikoittaiseen, kuukausittaiseen ja muuhun säännöllisesti toistaiseen dataan. Kausivaihtelujen tuntemus on tärkeä tekijä vähittäiskaupan suunnittelussa ja aikatauluttamisessa. (Stevenson 2009: 90–91.)

### Crostonin menetelmä

Croston on esittänyt jo vuonna 1972 menetelmänsä, jonka mukaan epäsäännölliselle kysynnälle liukuva keskiarvo ja eksponentiaalinen tasaus eivät toimi hyvin. Crostonin työ epäsäännöllisen kysynnän parissa on urauurtava, hän ehdotti eriytettyä ennustemenetelmää, jossa ennustaminen tapahtuu eksponentiaalisen tasaamisen sekä ja kysyntävälillä ja -kokoa yhdistämällä. Hän ehdottaakin päivittämään kysynnän koon ja kysynnän intervallin (kysyntävälin) erikseen. (Bacchetti & Saccani 2012: 725).

Syntetos ja Boylan (2001) esittivät, että Crostonin menetelmän ennuste on harhainen, ja esittivät muokatun version, jonka osoittivat olevan ylivoimainen. Bootstrapping edustaa kiinnostavaa vaihtoehtoa Crostonille ja sen varianteille, erityisesti tapauksissa, joissa lyhyt tilaushistoria rajoittaa aikasarjamenetelmien käyttöä. Bootstrapping-menetelmässä ennusteen virheellä ei ole merkitystä, vaan historiadataa käytetään arvioimaan kysynnän jakautumista. (Bacchetti & Saccani 2012: 725; Romeijnders ym. 2012: 386–393.)

On hyvä kuitenkin ymmärtää, että Crostonin menetelmä ja sen muunnokset eivät ole kovin käytettyjä ennustemenetelmiä käytännön ennustamisessa, johtuen kysyntävälin ennakoimisen vaikeudesta epäsäännöllisessä kysynnässä. Epäsäännöllisen kysynnän ennustemenetelmät ovatkin viime aikoina olleet enemmän tieteellisen tutkimuksen ja julkaisujen kohteena. Crostonin menetelmä löytyy yhtenä ennustemenetelmänä kattavista toimitusketjun- ja varastonhallinnanjärjestelmistä.

### Varaosamyyntien ennusteiden erityisyys

Nopeasti kiertävät varaosat eivät vaadi *ad-hoc* -ennusteita, mutta suuri osuus varaosista voidaan kuvata epäsäännöllisen kysynnän tuotteiksi, jotka vaativat erityistä huomiota.



Lisäksi voidaan varaosakysynnän olettaa liittyvän muihin muuttujiin, kuten esimerkiksi vikojen esiintymiseen ja huoltotoimintaan. (Bacchetti & Saccani 2012: 725.)

Epäsäännöllisen kysynnän välttämiseksi tietoa tulee kerätä suurimmilta asiakkailta. Tulvaisuuden ennusteet ja suunnittelu voivat hyötyä suurten tilausten sisältämästä tiedosta, kun tietoa jaetaan toimitusketjussa. Tällä tavoin huoltoyritys voi hallita epäsäännöllisen kysynnän eri tavoin kuin säännöllisen kysynnän. (Kalchschmidt ym. 2003: 397–413.)

Kuten Bacchetti (2012) toteaa, edelleenkin ei ole osoittanut ratkaisua ja käytännön läheistä toimintatapaa parhaan varaosien ennustemenetelmän valintaan.

### Ennusteen tarkkuus

Ennusteen tarkkuus on merkittävä tekijä päätettäessä ennustevaihtoehdosta. Ennusteen tarkkuus perustuu ennusteen historialliseen virhetehokkuuteen. Kolme eniten käytettyä tapaa mitata ennusteen virheitä ovat: keskiarvon absoluuttinen poikkeama (*mean absolute deviation, MAD*), keskiarvon virheen neliö (*mean squared error, MSE*) ja keskiarvon absoluuttinen prosenttivirhe (*mean absolute percent error, MAPE*). Keskiarvon virheen neliö (*MSE*) on keskiarvo virheiden neliöjuurista ja keskiarvon absoluuttinen prosenttivirhe (*MAPE*) on absoluuttinen keskiarvo virheprosentteista. (Stevenson 2009: 75–76.)

Ennusteiden virheiden laskentayhtälöt ovat seuraavat:

$$MAD = \frac{\sum[Todellinen_t - Ennuste_t]}{n} \quad (7)$$

$$MSE = \frac{\sum(Todellinen_t - Ennuste_t)^2}{n-1} \quad (8)$$

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|Todellinen_t - Ennuste_t|}{Todellinen_t} \times 100}{n} \quad (9)$$

(Stevenson 2009: 76).

Päätös siitä, mitä ennustetta käyttää, tulisi ratkaista historiadatan sekä MAD-, MSE- ja MAPE-erojen ja sen pohjalta kuinka herkästi ennusteen tulee reagoida muutoksiin. Keskiarvon absoluuttinen poikkeama (*MAD*) on helpoiten laskettava, mutta painottaa virheitä lineaarisesti. Keskiarvon virheen neliö (*MSE*) ottaa nimensä mukaisesti neliöjuuren virheestä antaen enemmän painoa suuremille virheille, jotka tyypillisesti aiheuttavat eniten ongelmia. Keskiarvon absoluuttista prosenttivirhettä (*MAPE*) tulee käyttää, kun virheitä ei ole tarvetta suhteuttaa, koska kyseessä on virhe prosentteina. Kuitenkin, jos suuret virheet halutaan suhteuttaa, voidaan absoluuttista prosenttivirhettä (*MAPE*) käyttää. (Stevenson 2009: 77.)

## 2.12 Epänormaali kysyntä

Epänormaali kysyntä voidaan määritellä seuraavasti: piikkikysyntä tai epänormaalikysyntä tarkoittaa, epätavallisen korkeaa tuotteiden kysyntää, joka ylittää normaalit parametrit. Epänormaali kysyntä voi johtua esimerkiksi kampanjasta, hinnoittelusta tai tuotteen vaihtumisesta. Ennustejärjestelmä voi löytää epänormaalin kysynnän suodattamalla kysyntätietoja aiemman kysynnän keskihajonnan perusteella. Epänormaalia kysyntää ei oleteta tapahtuvan jatkossa, eli ennustetta ei muuteta vastaamaan piikkikysyntää. (Abnormal demand 2016.)

Erityisenä haasteena kysyntä- ja toimittajayrityksille on hallita epänormaalia kysyntää. Epänormaali kysyntä on kysyntää, joka on suunnittelematonta, mutta kuitenkin merkittävää määrältään asiakkaalta, joka ei normaalisti tilaa suuria määriä tai uudelta asiakkaalta. Usein asiakas ei tilaa samaa tuotetta samalla määrällä toistamiseen. (Crum ym. 2003: 90–92).

Tyypillisesti nimikkeen epänormaali kysyntä todetaan esimerkiksi vertaamalla nimikkeen ennusteen ja tilausmäärän eroa. Mikäli tilausmäärä ylittää ennusteen 50 %, tällöin kysynnän oletetaan olevan normaalia suurempaa. Ennusteen tarkkuus tulee huomioida vertailuja tehdessä.

### 3 Nykytilanne case-yrityksessä

Case-yritys toimii maailmanlaajuisesti. Vuonna 2015 varaosia toimitettiin noin 400 jakelijalle. Valtaosa varaosamyyntin liikevaihdosta tulee suurilta jakelijoilta. Käytännössä 5 % jakelijoista vastaa 50 % kokonaismyynnistä. Tämä 5 % jakelijoista on käytännössä 15 jakelijaa, jotka toimivat eri maanosissa (Pohjois-Amerikka, Eurooppa ja Aasia). Tuotemarkkinat ja tätä kautta kulutustottumukset vaihtelevat maanosittain ja maittain, mikä heijastuu myytyihin laitteisiin ja varaosiin.

#### 3.1 Monitasoinen toimitusketju

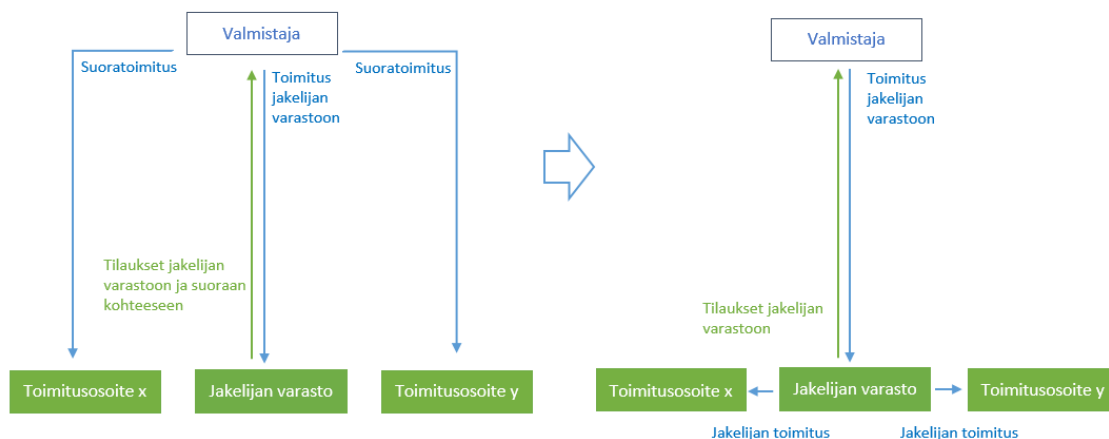
Case-yrityksen toimitusketju varaosatoimituksissa on monitasoinen. Jakelijasta riippuen jakelija joko varastoi itse varaosia, tilaa suuremmalta jakelijalta, jonka kanssa toimii yhteistyössä, tai vaihtoehtoisesti ei varastoi lainkaan ja tilaa kaiken tarvitseman suoraan case-yrityksestä, eli valmistajalta. Tyypillisesti jakelijat, jotka tarjoavat huoltopalvelua, varastoivat ainakin kriittisiä varaosia. Kriittisten varaosien varastointiin pienissä määrin on myös kannustettu valmistajan osalta.



Kuva 10. Case-yrityksen varaosajakelun tasot.

Case-yritys eli valmistaja toimittaa tilauksen perusteella 1. tason jakelijalle, joka tilaa joko varastoon tai suoraan tarpeeseen osat (kuva 10). Euroopan alueella valmistaja pystyy lentorahdin ja kuriiripalvelun avulla tarvittaessa nopeaan vasteaikaan, joka on joissakin tapauksissa nopeampi kuin jakelijan oma logistiikka. Tämä suosii tilaamista suoraan kohteeseen. 2. taso ketjussa voi olla 1. jakelijan kanssa yhteistyössä toimiva jakelija tai

esimerkiksi jakelijan alueellinen jälleenmyyjä. 3. taso (tai 2. taso) ennen loppuasiakasta on tyypillisesti huoltoteknikon oma varasto esimerkiksi pakettiautossa.



Kuva 11. Suoratoimitus ja jakelijan oma varastointi ja toimittaminen.

Erityisesti Euroopan jakelijan kohdalla tämä suoratoimittaminen suoraan kohteeseen on korostunut (kuva 11). Jakelijan palvelutaso on oletettavasti tämän vuoksi varsin hyvä esimerkiksi C-luokan nimikkeiden kohdalla, joita jakelija ei varastoi, mutta kertoo osaltaan jotakin jakelijan omasta logistiikasta. Jakelija ei oletettavasti pysty toimittamaan samoja nimikkeitä, joita se varastoi (A-luokan nimikkeet) kohtuujassa alueelliselle jakelijalle tai huoltoteknikolle, vaan tilaa nimikkeen suoraan valmistajalta. Palautusten perusteella myös ilmenee, että nimikkeitä on tilattu tai varastoitu tarpeettomasti (Niemi 2016).

### 3.2 Luokittelu

Case-yrityksen omassa varaosavarastossa on toteutettu aiemmin ABC-analyysi, jonka perusteella keräilyvarastossa varastoitavat tuotteet on luokiteltu menekin sekä osan kriittisyyden perusteella. Kriittiset osat ovat tämän luokittelun perusteella myös A-luokassa. ABC-analyysin perusteella on toteutettu varaston layoutin muuttaminen, jotta se tukee paremmin keräilyä sekä nimikkeiden saldotilanteen valvontaa ja täydentämistä. Varsinaista VED-luokittelua case-yrityksen omaan kriittisyysluokitteluun ei ole ainakaan tietoisesti sovellettu.

Case-yritys on pystynyt siirtämään erityisesti suurten jakelijoiden tilaamisen ekstranetin web-portaalin kautta tapahtuvaksi. Vuonna 2016 liki 70 % tilauksista tuli tämän kanavan kautta, joka osaltaan nopeuttaa tilausten käsittelyä, koska tilaukset ovat tällöin case-yrityksen ERP-järjestelmässä. Pääosin suurimmat jakelijat varastoivat myös varaosia. Se kuinka paljon ja mitä nimikkeitä varastoidaan, on selvillä ainoastaan muutaman jakelijan kohdalla tiedossa. Jakelijoiden varastointiin tai kysyntään case-yrityksellä ei ole näkyvyyttä. Jakelijoiden ja case-yrityksen välillä ei ole käytössä automaattisen täydentämisen ratkaisuja tai tiedon vaihtoa järjestelmätasolla. Jakelijoiden tilaamisen tasaamista ja jaksoittamista on kokeiltu Pohjois-Amerikan jakelijan kanssa. Kyseisen jakelijan suurimennekkisten nimikkeiden tilaamiseen ja toimittamiseen on haluttu luoda hallittavuutta ja säännöllisyyttä kiinteään tilausvälin tilaamisella, mikä osaltaan auttaa tilausten toimittamiseen ja toimitusten kustannuksiin. Case-yrityksen varaosaosasto käsitteli vuonna 2015 noin 15 000 varaosatilausta, mikä tekee päiväkohtaiseksi keskiarvoksi 62 tilausta päivässä. (Rothberg 2016.)

Pohjois-Amerikan jakelijan varastotasojen seuranta tapahtuu jaksoittain eikä vaadi jatkuvaa valvontaa. Toisaalta melko harvalla välillä (kolmen kuukauden välein) tapahtuva täydentäminen sitoo jakelijan varastoon pääomaa, mikäli A-luokan nimikkeitä tilataan samalla tilausvälillä kuin B-luokan tai C-luokan nimikkeitä. Ylipäätään jakelijan ei tulisi varastoida C-luokan nimikkeitä epäsäännöllisen ja vähäisen menekin sekä varasosalle tyypillisen pilaantumisriskin (tuoteversiokohtaiset osat) vuoksi. Sijoituspäätöksenä Botter ja Fortuin (2000) esittävät varastointisijoittelun taulukossaan (taulukko 2) alhaisen menekin ja pitkän vasteajan nimikkeille, jotka ovat arvoltaan joko arvokkaita tai halpoja, keskitettyä varastointia, case-yrityksen tapauksessa valmistajan varastoa. Kuitenkin alhaisesta kulutuksesta tai hinnasta huolimatta, jos vasteaika on lyhyt, sijoituspaikka olisi paikallinen varasto mahdollisimman pienellä varastointimäärällä. Sen sijaan tyypillisesti A-luokan nimike, jossa kulutus, hinta ja vasteaika ovat korkeita, sijoituspaikkana on paikallinen varasto, mutta varastointimäärät mahdollisimman pieniä palvelutasosta riippuen.

Luvussa 2.9 avataan palvelutason käsite. Palvelutasolla tarkoitetaan todennäköisyyttä, jolla varasto voi vastata kysyntään. Käytännössä varmuusvaraston koko suurenee palvelutason noustessa. Jakelijoiden palvelutasotavoitteet eivät ole valmistajan tiedossa. Palvelutason käsite varastoinnin yhteydessä on case-yrityksen omalle varaosatoiminnalle vieras. Tämä voi osittain johtua omasta varaston hallinnasta ERP-järjestelmän

avulla, jolloin varmuusvarasto erillisenä osana ei tule esiin. Case-yritys ei ole varsinaisesti ilmoittanut omaa palvelutasoaan tai tavoittelevansa toimitusnopeutta jakelijoilleen, mutta pyrkii ja pääsee kriittisten osien toimituksessa 24 tunnin vasteaikaan (aika tilauksesta-toimitukseen). Mikäli tuote ei ole keräilyvaraston tuote tai muuten varastosta saatavilla oleva tai ei-aktiivinen varastonimike, tällöin toimitusaika pitenee vähintään kolme päivää.

Jakelijat eivät juuri tee lopputuotevarastointia case-yrityksen tuotteille johtuen tuotteiden asiakaskonfiguraatiosta. Kuitenkin valtaosa jakelijoista on jälleenmyyjä- tai tukkuliikkeitä, jotka varastoivat ja toimittavat vastaanottojen tarvitsemia kulutustarvikkeita, joten voidaan olettaa, että ne pystyvät halutessaan varastoimaan ja toimittamaan myös varaosia. Kuten aiemmin on mainittu, case-yrityksellä on hyvin vähän yhteismitallista tietoa ja tiedonvaihtoa jakelijoiden kysynnästä, toteutuneesta myynnistä tai varastoinnin tilasta. Tietojärjestelmien integraatioon jakelijoiden kanssa ja ketjun yhteiseen kysyntätiedon saatavuuteen ei ole panostettu. Syyt saattavat liittyä historiaan, jolloin case-yritys oli pieni laitevalmistaja alallaan ja jakelijat usein suuria toimijoita alueellaan. Kuitenkin nykyisin case-yritys omistaa myös jakelijoita, joten omistussuhteen kautta sillä on mahdollisuus vaikuttaa näin halutessaan jakelijoiden toimintaan esimerkiksi varastoinnin ja jakelun järjestelmiä kehitettäessä.

### 3.3 Ennustettavuus

Case-yrityksessä ei ole käytössä ennustemenetelmiä varaosamyynnissä. Jakelijoiden ennustemenetelmistä tai -välineistä ja niiden mahdollisesta käytöstä ei ole case-yrityksessä tietoa. Lopputuotteiden myynnissä case-yritys käyttää myynnin suunnittelussa QlikView-raportointijärjestelmää ja siinä ennusteina kvalitatiivisia ennustearvioita, suhteuttaen myyntibudjettia toteutuneeseen myyntiin. Varasosamyynnin ennustettavuuden kehittämisessä pyritään vaiheittain tilausten tasaamiseen ja tätä kautta parantuneisiin mahdollisuuksiin ennustaa jakelijakohtaisesti A- ja B-luokan nimikkeiden kysyntää. Keskittyminen suurten jakelijoiden (TOP 15) varaosatilaamiseen ja näiden jakelijoiden tilaamien nimikkeiden luokittelun kautta voidaan päästä kustannushyötyihin toimittamisen sekä varastoinnin osalta ja saavuttaa jakelijoiden kohdalla parempi palvelutaso. Yrityksen ERP-järjestelmä Lean System tarjoaa ennustetoiminnallisuuden, mutta tätä ominaisuutta ei ole hyödynnetty varaosamyynnissä eikä lopputuotemyynnissä.

Varaosamyynti haluaa kehittää kuukausittaisen hälytystoiminnallisuuden liittyen jakelijan normaalista poikkeaviin suurempiin tilausmääriin. Hälytysten seurannan kautta halutaan saada tietoa mahdollisista osien ja komponenttien laatuongelmista. Sen lisäksi, että case-yrityksen tieto jakelijoiden varastoinnista ja kysynnästä on varsin puutteellinen, on myös jakelijan suorittamien huolto- ja korjaustehtävistä suoriutuminen puutteellista. Katavaa yhteistä tietovarastoa jakelijoiden suorittamista huolto- ja korjaustehtävistä ja niiden yhteydessä asennetuista osista ja komponenteista ei ole saatavissa.

## 4 Tietojen analysointi

Kokonaiskuvan muodostaminen kysynnästä ja sen säännöllisyydestä tai epäsäännöllisyydestä aloitettiin tutustumalla jakelijoiden vuoden 2015 tilausmääriin, ensin luokittelemalla suurimmat jakelijat varaosatilausten arvon perusteella. Kuten jo aiemmin on todettu, 5 % jakelijoista tuo 50 % varaosamyynnin liikevaihdosta (varaosatilauksia oli vuonna 2015 yhteensä 404 jakelijalta). Tämän luokittelun kautta varaosatoimintojen kanssa valittiin jakelijat, jotka edustavat eri maanosien jakelua. Valitut jakelijat olivat Pohjois-Amerikan jakelija sijalla 2, Euroopan jakelija sijalla 3, Aasian jakelija sijalla 4. Valituista Pohjois-Amerikan ja Euroopan jakelijat ovat case-yrityksen omistamia ja näiden toimintaan on suuremmat vaikutusmahdollisuudet kuin Aasian jakelijaan. Kuitenkin on varsin oletettavaa, että muutkin jakelijat olisivat kiinnostuneista kehitysehdotuksista, mikäli niiden pohjalta tilaamiseen, täydentämiseen, varastoon sitoutuneeseen pääomaan tai palvelutasoon on mahdollisuus vaikuttaa melko pienilläkin toimenpiteillä.

### 4.1 Kriittisen nimikkeen tilausmäärän analysointi

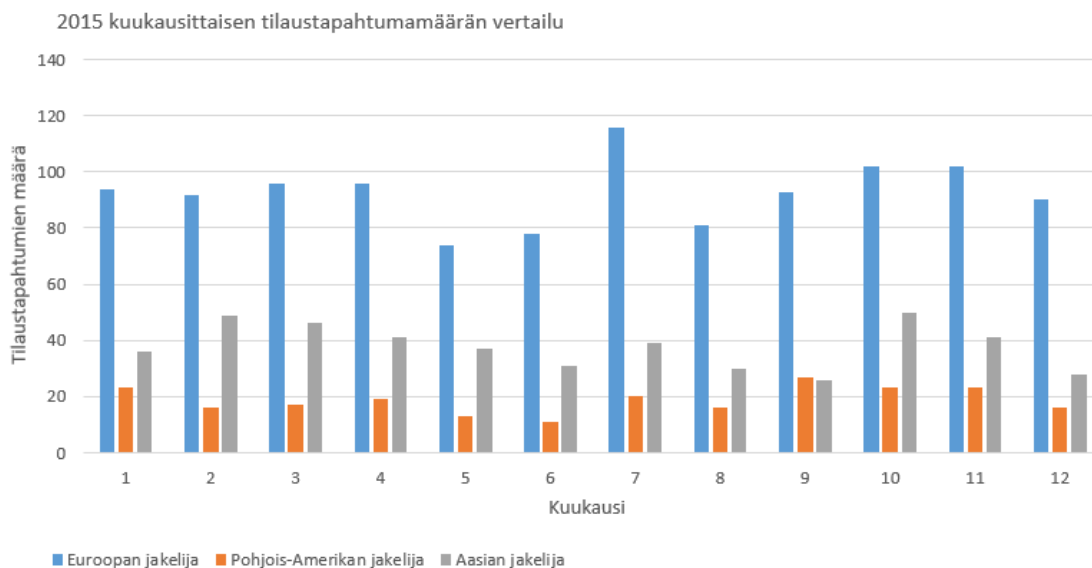
Seuraavaksi valittiin nimikkeitä, jotka on luokiteltu valmistajan (case-yritys) omassa keräilyvarastossa: kolme A-luokan nimikettä sekä yksi B- ja C-luokan nimike. Ainoastaan A-luokan nimikkeiden tilaustiedot antoivat tarpeeksi tapahtumia lyhyellä aikavälillä (1-3 vuotta), joten näiden nimikkeiden tilaamisen tutkiminen antoi aihetta vertailuun valittujen jakelijoiden välillä. Valitut A-luokan nimikkeet ovat myös kriittisiä, joten varaosia varastoitavien jakelijoiden voidaan olettaa näitä myös varastoivan. Valitut nimikkeet ovat myös laitekohtaisia (esimerkiksi laitteen pääpiirikortti), joten nimikkeiden kysynnästä tai tilaamisesta tulee esille myös maanosien ja jakelijoiden ero liittyen laitemyyntiin sekä jossain määrin erot huoltotoiminnassa.





kuukausitilausmäärää (kysyntä) antaa viitteitä aikasarjaennusteen soveltuvuudesta. Tilaston ja kuvaajan perusteella voi tehdä päätelmän hyvin erilaisista tavoista varastointiin ja täydentämiseen. Pohjois-Amerikan tapauksessa jakelija saa varastoonsa sekä arvolisesti että määrällisesti paljon tuotteita kerralla, mikä sitoo pääomaa varastoon. Pohjois-Amerikan jakelijan tiedetään myös toimittavan osien edelleen alueellisille jakelijoille, joten todellinen omaan varastoon jäävien osien määrä voi poiketa tilatusta määrästä. Tietoa todellisista varastosaldoista ei ollut saatavilla. Euroopan jakelijan kohdalla tiheä tilausväli ja määrän optimointi vaikuttavat jossakin määrin tietoiselta tavalta hallita varastoon sitoutunutta pääomaa. Todellista tietoa Euroopan tai Aasian kohdalla ei ole täydennystavasta.

Pohjois-Amerikan jakelija luo tilauksensa omassa ERP- tai varastohallintajärjestelmässä, jonka jälkeen tilaaja joutuu käsin syöttämään tilauksensa case-yrityksen ekstranet-portaaliin (Niemi 2016). Järjestelmätasolla tilausintegraatio on olemassa vain Suomen jakelijan kanssa. Suomen jakelija on toiminut pilottina noin vuoden ajan. Muiden jakelijoiden kanssa vastaavaa integraatiota ei ole haluttu tarjota eikä integraatiomahdollisuuksia muiden jakelijoiden ERP-järjestelmien välillä ole kartoitettu. Tilaustapahtumamäärien vertailu tuo myös selkeästi ilmi Euroopan jakelijan tilaustapahtumien määrän poikkeuksellisuuden suhteessa muihin vertailtaviin (kuva 13). Tapahtumien määrien ero on silmiinpistävä. Tilausten määrä ei voi olla heijastumatta myös case-yrityksen toimittamiseen luoden toimittamiseen ruuhkaa ja piikkejä.



Kuva 13. Tilaustapahtumamäärien vertailu, vuosi 2015.

Huippukuukausi on kesäkuu, jolloin Euroopan jakelijalta on yhteensä 116 tilausta. Kuukausittainen Euroopan jakelijan tilaustapahtumamäärä on jokaisena kuukautena yli 70 tilausta kuukaudessa. Vuoden yhteenlaskettu tilaustapahtumamäärä jakelijoittain on seuraava: Eurooppa 1 114, Pohjois-Amerikka 224 ja Aasia 454. Pohjois-Amerikan kohdalla tilaamisen tasaaminen kiinteällä tilausvälillä tapahtuvaksi näkyy tilastossa. Tulee myös huomata, että Euroopan jakelijan varaosamyynä on arvoltaan 70 % Pohjois-Amerikan jakelijan myynnistä. Sen sijaan Aasian jakelijan myynti on 80 % Euroopan jakelijasta, tilaustapahtumien määrän ollessa kuitenkin vain puolet Euroopan jakelijan tilaustapahtumista. Vertailtaessa tuoteryhmiä, joihin tilatut varaosanimikkeet kuuluvat, voidaan havaita, että Euroopassa myynti koostuu huomattavasti useamman tuoteryhmän nimikkeistä (liite 2), mikä osaltaan selittää tilaustapahtumien suurta määrää yhdessä suoratoimitusten kanssa, jotka tyypillisesti on luotu omina tilauksinaan.

Analyysi osoittaa, että erot tilaamisessa ja kysynnässä ovat valittujen jakelijoiden kesken vertailtujen nimikkeiden osalta varsin merkittäviä. Esimerkkinä käytetyn nimikkeen lisäksi tutkittiin kahta muuta kriittistä nimikettä, joissa tulokset olivat pitkälti vastaavia. Tämä tieto vahvistaa myös kirjallisuudesta saatua tietoa, että nimikkeiden kysyntää (varastointia) tulee luokitella jakelijakohtaisesti aina edeten jakelijan nimikekohtaisiin varastomääriin.

## 4.2 ABC-XYZ-luokittelu

Jakelijoiden nimikkeiden luokittelu tehdään perustuen vuoden 2015 tilaamiseen (varaosatilausrivit). Tämä vuosi on viimeisin täysi kalenterivuosi analyysiä tehtäessä. Kolmen tarkasteltavan jakelijan nimikkeet luokitellaan ensin ABC-luokittelulla myynnin arvoon perustuen. Tilauksissa ovat mukana case-yritykseen eri kanavien kautta tulleet varaosatilaukset kolmelta jakelijalta. Aiemmin muun muassa tarkasteltavalta Euroopan jakelijalta oli pyydetty tietoja jakelijan varastoimista case-yrityksen varaosista. Valitettavasti saatu Euroopan jakelijan varastolistaus aiheutti enemmän kysymyksiä kuin antoi vastauksia. Listauksesta tosin tuli hyvin selville yksi perusasia, joka tulisi olla toimivassa toimitus- ja jakeluketjussa kunnossa: nimikkeestä (osasta) tulisi eri tasoilla käyttää samaa koodia (nimiketunnusta).

ABC-analyysi on tehty Pareto-säännön perusteella (80/20-sääntö) (kuva 4). Jakelijan tilaamat nimikkeet on jaoteltu niiden arvon perusteella: A-luokkaan kuuluvat tuotteet joiden tilausten arvo on 80 % jakelijan vuoden 2015 tilausten kokonaisarvosta, B-luokka 15 % kokonaisarvosta ja C-luokka 5 % kokonaisarvosta.

Taulukko 4. Nimikkeiden jakautuminen luokkiin ABC-luokittelun perusteella.

### ABC-luokittelu vuoden 2015 varaosatilausten mukaan

#### Euroopan jakelija

	A	B	C	Yht.
% arvosta	80 %	15 %	5 %	
% nimikkeistä	11 %	20 %	69 %	
kpl	155	288	978	1421

#### Pohjois-Amerikan jakelija

	A	B	C	Yht.
% arvosta	80 %	15 %	5 %	
% nimikkeistä	6 %	16 %	77 %	
kpl	43	118	556	717

#### Aasian jakelija

	A	B	C	Yht.
% arvosta	80 %	15 %	5 %	
% nimikkeistä	7 %	15 %	77 %	
kpl	57	124	623	804

ABC-luokittelun perusteella voidaan havaita, että Euroopan jakelijan tilaama nimikemäärä on noin kaksinkertainen verrattuna Pohjois-Amerikan nimikemäärään (taulukko 4). Aasian jakelijan tilaama varaosanimikemäärä on samaa luokkaa Pohjois-Amerikan kanssa. Tämän pohjalta huomataan myös, että Euroopan jakelijan A-luokan

nimikemäärä suhteessa koko nimikemäärään (11 %) on suurempi kuin muiden vertailtavien. Vastaavasti C-luokan nimikkeiden määrä on Aasiassa ja Pohjois-Amerikalla sama (77 %), kun Euroopan kohdalla vain 69 %. Samassa yhteydessä on hyvä muistaa, että case-yrityksen keräilyvarastossa olevien nimikkeiden määrä on 6 749 nimikettä ja yli-päättään myytäviä varaosanimikkeitä on 12 192 (Rothberg 2016).

Kuten aiemmin on käsitelty, luokittelun tarkoitus on erottelun ja kategorisoinnin avulla helpottaa nimikkeiden käsittelyä ja valvontaa. Case-yrityksessä ei ole aiemmin tehty varaosanimikkeiden osalta XYZ-luokittelua. XYZ-luokittelulla pyritään jaottelemaan vertailtavien jakelijoiden tilaamia nimikkeitä tilaustapahtumien määrän perusteella luokkiin ja tämän kautta saada selville nopeasti ja hitaasti liikkuvista nimikkeistä sekä siitä, mihin kategorioihin tulee kiinnittää huomiota ja mitä case-yritys voisi suosittaa jakelijaa varastoimaan.

Taulukko 5. Nimikkeiden prosentuaalinen osuus koko nimikemäärästä kategoriassa.

Euroopan jakelija, osuus koko nimikemäärästä

%	A	B	C	Yht.
X	3 %	3 %	1 %	7 %
Y	3 %	4 %	5 %	12 %
Z	4 %	14 %	63 %	81 %
Yht.	11 %	20 %	69 %	

Pohjois-Amerikan jakelija, osuus koko nimikemäärästä

% koko	A	B	C	Yht.
X	1 %	0 %	0 %	1 %
Y	2 %	1 %	1 %	4 %
Z	3 %	15 %	76 %	95 %
Yht.	6 %	16 %	77 %	

Aasian jakelija, osuus koko nimikemäärästä

% koko	A	B	C	Yht.
X	2 %	1 %	1 %	3 %
Y	3 %	4 %	3 %	9 %
Z	2 %	11 %	74 %	87 %
Yht.	7 %	15 %	77 %	

XYZ-luokittelua varten tulee asettaa rajat, joiden avulla nimikkeet jaotellaan. Mitään yleistä sääntöä ei ole rajoiksi, vaan ne joudutaan tapauskohtaisesti asettamaan. Kaikille jakelijoille rajat ovat samat: X-luokkaan kuuluvilla tilaustapahtumia on 10 tai enemmän, Y-luokassa 5 tai enemmän, jolloin Z-luokassa tilaustapahtumia on yhdestä neljään. Tällä jaottelulla pyritään löytämään nimikkeet, joiden kysyntä on suurinta (suurin tilausmäärä,

suurin täydennystarve tai kysyntä, A-luokka), sekä ne nimikkeet, joiden kysyntä on vähäisintä (Z-luokka). Näiden väliin jää melko Y-luokka, jonka kysyntä on usein tasainen, mutta ei suuri, kuten X-luokassa. ABC-XYZ-luokittelun perusteella tyypillisesti tehdään palvelutasomääritykset kategorioille, jolloin esimerkiksi luokat AX, AY, BX ja BY saavat palvelutason 95 %, kun taas oikealla alhaalla oleva luokka CZ saa palvelutasoksi esimerkiksi 60–70 %.

Pohjois-Amerikan jakelijan XYZ-luokittelussa tulee huomata, että case-yrityksen suosittelema kolmen kuukauden tilausväli siirtää suuren osa nimikkeistä Y- ja Z-luokkaan (taulukko 5). Tämän tiedon perusteella on syytä miettiä, tulisiko Z- ja Y-luokan raja olla alempana (tilaustapahtumien määrä kolme). Pohjois-Amerikan jakelijalla on pienin määrä nimikkeitä luokissa AX, AY, BX ja BY (suurin arvo ja eniten tilaustapahtumia). Sen sijaan suurin määrä nimikkeitä kaikista vähiten arvoa tuottavassa ja vähiten tilaustapahtumia sisältävässä CZ-luokassa. Pohjois-Amerikan BX-luokkaan kuuluu prosentteissa mitaten vain 0,15 % nimikkeistä, käytännössä yksi nimike. Suurin prosentuaalinen osuus AX-, AY-, BX- ja BY-nimikkeistä on Euroopan jakelijalla, yhteensä 13 %.

Vertailtaessa jakelijoiden tilaamien nimikkeiden yhtenevääisyyttä voidaan havaita, että 135 samaa nimikettä löytyy kaikilta kolmelta jakelijalta. Näistä nimikkeistä valtaosa kuuluu C-luokkaan kaikilla kolmella, ja vain yhdeksän yhteistä nimikettä on kaikilla kolmella A-luokassa.

Tuoteryhmäkohtainen tilausten jakautuminen heijastaa kyseiseen maahan myytyjen lopputuotteiden jakaumaa sekä tuo esille erot eri jakelijoiden ja maiden välillä tarkasteltaessa tuoteryhmiä, jotka muodostavat noin 80 % vertailtavan jakelijan tilausten arvosta.

Taulukko 6. Tuoteryhmät joista jakelijan A-luokan varaosanimikkeet koostuvat.

Euroopan jakelija		Pohjois-Amerikan jakelija		Aasian jakelija	
Tuoteryhmä	% myynnistä	Tuoteryhmä	% myynnistä	Tuoteryhmä	% myynnistä
1.1	51,33 %	2.2	34,43 %	1.1	41,71 %
2.2	21,79 %	3.1	30,99 %	2.2	39,21 %
2.3	8,93 %	2.1	12,11 %		

Kolme tuoteryhmää muodostavat Euroopan ja Pohjois-Amerikan jakelijoiden varaosatilausten arvosta 80 % (A-luokka). Euroopan tapauksessa kolme suurinta tuoteryhmää ovat: tuote 1.1, tuote 2.2 ja tuote 2.3 yhteensä 82 % jakelijan varaosatilausten arvosta

(taulukko 6). Pohjois-Amerikan jakelijan osalta tuoteryhmät ovat tuote 2.2, tuote 3.1 ja tuote 2.1 yhteensä 78 % jakelijan varaosatilausten arvosta. Aasian jakelijan osalta kaksi tuoteryhmää riittää 80 %:n osuuden ylittämiseen, jotka ovat, tuote 1.1 ja tuote 2.2, yhteensä 81 % jakelijan varaosatilausten arvosta.

#### 4.3 Palautukset

Palautusten analysoinnin tarkoituksena on saada käsitys palautusten määrästä ja suhteesta varaosatoimituksiin vertailtavien jakelijoiden kohdalla. Palautusten syistä ja palautettujen nimikkeiden tuoteryhmistä saadaan käsitystä mahdollisista ongelmista tuotteiden laadussa tai tilaamisen virheistä.

Taulukko 7. Palautettujen nimikkeiden suhde varaosista toimitettuihin.

kpl	Palautetut	Tilatut	Samoja nimikkeitä	Pal.määrä >= toimitus
Euroopan jakelija	583	1424	454	244
Pohjois-Amerikan jakelija	222	723	84	28
Aasian jakelija	129	804	81	24

Palautusten tilastoa vääristää seuraava seikka. Osia ja komponentteja, erityisesti jälki-asennettavia ominaisuuksia, toimitetaan case-yrityksen vienti- sekä varaosamyynnistä. Tällöin osalla on kuitenkin eri nimiketunnus. Osa tai komponentti kuitenkin palautuu varaosamyyntiin, jolloin se saa varaosamyyntin käyttämän nimiketunnuksen. Euroopan jakelijan palautettujen nimikkeiden suhde toimitettuihin on 41 %. Pohjois-Amerikan jakelijalla vastaava suhde on 31 % ja Aasian 16 % (taulukko 7). Aasian jakelija on tämän perusteella palauttanut tilaamiaan osia huomattavasti vähemmän verrattuna muihin jakelijoihin nimikemäärän perusteella. Pohjois-Amerikan jakelijan palautukset ovat nimikekohtaiselta kappalemäärältään vertailtavista suurimpia, huippuina kaksi nimikettä, joita on palautettu yli 500 kappaletta vuoden aikana.

Palautusten syiden ja tuotekohtaisuuden ristiintaulukointi löytyy liitteistä (liitteet 3–5: Jakelijoiden palautusten jakautuminen tuotteittain ja syykoodeittain). Ristiintaulukoinnin avulla voidaan havaita Euroopan jakelijan palautuksista syykoodilla ”palautus” eniten palautettuja nimikkeitä kappalemääräisesti ja seuraavaksi eniten syykoodilla takuupalautus. Syy ”palautus” herättää kysymyksiä palautuksen tarkemmasta syystä. Niemi (2016)

epäilee syyn voivan johtua osien liiasta tilaamisesta, mikä voi johtua kysynnän ennakkoinnin virheistä tai jakelijan varastointitietojen epätarkkuudesta.

Niemen (2016) mukaan case-yrityksen palautuskäsittely veloittaa aiheettomasta palautuksesta 20 % osan arvosta palautuksessa. Takuunalaiset osat hyvitetään sataprosenttisesti tai korvataan vastaavalla osalla. Myös case-yrityksen väärin toimittamat osat korvataan 100 %:lla arvosta. Takuun ulkopuoliset osat, pääosin piirikortit, kuuluvat vaihtohintaohjelman piiriin, jolloin asiakas saa 25–60 % korvausta osan arvosta. Palautettavilla osilla ei kuitenkaan vuonna 2015 ollut hinta-alarajaa, mikä osittain on kannustanut palauttamaan hyvin pienen arvon osia, mikä taas työllistää turhaan palautuskäsittelyä. Euro-määräisen alarajan asettaminen palautettavalle osalle hillitsisi palauttamista, ja tämä onkin käytetty tapa toimitusketjuissa.

Palautettujen nimikkeiden suurimmat tuoteryhmät vastaavat varaosamyynnin tuoteryhmiä. Tilaus- tai toimitusvirheitä on varsin vähän. Pohjois-Amerikan jakelijan suurin määrä palautuksia on syykoodilla ”takuupalautus”. Kyseenalaisen ykköspaikan Pohjois-Amerikan jakelijan palautuslistalla vie 65 %:n osuudella jakelijan palautusten kokonaismäärästä tuote x. Listan seuraavat tuotteet noudattavat varaosa- ja laitemyynnin tuoteryhmiä. Aasian jakelijan palautusten kappalemäärä on linjassa pienen nimikemäärän kanssa. Eniten palautuksia on syykoodilla ”takuu” ja sen jälkeen ”korjaustyö”. Palautusten tuotteet noudattavat myynnin jakaumaa.

Osien palauttamisella on varsin työllistävä vaikutus case-yrityksessä. Palautuksen käsittely, mahdollinen korjaus, hyvittäminen, uudelleen toimittaminen käsittävät useita vaiheita ja työllistävät henkilöitä. Erityisesti tulisi puuttua palautuksiin, joissa ongelmana on jakelijan ylimääräisten osien tilaaminen sekä toistuvat laatuongelmat takuuajana.

## 5 Kehitysideat

Kehitystoimissa tulisi keskittyä eniten myyntiä tuottaviin jakelijoihin. Käytännössä luokittelu ja muut kehitystoimet kannattaa aluksi keskittää TOP 15 -jakelijoihin, joiden tilausmäärä sekä arvo on merkittävä. Jakelijan tilaamien osien luokittelu joko menekin tai arvon perusteella jakelijakohtaisesti on oleellinen toimenpide kehitettäessä kysynnän ennustettavuutta. Luokittelu voi perustua esimerkiksi saatavilla olevaan tilaustietoon, kuten tässä työssä. Näiden jakelijoiden tilausten seuraaminen ja jaksottaminen tukee tilaamisen ja toimittamisen tasaamista case-yrityksen (valmistajan) toiminnassa sekä edesauttaa tilausten ennakkointia. Tilaustiheyden ja eräkokojen suunnittelu yhdessä jakelijan kanssa hyödyttää molempaa osapuolta ja tuo oletettavasti myös kustannussäästöjä toimitus- ja varastointikustannuksiin. Luokittelu ja tilaamisen tasaaminen tulisi laajentaa näihin 15 suurimpaan varaosajakelijaan.

### 5.1 Informaation kulku jakeluketjussa

Tällä hetkellä case-yrityksellä on varaosatoimittamisessaan hyvin lyhyt näkyvyys jakelijan tulevaan kysyntään. Käytännössä ainoa informaatio, jonka case-yritys jakelijasta saa, on tilaus ja hyvin usein tilauksen toimittamisella on kiire. Ennakoinnin mahdollisuudet ovat rajalliset, mikä johtuu informaation rajallisuudesta. Historiatietoa on saatavilla, mutta tilaamisen epäsäännöllisyys tekee ennustamisen haastavaksi, jopa mahdottomaksi. Esimerkiksi kuukausittain saatava tieto jakelijan varastoimista nimikkeistä varastosaldosta ja toteutunut myynti auttaisivat täydennysten suunnittelussa ja hyödyttäisivät molempia osapuolia.

Tyypillisesti toimittajalla ja jakelijalla ei ole käytössään samaa ERP-, SCM- tai varastonhallintajärjestelmää. Järjestelmäintegraatioilla voidaan saavuttaa hyötyjä, kuten kirjallisuudessa esitetään, mutta ne ovat monessa tapauksessa liian raskaita toteutettaviksi. Hoover ym. (2002: 210–211) kertoo seuraavan esimerkin panimoyritys Heinekenin pääsystä Pohjois-Amerikan markkinoille. Pohjois-Amerikan markkinoilla tarvittiin nopeita keinoja, joiden avulla Heineken pystyi toimimaan pienenä toimittajana 450 jakelijan verkossa. Uuden web-sovelluksen avulla jakelijat raportoivat kuukausittain myyntiluvut, varastosaldot ja myyntiennusteen. Heineken otti sovelluksella saadun tiedon avulla täydentämisen hallintaansa. Tämän jälkeen päästiin tilaan, jossa jakelijan tilaukset on täysin



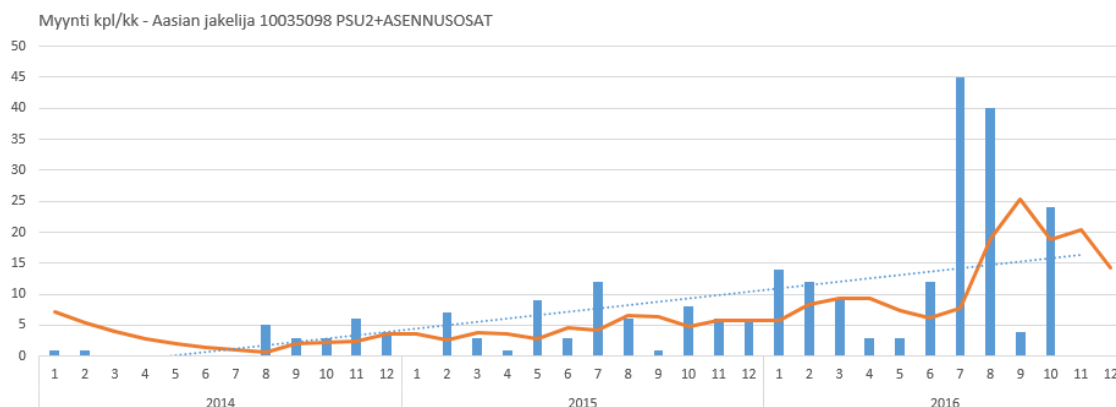
poistettu ja Heineken täydentää myyntisuunnitelman perusteella panimoistaan Hollannista.

Kysyntätiedon tulisi olla eri ketjun tasojen tiedossa, jolloin myös sen muutoksiin voidaan reagoida. Yhteistyön avulla toimitusketjussa on mahdollista saada haluttuja muutoksia aikaan. Case-yrityksen suurimmat jakelijat käyttävät jo nyt ekstranet-web-portaalia, jonka kautta jakelija luo tilauksen. Jakelijan toimintojen laajentaminen siten, että jakelija kertoisi myös varastoinnistaan ja myynnistään, voisi olla seuraava askel.

## 5.2 Raportoinnin kehittäminen ja hälytysviestit

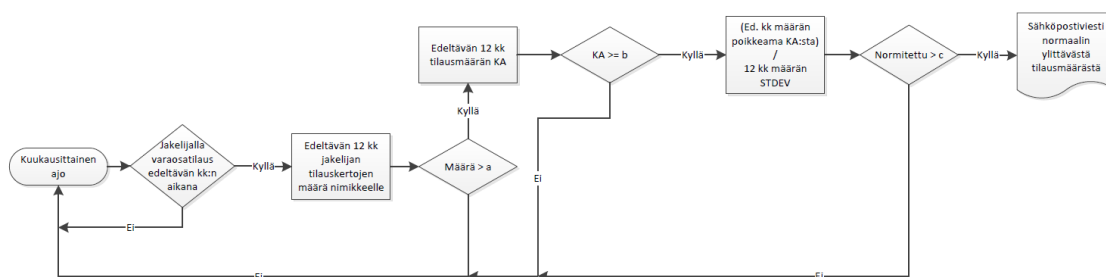
Tutkimuskysymyksenä on esitetty ajatus automaattisen hälytysviestin luomiseksi jakelijan tilauspiikin perusteella. Kuten teoriassa on todettu, useiden alavirran kysyntävirtojen yhdistäminen voimistaa kysynnän ja samalla vaimentaa pienet piikit yksittäisen jakelijan kysynnässä. Tämän tiedon perusteella tulisi päästä yksittäisen jakelijan nimikekohtaisen tilaamisen kautta käsiksi tilausmäärien vaihteluun ja pystyä arvioimaan, mikä lisäys tulkitaan normaalista poikkeavaksi ja laukaisee viestin lähetyksen asianosaisille. Ensimmäisessä vaiheessa mekanismi rajataan käsittämään vain jakelijan tilauksia ja tilaushistoriaa, eikä tietoa rikasteta esimerkiksi muiden järjestelmien tiedoilla.

Luvussa 4.1. tarkasteltiin Pohjois-Amerikan ja Euroopan jakelijan yksittäisen nimikkeen tilausmääriä ja tilaustapahtumien määrää ja tiheyttä. Vastaavalta ajanjaksolta otetaan nyt käsittelyyn Aasian jakelijan tilaustapahtumat samalle nimikkeelle. Kuvassa 14 on nyt mukana myös ennuste (oranssi viiva), joka on tehty eksponentiaalisen tasoituksen menetelmällä, alfa-arvolla 0,3. Eksponentiaalisen tasoituksen ennuste sopii sarjaan, jossa arvoissa on vaihtelua. Tämän lisäksi trendiviiva (katkoviiva) osoittaa nousevaa trendiä.



Kuva 14. Poikkeava kuukausittainen tilausmäärä.

Aikasarjan visualisointi tarjoaa mahdollisuuden nähdä kuukausittaisen tilausmäärän muutoksen konkreettisuus, helpommin ja nopeammin kuin pelkkien lukujen avulla olisi mahdollista. Tässä työssä tehdyt tilausmäärien kuvaajat ja ennusteet on luotu MS Excel -ohjelmalla. Case-yrityksessä on mahdollisuus nykyaikaisen QlikView-raportointijärjestelmän käyttöön, jossa on mahdollista valita eri dimensioita tutkittavaan tietoon ja hyödyntää reaaliaikaisesti ERP-järjestelmän dataa. Käyttäjälle, joka saa viestin poikkeavasta jakelijan tilausmäärästä, tulisi pystyä esittämään lukujen ohella myös visualisointi datasta, joka helpottaa tilanteen ymmärtämisessä. Kuitenkin varsinainen syy tilauspiikkiin voi olla useiden tekijöiden tulos ja tätä päättelyä ohjelmallisesti on vaikea tehdä, jolloin varsinaisen syyn päättely jää ihmiselle. Case-yrityksessä on harkittu raportoinnin ulottamista myös varaosamyyntiin normaalin vientimyynnin lisäksi. Tähän tulisikin panostaa, koska varaosien suuren nimike- ja tilausmäärän tutkiminen ilman tehokasta välinettä on työajan haaskausta.



Kuva 15. Suunnitelma prosessista normaalista poikkeavan tilausmäärän havainnointiin.

Kuinka löytää poikkeava tilausmäärä kaikkien tilausten joukosta? Tämän tiedon havainnointiin ja vertailuun voidaan käyttää esimerkiksi kuukausittaista toimintoa, joka luo ehtojen täyttyessä sähköpostiviestin asianosaisille. Prosessin (kuva 15) alkuosan toimintojen tarkoituksena on tehdä suodatus annettujen parametrien (a ja b) avulla tietyn tilaustapahtumamäärän ja tilattujen nimikkeiden keskiarvon perusteella edeten vaiheeseen, joka varsinaisesti arvioi, poikkeako määrä normaalista ja tuleeko asiasta viestiä. Prosessissa tämä vertailu tehdään määrän poikkeaman keskiarvon ja normaalijakauman hajonnan perusteella. Tuloksena saatua normitettua arvoa voidaan verrata asetettavaan parametriin (c). Normitetun arvon avulla saadaan suhteellinen arvo, joka sopii erikokoisille tilausmäärille. Kuitenkin ääriarvojen vaikutus keskiarvoon on suuri, joten tilaustapahtumia tulisi olla mieluiten enemmän esimerkiksi edeltävältä 12, 24 tai 36 kuukauden ajalta. Muita vaihtoehtoja on esimerkiksi verrata ennusteen arvoon ja mikäli tilausmäärä on 50 % ennustetta suurempi, ehto toteutuu.

Tässä työssä kuvatus automatisoidun prosessin kaltaisen prosessin voi toteuttaa sovelluksen vaatimin muutoksin esimerkiksi case-yrityksen Qlik NPrinting -ohjelmalla. Kyseinen ohjelma on suunniteltu raporttien julkaisuun ja jakeluun. Ohjelmassa voi käyttää sääntöjä julkaisun ja viestin lähettämisen rajaamiseen. Case-yrityksessä on lisenssi, joka oikeuttaa järjestelmän käyttöön, mutta järjestelmää ei ole otettu käyttöön.

Kehittämistoimien avulla voidaan pienentää pääoman sitoutumista jakelijoiden varastoon, parantaa palvelutasoa ja minimoida osien pilaantumista. Suurimpien jakelijoiden tilaamisen jaksottamisen avulla voidaan tasata case-yrityksen (valmistajan) tilausten käsittelyä ja toimittamista ja näin ollen säästää käsittelyn työaikaa sekä toimittamisen kustannuksia. Jakelijoiden epänormaalien tilausmäärien havainnoinnin avulla on mahdollista reagoida jakelijoiden mahdollisiin ongelmiin ja pystyä ennakoimaan komponentti- ja materiaaliongelmiä ennen niiden laajenemista.

## 6 Yhteenveto

Työ tavoitteena oli perehtyä varaosavarastointiin ja -jakeluun monitasoisessa toimitusketjussa, mikä onkin varsin haastava kokonaisuus. Varaosan luonteeseen kuuluu olla varalla, jos tarve tulee. Tämä on sekä lakisääteinen että hyvän palvelun vaatimus. Mitä varastoida, kuinka paljon ja missä sijainneissa, riippuu osien arvosta, kysynnästä ja pilaantumisherkkydestä. Varaosavaraston kiertoa nopeuttamalla ja varastoimalla vain tarvittavia osia varastoon sitoutuneen pääoman osuutta pyritään pienentämään samalla, kun palvelutaso pyritään takaamaan.

Työ alkoi tutustumisella case-yrityksen kolmen suuren varaosajakelijan varaosatilauksiin ja edeten ABC- ja XYZ-luokittelun ja analyysin kautta varaosapalautusten ja -nimikkeiden tuoteryhmien jakelijakohtaiseen vertailuun. Varaosamyynnissä on mahdollisuuksia kehittää ennusteita ja myynnin ennustettavuutta, mutta tämä vaatii tilaamisen tasaimista, case-yrityksen ja jakelijan välisen tiedonvaihdon kehittämistä sekä oikeiden välineiden valjastamista käyttöön. Kehittämistoimet tulee keskittää suurimpiin jakelijoihin, koska tämän kautta on mahdollista saada suurin vaikutus ja hyöty.

Epänormaalien varaosatilausmäärien havainnointiin on esitetty malli, joka perustuu kuukausittaiseen valvontaan ja jossa sääntöjen pohjalta luodaan viesti tilausmääräraportteineen asianosaisille. Tämän toiminnon toteutuksesta on esitetty työssä kaavio (kuva 15) ja varsinainen toteutus on jatkokehitysprojekti.

## Lähteet

Abnormal demand. 2016. Verkkodokumentti. BPM Glossary. <<https://www.business-processglossary.com/13672/abnormal-demand>>. Luettu 12.1.2017.

Bacchetti, A. & Saccani, N. 2012. Spare parts classification and demand forecasting for stock control: Investigating the gap between research and practice. *Omega*, 40(6), pp.722–737.

Boone, C.A., Craighead, C.W. & Hanna, J.B. 2009. Critical challenges of inventory management in service parts supply: A Delphi study. *Operations Management Research*, 1(1), pp.31–39.

Botter, R. & Fortuin, L. 2000. Stocking strategy for service parts – a case study. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(6), pp.656–674.

Boylan, J.E. & Syntetos, A.A. 2008. Forecasting for Inventory Management of Service Parts. *Springer Series in Reliability Engineering*, 8, pp.479–506.

Buliński, J., Waszkiewicz, C. & Buraczewski, P. 2013. Utilization of ABC/XYZ analysis in stock planning in the enterprise. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture NoAnn. Warsaw Univ. of Life Sci. – SGGW, Agricult*, 61(61), pp.89–96.

Crum, C., Crum, C. & Palmatier, G. 2003. *Demand Management Best Practices: Process, Principles, and Collaboration*, Boca Raton, US: J. Ross Publishing, Incorporated.

Davis, R.A. 2013. *Wiley and SAS Business Series: Demand-Driven Inventory Optimization and Replenishment: Creating a More Efficient Supply Chain* (1), Somerset, US: Wiley.

Frohlich, M.T. & Westbrook, R. 2001. Arcs of integration: an international study of supply chain strategies. *Journal of Operations Management*, 19(2), pp.185–200.

Happonen, A. 2011. *Muuttuvaan kysyntään sopeutuva varastonohjausmalli. Väitöskirja. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.*

Holweg, M. et al. 2005. Supply chain collaboration: making sense of the strategy continuum. *European Management Journal*, 23(2), pp.170–181.

Hoover, W.E., Eloranta, E. & m, J. 2002. *Managing the Demand-Supply Chain: Value Innovations for Customer Satisfaction* (1), New York, US: Wiley.

Huiskonen, J. 2001. Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices. *International Journal of Production Economics*, 71(1–3), pp.125–133.

Kalchschmidt, M. Zotteri, G. & Verganti, R. 2003. Inventory management in a multi-echelon spare parts supply chain. *International Journal of Production Economics*, 81(82), pp.397–413.

Ketvell, R. & Lassila, I. 2015. Kriittisyysluokittelu varaosavarastojen hallinnan tehostamisen keinona. Kandidaattityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Kysynnän ja tarjonnan hallinta. 2017. Verkkodokumentti. Logistiikan Maailma. <[http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Kysynnän\\_ja\\_tarjonnan\\_hallinta](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Kysynnän_ja_tarjonnan_hallinta)>. Luettu 5.1.2017.

Niemi, M. 2016. Sähköposti. Varaosapäällikkö, Planmeca Oy. Helsinki.

Rahikainen, M. 2016. Improving inventory management of spare parts business in a multi-echelon inventory system. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto.

Roda, I. et al. 2014. A review of multi-criteria classification of spare parts: From literature analysis to industrial evidences. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 25(4), pp.528–549.

Romeijnders, W. Teunter, R. & Van Jaarsveld, W. 2012. A two-step method for forecasting spare parts demand using information on component repairs. *European Journal of Operational Research*, 220(2), pp.386–393.

Rothberg, T. 2016. Sähköposti. Varaosakeräilyn esimies, Planmeca Oy. Helsinki.

Scholz-Reiter, B. et al. 2012. Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(4), pp.445–451.

Stevenson, W.J. 2009. *Operations Management* 10th ed., McGraw-Hill Irwin.

Syntetos, A.A. & Boylan, J.E. 2001. On the bias of information estimates. *International Journal of Production Economics*, 71(2), pp.457–466.

Syntetos, A.A., Keyes, M. & Babai, M.Z. 2009. Demand categorisation in a European spare parts logistics network. *International Journal of Operations & Production Management*, 29(3), pp.292–316.

Varastonohjaus. 2016. Verkkodokumentti. Logistiikan Maailma. <<http://logistiikanmaailma.fi/wiki/Varastonohjaus>>. Luettu 22.11.2016.