

LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO LUT
School of Engineering Science
Tuotantotalous

Jaana Kilpinen

**VARASTOTUOTTEIDEN VARASTONHALLINNAN KEHITTÄMINEN
VALMISTAVASSA TEOLLISUUDESSA**

Tarkastajat:

TkT Petri Niemi

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT
School of Engineering Science
Tuotantotalouden koulutusohjelma

Jaana Kilpinen

Varastotuotteiden varastonhallinnan kehittäminen valmistavassa teollisuudessa

Diplomityö

2021

53 sivua, 11 kuvaa ja 15 taulukkoa

Tarkastajat: TkT Petri Niemi

Hakusanat: varastotuote, luokittelu, taloudellinen erä koko, varastonhallinta

Tässä tapaustutkimuksessa käydään läpi erään yrityksen omatuotantoiset varastotuotteet, pohditaan erilaisia luokittelumenetelmiä juuri tähän tapaukseen liittyen kuten myös luokitteluun soveltuvia kriteereitä. Lisäksi vertaillaan luokittelumenetelmien ja erilaisten palveluasteiden vaikutuksia niin varaston kokoon kuin siihen sitoutuneeseen pääomaan ja lasketaan tuotteille taloudelliset eräkoot ja analysoidaan niiden vaikutuksia tähän.

Jo pienillä yksittäisillä ratkaisulla kuten luokittelussa käytetyillä rajanvedoilla, eräkoilla ja määritetyillä palveluasteilla on kaikilla merkitys varaston kokoon ja siihen sitoutuneeseen pääomaan, myös toimitusajoilla ja sillä kuinka suuri hajonta tuotteiden kulutuksessa on, vaikka näihin ei voida varastonhallinnan keinoin juurikaan vaikuttaa. Tämän takia työtä aloitettaessa on tarpeen tuntea varastoinnin mahdolliset rajoitukset, joista varastointitilojen rajallisuus on yksi tämän työn rajoitteista.

Lisäksi taloudellisilla eräkoilla voidaan tunnistaa niin varastointikustannuksia nostavat tuotteet kuin liian pienet yksikkökustannuksia kasvattavat erät. Lähes 90% näistä varastotuotteista oli joko liian suuri tai liian pieni erä (yli 10% suurempi/pienempi), kun nykyisiä eräkojoja verrattiin taloudellisiin eriin.

ABSTRACT

Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT
School of Engineering Science
Degree Programme in Industrial Engineering and Management

Jaana Kilpinen

Development of inventory management of warehouse products in manufacturing industry

Master's thesis

2021

53 pages, 11 figures and 15 tables

Examiners: D. Sc. (Tech.) Petri Niemi

Keywords: make to stock, classification, economic production quantity, inventory management

This case study reviews a company's own-produced make to stock products, considers different classification methods related to this case, as well as the criteria suitable for classification. In addition, the effects of classification methods and different service levels on both inventory size and capital employed are compared, and economic batch sizes for products are calculated and their effects on this are analyzed.

Even small individual solutions, such as the boundaries used in classification, batches and defined service levels, all have an impact on stock volume and capital employed, including delivery times and how much variation there is in product consumption, although these cannot be influenced by inventory management. For this reason, when starting work, it is necessary to be aware of the possible limitations of storage, where the storage space is one of the limitations of this case.

In addition, economic batch sizes can be used to identify both products that increase storage costs and products that increase unit costs due to being too small. Nearly 90% of these make to stock products had either too large or too small batch size (more than 10% larger / smaller) when current batch sizes were compared to current ones.

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	3
2	Alkutilanne yrityksessä	3
2.1	Tuotteiden kuvaus ja käyttö	4
2.2	Tuotanto ja logistinen ketju	4
2.3	Tuotannonohjaus ja varastonhallinta	6
2.4	Varastointi ja tuotteiden käyttöikä	7
2.5	Työn rajaukset.....	8
3	Luokittelu	9
3.1	Luokittelukriteerit	10
3.2	Luokittelumenetelmät	13
3.2.1	Yhden kriteerin menetelmiä	14
3.2.2	Kahden kriteerin menetelmät	18
3.2.3	Usean kriteerin analyysit – lyhyesti	21
3.3	Luokkamäärät	22
4	Varastonhallinnan kehittäminen kohdeyrityksessä.....	23
4.1	Luokittelukriteerien valinta.....	24
4.2	Luokitteluvaihtoehdot ja niiden vertailu	27
4.3	Tilauspistejärjestelmä, keskimääräinen varasto ja eräkoot	35
4.3.1	Varaston kapasiteetti ja tavoitetasot.....	35
4.3.2	Eräkokojen tarkastelu	36
4.3.3	Keskimääräinen varasto ja tilauspisteiden vertailu	39
4.4	Pelisääntöjen luominen	45
5	Johtopäätökset.....	48
6	Yhteenveto	49
7	Lähteet.....	51

1 JOHDANTO

Wipak Oy on elintarvike- ja sairaalalikalvoja valmistava yritys, joka lisäksi valmistaa sterilointipakkauksia, pusseja ja rullia, niin lääkinnällisten laitteiden valmistajille kuin sairaaloiden välinehuoltoon. Valikoimaan kuuluu myös välitystuotteita, joilla on täydennetty sairaalatarvikevalikoimaa välinehuoltojen tarpeiden mukaiseksi.

Tässä työssä keskitytään sairaaloiden välinehuoltoon tarkoitettujen omavalmisteisten pussien ja rullien toimitusketjuun ja varastohallintaan. Tavoitteena on kehittää Suomen valmistusyksikön, joka on tuotteiden pääasiallinen valmistaja, näkökulmasta sterilointipakkausten toimitusketjua parantaen saatavuutta ja sitä kautta asiakastyytyvyyttä, mutta myös vähentää varastoon sitoutunutta pääomaa valmistuskustannusten kuitenkään liikaa kasvamatta.

Työn alussa perehdytään nykytilanteeseen ja kuvataan tuotevalikoima, valmistusprosessi ja sen haasteet, mahdolliset rajoitteet sekä nykyiset varastohallinnan periaatteet, jotka voivat vaikuttaa työn suorittamiseen. Luvussa 3 perehdytään tuotteiden luokittelun periaatteisiin sekä luokittelukriteereihin ja erilaisiin luokittelumenetelmiin. Luvussa 4 käydään läpi soveltuvia kriteereitä ja valitaan näistä työn tavoitetta tukevat ja tehdään vertailua menetelmien välillä. Lisäksi tuotteille lasketaan taloudellinen erä koko, jossa huomioidaan niin korkeat ajon aloituskustannukset kuin myös varastointikustannukset, jotta saadaan käsitys kustannuksiltaan järkevistä tuotantoeristä, joita verrataan nykykäytäntöön. Tämän jälkeen selvitetään ehdotettujen toimenpiteiden pohjalta mitä tapahtuu varastoon sitoutuneelle pääomalle, sillä sen kokoa ja riittoa seurataan nykyiselläänkin kuukausittain, ja pohditaan millaisilla pelisäännöillä tuotteita voitaisiin ohjata jatkossa.

2 ALKUTILANNE YRITYKSESSÄ

Alkutilanne-analyysissä käydään lävitse, millaisista tuotteista näissä varastotuotteissa on oikein kyse, miten niiden tuotantoa ohjataan ja millaisilla parametreilla varastoa hallitaan. Lisäksi perehdytään lyhyesti tuotteiden valmistusprosessiin ja logistiseen ketjuun valmistuksesta asiakkaalle. Lopuksi käsitellään, joitakin työn tavoitteita ja rajoitteita tarkemmin.

2.1 Tuotteiden kuvaus ja käyttö

Sterilointipakkauksia käytetään pääsääntöisesti sairaaloiden välinehuolloissa, joissa monikäyttöisiä instrumentteja uudelleen pakataan ja steriloidaan. Sterilointipusseja on useita erikokoisia, ja niitä valmistetaan muutamasta eri materiaalista, jotta ne soveltuvat erilaisten tuotteiden pakkaamiseen ja sairaaloiden käyttämiin sterilointimenetelmiin. Sama pätee sterilointirulliin, joita on eri leveyksissä ja muutamissa eri pituuksissa. Tuotteissa on niin kuumasaumaamalla suljettavia pakkauksia kuin myös teipillä suljettavia, joissa teippi on osana tuotetta. Lisäksi on palkeellisia pusseja ja rullia, jotka soveltuvat suurempi volyyymisten tuotteiden pakkaamiseen. Sterilointipussien ja -rullien käyttötarkoitus on sama, mutta pussit ovat vain tiettyyn kokoon valmiiksi saumattuja ja leikattuja, kun taas rullista välinehuolloissa joudutaan muodostamaan pakkaus leikkaamalla rullamuotoinen tuote oikeaan pituuteen manuaalisesti ja sulkemalla myös sen toinen pää saumaamalla.

Suurin osa näistä tuotteista on varastoon valmistettavia MTS-tuotteita (make to stock) ja oletuksena on, että kaikkia näitä löytyy varastosta, vaikkei näin aina olekaan. Loput tuotteista on MTO-tuotteita (make to order), jotka valmistetaan tilauksesta suoraan asiakkaalle tai erikoistuotteita (erikoiskokoisia), jotka ovat virallisesti MTS-tuotteita, mutta niitä käsitellään kuin MTO-tuotteita. Yhteensä nimikkeitä on noin 200, jos ei huomioida Kiinan yksikössä valmistettuja duplikaatteja eli kaksoiskappaleita samoista tuotteista, mutta jotka ovat alkuperämaan takia omina nimikkeinään.

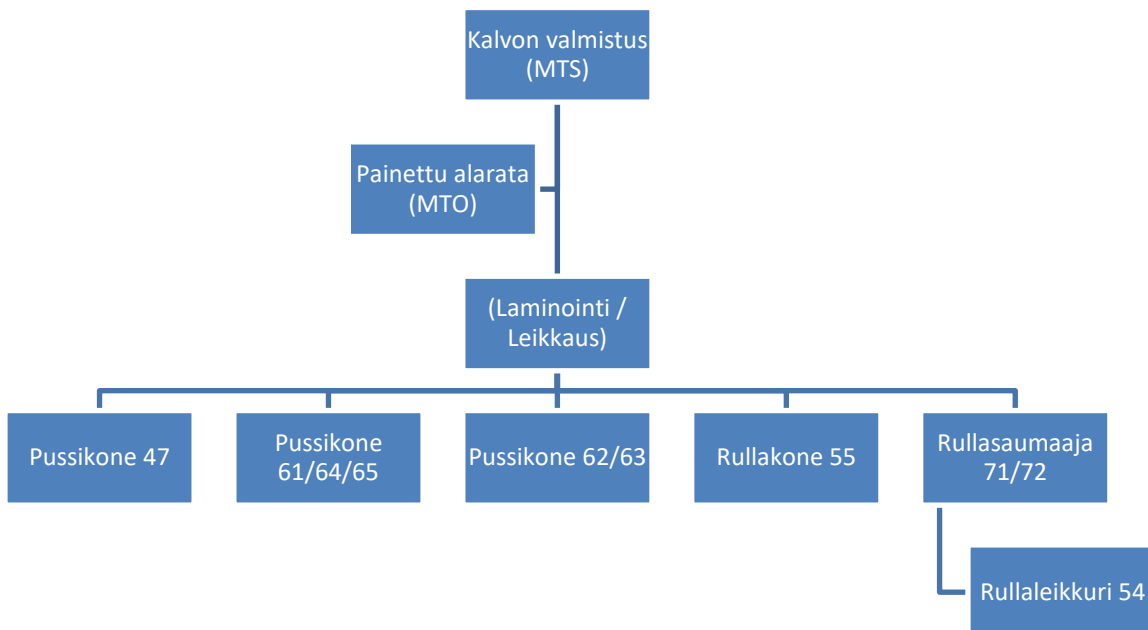
2.2 Tuotanto ja logistinen ketju

Sterilointipusseja ja -rullia valmistetaan Suomen ja Kiinan yksiköissä, siten että Kiinassa valmistetaan tuotteita pääsääntöisesti Aasian ja Tyynen valtameren alueelle sekä Kanadaan ja Suomessa Eurooppaan ja muualle maailmaan. Ihan kaikkia tuotevalikoiman tuotteita ei kuitenkaan Kiinan tehtaalla valmisteta, joten nämä tuotteet valmistetaan Suomen tehtaalla myös APACin alueelle. Toisinaan kapasiteetin tasapainottamiseksi tuotteita voidaan tarvittaessa toimittaa Kiinasta Euroopan varastoon ja sieltä eteenpäin asiakkaille, ja toisin päin.

Tuotteet valmistetaan kahdesta komponentista, monikerroskalvosta ja painetusta alaradasta, joka voi olla joko steriloitavaa paperia, polyeteenistä valmistettua kuitukangasta tai toinen monikerroskalvo, ja nämä kuumasaumataan keskenään ja leikataan määrämittaan. Näistä

paperit ja kuitukankaat ostetaan ulkoa ja varastoidaan tehtaalla. Jokaiselle tuotteelle painetaan varta vasten oma alarata, jotta tuotestandardin vaatimat tunniste- ja jäljitettävyyssiedot seuraavat tuotetta sen käyttöön saakka. Tämän painotyön standardiasetus aika on vakio kaikille tuotteille. Painetut radat pyritään valmistamaan suoraan seuraavan vaiheen tuotantoon, mutta toisinaan niitä joudutaan välivarastoimaan muutamia päiviä.

Muovilaminaattia (kalvo) taas valmistetaan suuria määriä kerralla vakioleveyksissä suoraan varastoon ja ne käyvät useaan eri tuotteeseen. Niitä valmistetaan sykleissä ja välivarastoidaan. Toiset monikerroskalvot valmistetaan erikseen laminoimalla, mutta päälaminaatti pystytään valmistamaan yhdessä vaiheessa. Joidenkin nimikkeiden valmistusta varten kalvo joudutaan lisäksi leikkaamaan oikeaan leveyteen, jotta niitä voidaan käyttää pussituotannossa. Kuvassa 1 on kuvattu tämä tuotantoprosessi.



Kuva 1 Tuotantokaavio

Pusseiksi ja rulliksi valmistettaessa jokaisella nimikkeellä on sille ominainen asetus aika, joka riippuu niin koneesta kuin vaadittavista säädöistä. Litteitä, toisin kuin palkeellisia, rullia valmistettaessa on lisäksi oma asetus aika saumaamiselle ja tämän jälkeen toinen leikkaamiselle, kun suuret saumatut rullat leikataan määrämitta.

Valmistuttuaan tuotteet lastataan suoraan rekkaan, joka kuljettaa ne keskusvarastoon, sillä tuotteita ei ole tarkoituksenmukaista varastoida tehtaalla. Varastosta tuotteet keräillään ja pakataan tilauksia vastaan ja toimitetaan asiakkaalle, joka usein on tuotteiden jakelija omassa maassaan. He hoitavat varsinaisen loppuasiakasmyyntin sairaalapiireille. Kuljetusajaksi tehtaalta varastolle on määritetty viisi vuorokautta.

Tuotteiden asetusajat ovat tunteja ja tuotantoajat useimmiten päiviä. Koska asetusajat vievät paljon aikaa ei ihan pieniä määriä ole kannattavaa valmistaa. Tuotteet lisäksi varastoidaan keskusvarastoon odottamaan tilauksia, joten niille kertyy varastointikustannuksia eikä varastointitilataan ole rajattomat.

2.3 Tuotannonohjaus ja varastonhallinta

Tuotannonohjaus ja varastonhallinta on perustunut tilauspisteisiin. Tilauspisteet on laskettu manuaalisesti jokaiselle MTS-nimikkeelle historiallisen menekin perusteella perustuen kuukausidataan ja tuoteperhekohtaiseen oletettuun toimitusaikaan. Tämän jälkeen tilauspisteet on sitten päivitetty toiminnanohjausjärjestelmään. Toiminnanohjausjärjestelmä ehdottaa sitten uusia ajoja nimikkeille, joiden tilauspiste on alittunut.

Tuotteiden palveluasteeksi on määritelty 95-99% riippuen tuotteen menekistä. Viimeiseen luokkaan kuuluu 80% tuotteista ja ensimmäiseen vain 2% pois lukien tilaustavastaan tehtävät tuotteet. Tilauspisteiden tarkasteluajanjaksona on käytetty edellistä kahtatoista kuukautta ja tarkastelu on tehty noin kerran vuodessa, ja jos muutos on ollut pientä, ei ohjausdataa ole korjattu. Lisäksi luokitteluun ei ole koskettu useaan vuoteen.

Käytetyt tuotantoeräkoot ovat vakiomääräisiä ja perustuvat historialliseen menekkiin ja toimitusaikaan. Eräkojoja on tarkistettu satunnaisesti, kun on huomattu niiden olevan joko riittämättömiä (menekki tai toimitusaika on kasvanut) tai jäävän seisomaan varastoon ja hävitysuhan alle. MTO-tuotteille ja erikoiserille eräkokona on käytetty ennalta määritettyä minimieräkkoa tai tilattua erää, jos se ylittää minimieräkoon.

Pääsääntöisesti tämä on toiminut hyvin, mutta toisinaan syntyy tilanteita, että joku tuotantolinjoista ruuhkautuu eivätkä eräkoot riitä menekkiin nähden pidentyneiden

toimitusaikojen takia, tai tuotantoerä on jäänyt syystä tai toisesta vajaaksi ja näin johtanut puutetilanteeseen varastolla valmistuneen määrän ollessa liian pieni kattamaan tarve. Päinvastaisessa tilanteessa tilauskannan lyhentyessä varasto on sen sijaan alkanut kasvaa yli kiintiöiden, kun tuotteita on valmistettu etupainotteisesti, eli valmistettu jo ennen kuin niiden tilauspiste on ylittynyt, tai toimitusajan lyhenemisen takia ne ovat valmistuneet ennen turhan aikaisin tarpeisiin nähden. Lisäksi osaa tuotteista valmistetaan mahdollisuuksien mukaan peräkkäin tuottavuuden parantamiseksi ja isojen ajonvaihtojen minimoimiseksi, ja aina näiden tuotteiden valmistusajankohdat eivät osu yksiin, jolloin on tehtävä päätös joko toisen tuotteen etupainotteisesta ajosta ja toisen myöhästyttämisestä.

2.4 Varastointi ja tuotteiden käyttöikä

Valmiit tuotteet siis varastoidaan keskusvarastossa, jossa ne keräillään asiakastilauksen mukaisesti ja lähetetään asiakkaalle. Tuotteita on siis tarve varastoida, jotta taataan niiden saatavuus asiakkaille. Koska nimikkeitä on satoja, ja asiakkaat tilaavat lähes aina useita eri nimikkeitä kerralla ja kaikkia eri määriä, ei tuotteita ole mahdollista valmistaa tilausta vastaan kuin poikkeustapauksissa. Osa toimituksista on pieniä, vain muutamia laatikoita ja isoimmat ovat täysiiä merikontteja, joihin mahtuu useita lavallisia tuotteita.

Vaikka tuotteet ovat varastotuotteita, vahvistetaan niillekin usein toimitus vasta 4-6 viikon päähän riippuen asiakastoiveesta, ja menehän keräilyynkin ja kuljetuksen järjestämiseen aikaa ja varsinkin konttien saatavuus tulee huomioida. Välillä on myös niin, ettei kaikkia tuotteita vaan ole saatavilla joko ollenkaan tai riittävästi. Tällöin tilaus toimitetaan osatoimituksina tai puuttuvat lisätään seuraavalle tilaukselle riippuen tilauksen kiireellisyydestä.

Varastotasoa seurataan viikoittain varaston kapasiteetin varmistamiseksi, samoin seurataan myös puutteita nimikkeissä ja niiden saatavuutta, jotta toimitusvarmuus saataisiin pidettyä halutulla tasolla. Myös vanhenevaa varastoa seurataan viikoittain, jossa tarkastellaan yli kuusi kuukautta varastoitujen tuotteiden varastotasoa ja arvoa. Lisäksi tuotteiden varastointia seurataan kuukausittain ABC-matriisilla, joka huomioi suhteellisen menekin ja varaston riiton. Riiton ylittäessä kuusi kuukautta, päättyy tuote punaiselle selvitetävien listalle.

Vaikka nimike päätyisikin listalle yli kuusi kuukautta vanhana, se ei käyttöiän puolesta ole useinkaan ongelma, sillä sterilointipakkauksien käyttöikä vaihtelee kolmesta vuodesta kymmeneen vuoteen. Suurimmalla osalla nimikkeistä käyttöikä on viisi vuotta. Asiakkaista osa vaatii, että käyttöikä tulee olla vähintään puolet jäljellä heidän saadessaan toimitukset, jotta he pystyvät toimittamaan omille asiakkailleen käyttökelpoisia tuotteita, eli tällöinkin ne voivat olla reilusti yli vuoden vanhoja. Vaikka käyttöiän puitteissa tuotteita voitaisiin valmistaa varastoon suuriakin eriä, tulee varastotilojen kapasiteetti vastaan.

2.5 Työn rajaukset

Aloituspalaverissa alkutilanteen perusteella tarkennettiin työn tavoitteita ja lisättiin joitakin rajoitteita, jotta työ tuottaisi mahdollisimman käyttökelpoisia ratkaisuja. Yksi näistä on hyvinkin tärkeä, eli varaston kapasiteetti. Ehdotetulla ratkaisulla pitää pystyä toimimaan nykyisellä varaston kapasiteetilla ja tavoitetasoksi määritettiin 15% maksimikapasiteettia pienempi taso, jotta se sallisi myös tilapäisiä ylityksiä.

Lisäksi haluttiin luokitella tuotteet ja sopia erilaisista pelisäännöistä eri luokkien kesken, sillä on selvää, ettei kaikkia nimikkeitä voida ohjata samalla prioriteetilla. Sen sijaan, että luokiteltaisiin tuotteet myyntivolyymin perusteella, kuten usein ABC-analyysissä tehdään, päätettiin tutkia myös muita vaihtoehtoja ja tehdä vertailu perinteiseen vuosittaiseen myyntiin perustuvan ABC-analyysin ja vaihtoehtoisten mallien välillä ja valita sopiva, mutta helposti toteutettava malli.

Koska nykyiset eräkoot ovat kiinteät, ja muutokset niihin pitää aina erikseen päivittää toiminnanohjausjärjestelmään, toivottiin kiinteiden eräkokojen käyttöä myös jatkossa. Samoin toivomuksena oli pysyä tilauspistejärjestelmässä, koska siihenkin on totuttu ja se on toiminut pääsääntöisesti hyvin.

Toimitusajat on nyt määritetty tuoteryhmäkohtaisesti, mutta käytännössä on huomattu, että toiset tuotantolinjat ovat isommassa kuormassa kuin toiset, vaikka niillä valmistettaisiin saman tuoteryhmän tuotteita. Linjojen kuormaa on myös jouduttu toisinaan purkamaan vuorojärjestelyillä tai ylitöillä, jotta tuotteet on pystytty toimittamaan ajallaan. Joten päätettiin tutkia linjakohtaiset toimitusajat ja siirtyä linjakohtaiseen toimitusaikaan.

Lisäksi haluttiin luoda ohjeistusta poikkeustilanteisiin eli pelisäännöt. Nämä koskisivat sitä, milloin tuote muuttuu vakiovarastotuotteesta tilaustuotteeksi ja päinvastoin, miten ohjataan uutta tuotetta, kun historiadataa ei ole saatavilla, ja milloin vanhaa varastoa voidaan hävittää. Haluttiin myös selventää, missä järjestyksessä tuotteita valmistetaan varastoon ja miten toimitaan puutetilanteen yllättäessä sekä mitä voidaan antaa toimituslupaukseksi asiakkaalle silloin, kun tuotetta ei ole yksinkertaisesti saatavilla.

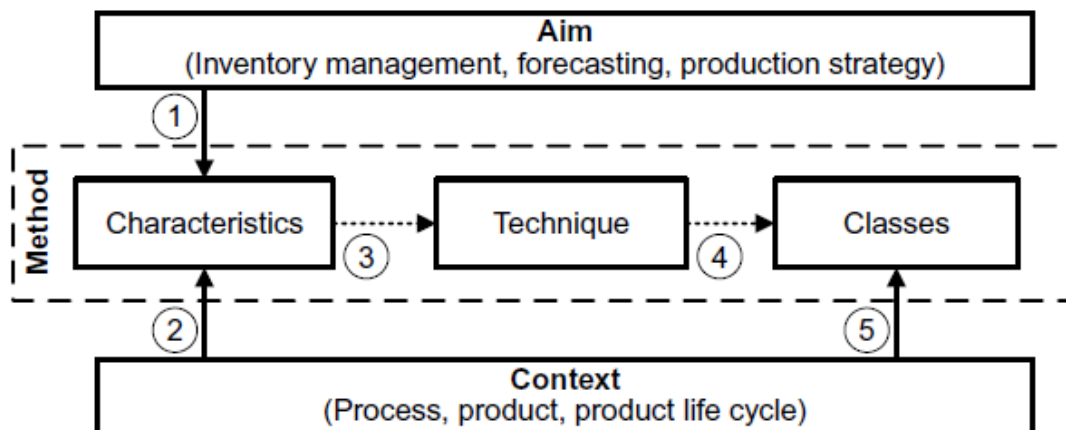
3 LUOKITTELU

Luokittelun tarkoituksena on ryhmitellä tuotteet luokkiin jonkin kriteerin tai kriteerien avulla, sillä toisinaan tuotteita on niin paljon, ettei ole järkevää määritellä jokaiselle yksittäiselle tuotteelle ohjaus- ja hallintaperiaatteita erikseen, vaan on mielekkäämpää tehdä se luokittain.

Luokittelua käsitellään tässä Kampen, et al. (2012) kehittämän viitekehyksen avulla. Viitekehys on esitetty kuvassa 2. Se lähtee siitä, että ensimmäisenä tunnistetaan luokittelun tarkoitus eli mihin luokittelua on tarkoitus käyttää. Näitä ovat varastohallinta, ennustaminen ja tuotantostrategia, joista selkeästi yleisin on varastohallinta. Tässä työssä puhutaan luokittelusta nimenomaan varastohallinnan keinoja.

Luokittelua käytetään laajasti eri teollisuuden aloilla niin yksinkertaisista varaosista korkean teknologian tuotteisiin, kuin kemian alasta terveydenhuollon alaan (Bhattacharya, et al., 2007; Celebi, et al., 2008; Devarajan & Jayamohan, 2016; Bialas, et al., 2020). Luokitteluun vaikuttavat ne teollisuuden ominaispiirteet, johon luokitusta ollaan tekemässä. (Kampen, et al., 2012)

Ei ole myöskään määritetty kuinka monelle nimikkeelle luokittelu voidaan tehdä. Luokittelua voidaan käyttää muutamista kymmenistä nimikkeistä (Reid, 1987) aina useiden tuhansien, jopa kymmenien tuhansien, nimikkeiden hallintaan (Roda, et al., 2014).



Kuva 2 SKU luokittelun viitekehys (Kampen et al., 2012)

Nimikkeiden ominaisuudet voidaan luokitella neljään pääkategoriaan: volyyymi, tuote, asiakas ja ajoitus (Kampen, et al., 2012). Näiden alle voidaan määritellä useita muita ominaisuuksia, kuten usein ABC-analyyseissä kriteerinä käytetty kokonaismyynti on yksikköhinnan (tuoteominaisuus) ja volyymin yhdistelmä. Näitä kriteereinä käytettäviä ominaisuuksia käsitellään seuraavassa osiossa luokittelukriteerit.

Sitten täytyy päättää luokittelutekniikasta. Tekniikoita on useita, joista muutamia vaihtoehtoisia käydään läpi seuraavissa kappaleissa. Osa näistä tekniikoista soveltuu vain yhdelle tai kahdelle kriteerille, mutta myös usean kriteerin tekniikoita on käytettävissä.

Viimeisenä valitaan luokkien määrä. Osassa tekniikoista on käytetty kolmea luokkaa, mutta mikään ei sinänsä estä luokittelemasta nimikkeitä useampaan luokkaan, mutta valinta pitää tehdä perustuen dataan ja tarpeeseen, mikä palvelee parhaiten luokittelun tavoitetta.

3.1 Luokittelukriteerit

Jotta tuotteet voidaan luokitella eri luokkiin, täytyy määritellä kriteeri(t), jonka(joiden) mukaan luokittelu voidaan tehdä. Kriteereiden valinnassa tulee huomioida luokittelun tavoitteet, jotta valitaan oikeat ja tavoitettava tukevat kriteerit. Kriteereihin vaikuttaa myös teollisuus, johon luokittelua sovelletaan (Kampen, et al., 2012).

Kirjallisuudesta löytyy useita esimerkkejä erilaisista kriteereistä. Perinteisin ja myös yleisin kriteeri on **myyntiarvo** (Kampen, et al., 2012), joka siis koostuu kahdesta ominaisuudesta: **yksikköhinnasta** ja **myyntivolyymista**. Myyntivolyymin avulla saadaan selville menekkituotteet, jotka nekin voidaan määritellä joko kappaleissa, kiloissa ja joissain muussa soveltuvassa yksikössä, ja yksikköhinnalla taas on merkitystä varastonarvoon, jos varmuusvarasto hintavilla tuotteilla on suuri. Myyntiarvoa käytetään usein perinteisessä ABC-analyysissä.

Flores ja Whybark (1986) käsittelevät myyntiarvon lisäksi kriteereitä, kuten toimitusaika, kriittisyys, tavanomaisuus, korvattavuus ja korjattavuus. Myös Chen, et al. (2008) käyttää myyntiarvon lisäksi toimitusaikaa luokittelussa. **Toimitusajalla** ja sen vaihtelulla on merkitystä varmuusvaraston kokoon, sillä mitä enemmän toimitusaika vaihtelee, sitä enemmän kasvaa riski riittääkö varmuusvarasto. Tämä voi olla tärkeä kriteeri varsinkin kriisitilanteessa, jossa esimerkiksi tuotanto uhkaa pysähtyä puuttuvan osan takia pitkäksikin aikaa, eikä osa ole korvattavissa tai korjattavissa.

Korvattavuus antaa joustoa kyseessä olevien tuotteiden osalta, jolloin niiden tärkeyttä, joilla samaa korvattavuutta ei ole, voidaan nostaa. Varsinkin kunnossapidolle korvattavuus on tärkeää (Flores & Whybark, 1986). Tähän liittyy läheisesti myös **korjattavuus**, sillä korjattavissa oleva tuote ei ole niin kriittinen, kuin tuote, jota ei voida korjata.

Kriittisyys on mainittu useassa lähteessä yhtenä mahdollisena kriteerinä (Gelders & Van Looy, 1978; Flores & Whybark, 1986; Chen, et al., 2008; Molenaers, et al., 2012). Epäselvää kuitenkin on, miten kriittisyys on määritelty. Riippuen tuotteesta tällä voidaan käsittää ne tuotteet, joihin ei liity edellä mainittuja korjattavuutta tai korvattavuutta, ja joita tarvitaan esimerkiksi käynninvarmistamiseen. Se voidaan liittää myös puutekustannuksiin, jos tuotteen puutostilanne aiheuttaa suuria kustannuksia (Flores & Whybark, 1986) myynnin menetyksenä, sakkoina (Ng, 2007) jopa asiakkaan menetyksenä, terveydenhuoltosektorilla jopa potilaan hengen vaarantumisella. Huiskonen (2001) jaottelee kriittisyyden prosessikriittisyyteen, jossa kriittisyys perustuu siihen, miten nopeasti tuote tarvitaan, jotta prosessi ei häiriinny kriittisesti, ja hallintakriittisyyteen, kuten toimittajamääriin ja toimitusaikoihin liittyvät tekijät, joilla

voidaan hallita tilannetta. Lisäksi kriittisyys voidaan määrittää myös asiakaskriittisyydeksi, eli myydäänkö tuotetta tärkeällä asiakkuudelle (Huiskonen, et al., 2005).

Kriittisyyteen on läheisesti sidoksissa myös **tavanomaisuus**, joka voi olla tärkeä tekijä (Flores & Whybark, 1986), jos samaa tuotetta käytetään useassa eri käyttötarkoituksessa, jolloin sen puutos voi aiheuttaa katkoksia useammassa prosessissa. Tavanomaisuudessa on myös puolensa, sillä jos käyttökohteita on useita, riski tulla käyttökelvottomaksi tai vanheta varastoon on pienempi. Tavanomaisten tuotteiden saatavuus on myös yleensä parempi kuin erikoisten.

Muita luokittelukriteereitä ovat muun muassa **saatavuus**, jota tarkastellaan välillä itsenäisenä kriteerinä luokittelussa, toisinaan kriittisyyteen liittyvänä tekijänä (Molenaers, et al., 2012). Se on myös merkittävä tekijä silloin, kun kilpailu on kovaa. Useimmiten kaupan tekee se, jolla tuotetta on varastossa, ja lisäksi jos on kyseessä käyttäjälleen kriittinen tuote, ei yksikköhinnalla välttämättä ole enää niin suurta merkitystä. Varaosateollisuudessa kriittisyyttä käytetään usein luokittelussa, ja kriittisiksi tuotteiksi luokitellaan usein ne, joiden saatavuus on taattava. Lisäksi harvoin huomioidaan nimikkeen menekin riippuvuutta toisesta tuotteesta (cross-selling), joka on nähty tärkeäksi esimerkiksi uusien laitteiden tapauksissa, jossa uusien tuotteiden varaosien saatavuus on kriittisempää kuin vanhojen laitteiden. Vahva cross-selling on lisäksi yksi syistä, joiden perusteella tuotteita on jälkikäteen nostettu luokasta toiseen (Huiskonen, et al., 2005; Xiao, et al., 2011).

Kriteerit voivat liittyä myös tilauksiin, kuten **tilaustenhajonta, tilaustiheys ja tilausmäärät tai -kerrat** (Huiskonen, et al., 2005; Ng, 2007). Tilaustenhajonnalla voidaan tuotteet määrittellä tasaisen menekin tuotteista niihin, joiden menekin ennustaminen on vaikeaa. Tilausmäärillä voidaan hahmottaa mitä tuotteita tilataan kerralla eniten. Tällä on merkitystä eräkoon ja varmuusvaraston määrittämisessä. Tilauskerroilla nähdään mitkä tuotteet ovat eniten tilattuja, eli joissa kysyntään tarvitsee vastata useammin. Tilaustiheyteen liittyy taas aikamääre, eli kuinka usein tilataan, ja sitä on käytetty enimmäkseen ennustamiseen liittyvissä luokituskriteereissä (Kampen, et al., 2012). (Scholz-Reiter, et al., 2012)

Käsittely- ja varastointivaatimukset voivat olla yksi kriteeri, jos osalla tuotteista on poikkeavat käsittely- ja/tai varastointivaatimukset (Reese & Geisel, 1997; Kampen, et al.,

2012), ja niiden varastointitilat on rajoittava tekijä tai tuotteiden käsittely luvanvaraista, kuten osalla kemikaaleista. Varastointiin liittyvä kriteeri on myös **vanheneminen** eli tuotteiden käyttöikä. Elintarvikkeet (tuore) vanhenevat osa hyvinkin nopeasti, eikä niitä voida siten valmistaa varastoon menekkiä enempää, tai tuotteen design tai teknologia voi vanhentua nopeastikin, jolloin voi olla riski, ettei kukaan enää halua ostaa vanhempaa versiota, jos uusinta uutta on saatavilla. Näissä riskitekijänä on syntyvä hävikki ja epäkelpo varasto, joka tuottaa vain varastointikustannuksia, jos tuotetta hävitetä tai kierrätetä ajoissa.

Yhtenä kriteerinä voi toimia myös tuotteen **spesifiys**. Standardituotteiden lisäksi voi olla niin sanottuja asiakasspesifisiä tuotteita, joita toimittaja ei välttämättä ole halukas säilömään varastossa niiden hinnan ja heikon menekin takia, ja tällöin varastointivastuu siirtyy usein asiakkaalle, tuotteen käyttäjälle. (Huiskonen, 2001)

Kriteerit voivat riippua monesta tekijästä, joista osa liittyy tuotteeseen, osa volyyymiin, asiakkaaseen tai ajoitukseen. Näihin neljään kategoriaan Kampen, et al (2012) päätyy kirjallisuuskatsauksessaan. Tuotespesifejä ovat tuotteen marginaali, suhde muihin tuotteisiin, käsittely- ja varastointivaatimukset, korvattavuus ja tuotteen elinkaari. Volyymien alle kuuluvat ominaisuudet, kuten myyntivolyymi, tilauskoko ja sen vaihtelu. Asiakkaaseen liittyviä ovat muun muassa asiakasmäärät ja asiakkaan tärkeys, ja ajoitukseen liittyviä tilaustiheys, kausiluontoisuus ja trendit.

Kriteereitä on niin määrällisiä, tilastoihin eli selkeään dataan perustuvia, kuten myyntivolyymit ja yksikköhinta, kuin laadullisia, asiantuntijoiden mielipiteeseen ja arvostukseen liittyviä, kuten kriittisyys ja korvattavuus. Näiden merkitys korostuu valitun luokittelumenetelmän mukaan, joista osa soveltuu kvantitatiivisille ja osa kvalitatiivisille menetelmille, ja joissakin voidaan soveltaa molempia.

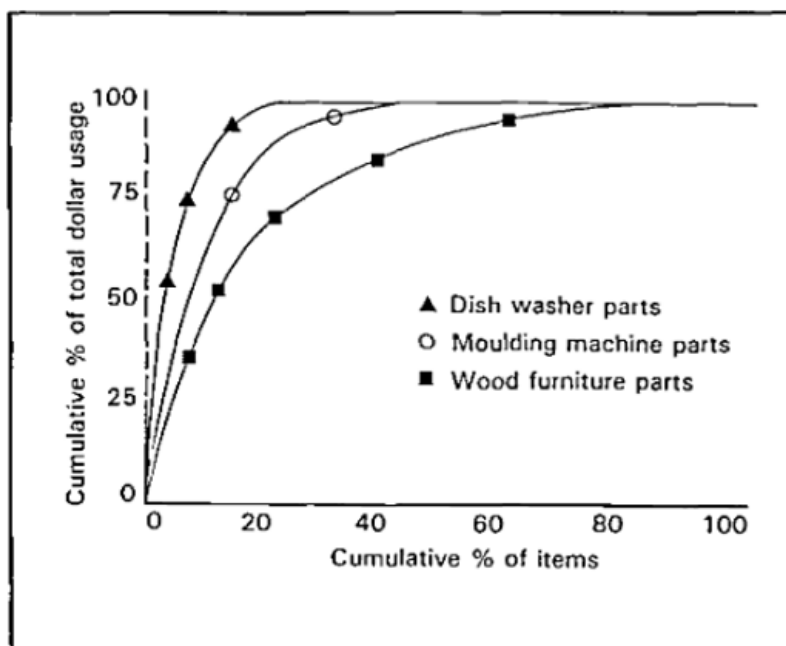
3.2 Luokittelumenetelmät

Luokittelumenetelmän valinta riippuu luokittelun käyttötarkoituksesta mitä luokittelulla halutaan saavuttaa, ja oikeassa muodossa ja saatavilla olevasta tiedosta ja kriteerien määrästä. Osa tekniikoista on monimutkaisia ja vaatii tietoteknisiä ratkaisuja, runsasta tiedonkäsittelyä ja

aikaa, jota kaikissa organisaatioissa ei ole saatavilla, mutta joukossa on myös yksinkertaisia menetelmiä.

3.2.1 Yhden kriteerin menetelmiä

Perinteinen ABC-analyysi luokittelee nimikkeet nimensä mukaisesti kolmeen luokkaan: A, B ja C. Luokittelu tehdään yhden kriteerin, yleensä kokonaisymyynnin, mukaan. Myös muita kriteereitä voidaan käyttää, kuten myyntivolyymiä, riippuen siitä mikä katsotaan parhaimmaksi. ABC-analyysissä nimikkeet laitetaan laskevaan järjestykseen kriteerin arvon, kuten kokonaisymyynnin, mukaisesti, ja jaetaan kolmeen ryhmään: kärkipään nimikkeet luokkaan A ja alimmat luokkaan C. Jaottelussa hyödynnetään usein Pareton lakia, jonka mukaan pieni osuus nimikkeistä (20%) tuo suurimman osan myynnistä (80%), jolloin puhutaan 20/80 säännöstä. Kaikille teollisuuden aloille tämä suhdeluku ei päde, kuten Kuva 3 Esimerkkejä eri teollisuuden alojen myyntivolyymikäyristä kuvasta 3 käy ilmi, mutta yleisesti se on toiminut varsin hyvin käytännössä (Flores & Whybark, 1988).



Kuva 3 Esimerkkejä eri teollisuuden alojen myyntivolyymikäyristä (Flores & Whybark, 1988)

Luokkarajoina, kuten yllä on jo mainittu, on usein käytetty Pareton lakiin perustuvaa 20/80 sääntöä, mutta esimerkiksi Hoppe (2006, p. 55) luokittelee nimikkeet Lorenzin käyrän mukaan, jossa A-luokkaan kuuluu noin 10% nimikkeistä vastaten noin 70% arvosta. Yleisesti ottaen A-

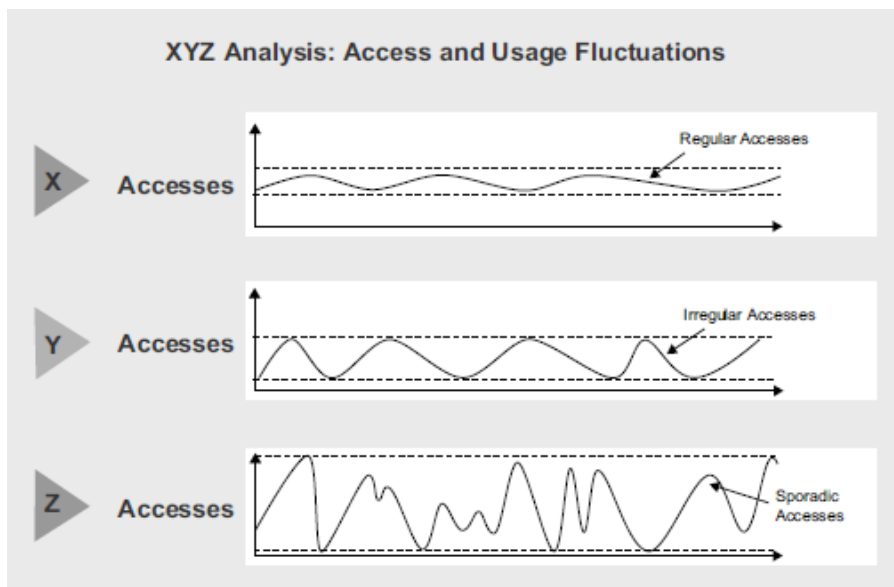
luokka vastaa 70-80% myynnistä ja siihen kuuluu 10-20% nimikkeistä. Seuraavat 20-30% nimikkeistä kuuluu B-luokkaan ja nämä vastaavat myynniltään seuraavia 15-25%. C-nimikkeisiin kuuluu loput 50-70% tuotteista vastaten loppua 5-15% myynnistä. Luokkien rajojen määrittelyyn ei ole mitään tarkkaa ohjetta, eikä ne ole kiveen hakattuja. Toiseksi, jos luokkarajat määritellään kiinteästi ennalta sovittujen rajojen mukaan, voi luokan alimman nimikkeen ja seuraavan luokan ylimmän nimikkeen myyntiarvo olla lähes tulkoon sama, jolloin rajat ovat hyvin keinotekoisia eivätkä merkittäviä rajan vetämiseksi. Idea kuitenkin on, että A-luokassa nimikkeiden määrän on tarkoitus jäädä pieneksi, kun taas C-luokkaan kuuluu suurin osa nimikkeistä.

ABC-analyysin ehdottomia etuja ovat sen helppokäyttöisyys ja siihen tarvittava tieto on yleensä helposti saatavissa ja esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmistä SAP tukee sen käyttöä (Hoppe, 2006, p. 54). Haittana on menetelmän painotus yhteen kriteeriin, ja myyntiarvon ollessa kyseessä, on riskinä kalliiden korkealle sijoittuneiden nimikkeiden korostuminen, jotka eivät ole tärkeitä yritykselle tai sen palvelukyvyille (Flores, et al., 1992). Toisaalta menetelmä saattaa pudottaa tärkeitä nimikkeet luokkaan C niiden pienen volyymin takia, kuten tärkeiden asiakkuuksien palvelutuotteet, sekä ne, joilla on vahva yhteys A-luokan nimikkeisiin (Huiskonen, et al., 2005). ABC-analyysi on myös hyvin summittainen menetelmä, ja jossain tapauksissa voi olla järkevää luokitella tuotteet useampaan kuin kolmeen luokkaan (Flores & Whybark, 1986; Teunter, et al., 2010). Menetelmä ei siis huomioi nimikkeiden välisiä yhteyksiä eikä niiden kriittisyyttä, joten varsinaisen luokittelun jälkeen voi olla tarpeen muuttaa luokittelua manuaalisesti. Tämä ei yksin päde ainoastaan perinteiseen ABC-analyysiin, vaan riippuen kriteereistä ja tarpeista, myös muihin menetelmiin.

Ideana ABC-analyysissä on se, että A-luokan nimikkeisiin kohdistettaisiin enemmän huomiota kuin luokkiin B tai C ja niiden palveluaste olisi muita korkeampi ja niitä myös ohjattaisiin mahdollisesti eri tavalla. Näin A-luokkaan keskittymällä saataisiin suurimmat säästöt. Tosin tästä on kiistelty myös laajasti, että säästöt syntyisivätkin siitä, miten C-luokkaa hallitaan (Teunter, et al., 2010; Kampen, et al., 2012). Siinä, missä Hoppe (2006, pp. 57-58) suosittelee jopa C-nimikkeiden ulkoistamista, tai vähintäänkin automaattista käsittelyä, jotta manuaalista työtä ei tarvitse näihin uhrata, Huiskonen, *et al.* (2005) suosittelee C-luokan läpikäyntiä, jotta niiden seasta löydetään tärkeiden asiakkaiden nimikkeet sekä nimikkeet, joilla on yhteys A-

luokan nimikkeisiin, jotta niitä voidaan ohjata oikein. Ja nimikkeille, joilla kumpaakaan yhteyttä ei ole suositellaan alhaista palveluastetta tai valikoimasta poistamista. Väliin jäävän B-luokan nimikkeiden ohjaamiseen suositellaan useimmiten myös automaattista käsittelemistä ja jaksottaista tarkastelua (Ross, 2015, p. 338).

Toinen suosittu tekniikka on menekin vaihteluun perustuvat XYZ-tekniikka (Kampen, et al., 2012). Sitä voidaan käyttää itsenäisenä luokittelukeinona, mutta myös yhdessä ABC-analyysin kanssa, jolloin saadaan ABC-XYZ-matriisi (Reese & Geisel, 1997; Hoppe, 2006, p. 54). XYZ-tekniikassa nimikkeet jaetaan kolmeen luokkaan suhteellisen keskihajonnan perusteella, eli keskihajonnan suhteella keskimääräiseen kulutukseen. X-luokkaan kuuluvat tasaisen kulutuksen nimikkeet, jossa vaihtelua vuositasolla on vähän ja joiden ennustettavuus on hyvä. Y-nimikkeiden kulutus ei ole tasaista eikä satunnaista, mutta niiden osalta voidaan havaita kausiluontoisuutta tai trendejä, mutta ennustaminen on jo vaikeampaa. Z-luokan nimikkeiden kulutus on epäsäännöllistä ja niissä voidaan havaita suurta vaihtelua, eikä niitä välttämättä kulu jollakin aikavälillä lainkaan. Niiden ennustaminen on myös hyvin haastavaa. Nämä erilaiset vaihtelut on havainnollistettu kuvassa 2. (Hoppe, 2006, p. 60)



Kuva 4 Nimikkeiden kysynnänvaihtelu (Hoppe, 2006, p. 61)

Myöskään XYZ-luokitteluun ei ole yhtä ainoaa raja-arvoa suhteelliselle keskihajonnalle. Muutamia erimerkkejä kirjallisuudessa mainituista vaihtoehdoista on kerätty taulukkoon 1.

Taulukko 1 XYZ-rajaa-arvo suhteelliselle hajonnalle

Luokka	Hoppe (2006, p. 60)	Scholz-Reiter, et al. (2012)	Reiter & Trcka (2004)
X	< 0,1	< 0,5	< 2/3 (~ 0,67)
Y	0,1 – 0,25	0,5 – 1,0	medium
Z	> 0,25	> 1,0	high

SAP-järjestelmä tukee myös XYZ-mallia (Hoppe, 2006, p. 62). XYZ mallia käytetään usein ennustamisen puolella. Suhteellinen keskijajonta voidaan laskea esimerkiksi viikoittaiselle tai kuukausittaiselle kysynnälle. Kulutuksen ennustamisen lisäksi menetelmää on käytetty myös varastonhallinnassa kuin tuotantostrategian puolella (Kampen, et al., 2012). Varastonhallinnassa mallia voidaan hyödyntää esimerkiksi varmuusvarastojen laskennassa, sillä tasaisemman vaihtelun nimikkeillä menekin ennustaminen on helpompaa, jolloin näille voidaan laskea suhteellisesti pienempi varmuusvarasto.

Kolmas melko tunnettu menetelmä on FNS/FSN-analyysi, joka luokittelee nimikkeet liikkuvuuden mukaan: nopeasti, normaalisti ja hitaasti liikkuvat (Fast, Normal, Slow), tai vaihtoehtoisesti nopeasti, hitaasti ja ei-liikkuvat (Fast, Slow, Non-moving), josta tekniikka on saanut nimensä (Kampen, et al., 2012). Luokittelu perustuu nimikkeiden kiertonopeuteen, eli vuotuisen kulutukseen suhteessa varaston keskiarvoon. Devarajan & Jayamohan (2016) käyttävät luokittelussa nopeasti kiertäville kiertonopeutta kolmesta ylöspäin ja hitaasti kiertäville alle yhden kiertonopeutta.

FSN/FNS-analyysiä käytetään usein erityisesti tukemaan päätöstä tuotteiden hävittämisestä ja säilyttämisestä, eli hitaasti liikkuvien ja ei-liikkuvien nimikkeisen merkitys korostuu. Analyysiä voidaan hyödyntää varaston järjestelyssä, sillä sen avulla nopeasti liikkuvat nimikkeet voidaan hyllyttää helposti saataville ja huonommin liikkuvat sivummalle. (Devarajan & Jayamohan, 2016)

VED-analyysi on yhden kriteerin laadullinen menetelmä. Siinä nimikkeet on luokiteltu kriittisyyden mukaan: elintärkeät (vital), oleelliset (essential) ja toivottavat (desirable). Menetelmä perustuu asiantuntijoiden tietämykseen nimikkeiden kriittisyydestä. Tässä dataa ei

useinkaan saada suoraan tietojärjestelmistä vaan sitä varten tarvitsee koota asiantuntijoista koostuva ryhmä luokittelemaan nimikkeet (Gupta, et al., 2007). Tämän ongelmana on, kuinka hyvin nimikkeiden arvioinnissa onnistutaan, sillä arviointi perustuu kuitenkin usein kunkin asiantuntijan mielipiteeseen, ja uudelleen arvioinnissa henkilöt voivat eivät välttämättä ole enää samat, joten myös sen toistettavuus on haastavaa.

Elintärkeiksi luokitellaan ne nimikkeet, joita ilman toimintakyky häiriintyy ja joiden puuttekustannukset aiheuttavat suurta vahinkoa, kuten esimerkiksi osa sairaaloiden lääkkeistä ja välineistä. Oleellisiksi voidaan luokitella nimikkeet, joiden puutteet jo lyhyellä aika välillä aiheuttavat isoja ongelmia, mutta eivät vielä pysäytä toimintoja välittömästi. Viimeiseen kategoriaan luokitellaan nimikkeet, joiden puutteet vasta pitkällä aikavälillä alkavat aiheuttaa ongelmia tai eivät välttämättä aiheuta ongelmia lainkaan. (Gupta, et al., 2007)

Yhden kriteerin luokittelut ovat yleensä helppoja toteuttaa, mutta ne eivät välttämättä palvele parhaalla mahdollisella tavalla, sillä ne eivät ota huomioon muita, mahdollisesti jopa kriittisiä, tekijöitä. Tämän takia esim. ABC-analyysin jälkeen nimikkeiden ryhmiä kuitenkin usein muutetaan (Xiao, et al., 2011) ja syitä siihen voi olla nimikkeiden eri toimitusajat, saatavuus, vanheneminen, varaston täyttöaste/tukkeutuminen tai tuotteiden sidonnaisuus toisiinsa. Näiden painoarvo voi olla rahamäärää suurempi.

3.2.2 Kahden kriteerin menetelmät

Monissa tapauksissa yhden kriteerin perusteella tehtävä luokittelu ei ole riittävä, sillä se ei huomioi muita tekijöitä, joilla voi olla suurempi merkitys luokittelun kannalta. Esimerkiksi varaosapuolella tuotteen kriittisyys toimintojen ylläpitämiseksi voi nousta huomattavasti tärkeämmäksi seikaksi kuin tuotteiden vuosivolyymi. Lisäksi osa varaosista voi olla niin hintavia, ettei niihin varastoinniseksi kannata sitoa pääomaa, varsinkin jos ne eivät ole kriittisiä ja menekki on hyvin pientä ja epäsäännöllistä. (Celebi, et al., 2008)

Floresin ja Whybarkin (1986) kehittämä yhdistelmämatrissi lienee tunnetuin kahden kriteerin menetelmä. Siinä yhtenä kriteerinä on vuosimyynti ja toisena kriittisyys, toimitusaika tai joku muu riippuen teollisuuden alasta. Molemmat kriteerit jaetaan kolmeen luokkaan A:sta C:hen kuten ABC-analyysissä ja muodostetaan näiden yhdistelmämatrissi, josta syntyy yhdeksän

luokkaa (AA, AB, ..., CB, CC) taulukon 2 mukaisesti, jossa toisella akselilla on vuosimyynti ja toisella toinen kriteeri.

Taulukko 2 Yhdistelmämatrisi

AA	AB	AC
BA	BB	BC
CA	CB	CC

Käytännössä on kuitenkin totuttu luokittelemaan tuotteet kolmeen luokkaan, niin nämä yhdeksän luokkaa on luokiteltava uudelleen kolmeen yhdistämällä luokat. AA, BB ja CC ovat luonnollisesti A, B ja C, mutta miten luokitella sivuluokat. Käytännössä asiantuntijat määrittelevät uudelleen luokituksen sivuluokille, sillä tähän vaikuttaa niin valitut kriteerit kuin luokituksen tavoitteet. Esimerkiksi yhdistelmäkriteerissä, jossa vuosimyynnin lisäksi toiseksi kriteeriksi on valittu kriittisyys, niin luonnollisesti kaikki kriittiseksi luokitellut tulee nostaa luokkaan A. Toisessa yhdistelmämatrisissa, jossa toisena kriteerinä on toimitusaika, niin A-luokkaan päätyy yleensä korkean myynnin nimikkeet, joilla on pitkä toimitusaika, sillä pitkä toimitusaika nostaa puuteriskiä, jos kysyntä muuttuu. (Flores & Whybark, 1986)

Toinen kahden kriteerin menetelmä on ABC-VED analyysi, joka on niin ikään kahden yksittäisen kriteerin yhdistelmämatrisi. Menetelmää on käyttänyt niin Gupta, *et al.*, (2007) kuin Kumar & Chakravary (2015) lääkevaraston luokitteluun sairaalassa. Nimikkeiden tärkeyden arvioinnissa hyödynnetään klinisiä asiantuntijoita, jossa enemmistön tulee olla samaa mieltä tärkeysluokasta. Ensimmäiseen luokkaan valittiin kaikki A-luokat ja V-luokat, eli joita joko kuluu eniten tai ne ovat toiminnalle elintärkeitä (AV, AE, AD, BV ja CV). Molemmissa ainoastaan CD luokiteltiin kolmanteen luokkaan.

Ensimmäisen luokan ohjaukseen tarvitaan ylätasoa seuranta, sillä elintärkeiden tuotteiden saatavuuden suhteen ei ole varaa puutteisiin ja riittävään varmuusvarastoon tulee investoida, kun taas toisen luokan nimikkeiden seurantaan riittää keskiportaan seuranta. Kolmannen luokan nimikkeiden seurannan taso voi olla matala (Gupta, et al., 2007).

Kahden kriteerin luokitteluksi lasketaan myös edellä mainittujen ABC-analyysin and XYZ-analyysin yhdistelmä: ABC-XYZ matriisi. Siinä toisena kriteerinä myyntiarvo ja toisena nimikkeiden suhteellinen keskihajonta. Siinä syntyy myös yhdeksän luokkaa AX, BX, ..., BZ, CZ). Sen etuna on nimikkeiden samankaltaisuuden hyödyntäminen niiden käsittelyssä ja ohjauksessa. (Scholz-Reiter, et al., 2012)

Menetelmää on käytetty muun muassa elintarvikeyrityksen toimitusketjun kehittämisessä (Reiner & Trecka, 2004) ja kysynnän ennustamisessa (Scholz-Reiter, et al., 2012). Mutta ennustamisen saralla menetelmää yksinään ei nähty riittäväksi, sillä tulokset poikkesivat toisistaan, kun analyysi tehtiin erikseen kahdelle eri vuodelle, eli tieto voi muuttua. Joten uudelleen analysointi on tärkeää riittävän usein.

Sitten on vielä Devarajanin & Jayamohanin (2016) käyttämä yhdistetty FSN- ja XYZ-analyysi. Sen käyttötarkoituksena on löytää nimikkeet, jotka on tarkoitus hävittää turhina. Siinä nimikkeet luokitellaan ensin FSN-analyysin eli nimikkeiden kiertonopeuden perusteella. Sen jälkeen tehdään ei-liikkuville N-nimikkeille, eli alle yhden kiertonopeuden nimikkeille, luokittelu pohjautuen varaston sen hetkiseen arvoon. Tässä N-nimikkeet järjestetään laskevasti varastonarvon mukaan ja luokitellaan XYZ-luokkiin X-luokan vastatessa noin 70% kokonaisvarastosta. Näin saadaan luokka NX, joka hävitetään, eli varasto, joka ei liiku ja joka sitoo eniten pääomaa ja mahdollisesti tilaa, ja jota on todennäköisesti saattanut kerääntyä myös varastoon pidemmän aikaa. Esimerkkitapauksen 720 N-nimikkeestä hävitykseen päätyi 33 nimikettä.

Ylläolevat kahden kriteerin analyysit perustuvat kaikki kahden kriteerin matriisiin, jossa on mahdollisuus käyttää niin laadullisia kuin määrällisiä kriteereitä, edellyttäen että laadulliset voidaan luokitella eri kategorioihin. Tulokset riippuvat käytetyistä kriteereistä ja päätöksestä, mihin luokkiin kukin matriisin solu lopulta luokitellaan, eikä luokkia välttämättä tarvitse olla kolmea. Matriisimenetelmää voidaan teoriassa soveltaa jakamalla kriteeri useampaan luokkaan, jolloin syntyisi suurempi matriisi ja enemmän luokkia.

Teoriassa matriisimenetelmä soveltuisi myös kolmeen kriteerin, sillä aina kaksikaan kriteeriä ei riitä luokittelussa. Tällöin syntyisi kolmiulotteinen matriisi ja 27 luokkaa, mikäli jokainen kriteeri on jaettu kolmeen luokkaan. Mutta jo kolmella tai useammalla kriteerillä sellaisen hallinta tulee mahdottomaksi (Ng, 2007). Ja yleensä eri kriteerit eivät ole keskenään yhdenvertaisia, joten niitä ei voida käsitellä samalla tavalla. (Flores & Whybark, 1986)

3.2.3 Usean kriteerin analyysit – lyhyesti

Kirjallisuudesta löytyy useampia teoriakatsauksia, joissa on käsitelty monikriteerisiä analyysejä (Roda, et al., 2014; Teixeira, et al., 2017; Marichelvam, et al., 2017). Tässä jaksossa nostetaan muutamia näistä esille.

AHP (Analytic Hierarchy Process) on Saaty kehittänyt menetelmä tukemaan päätöksen tekoa, kun vaihtoehtoja on useita. Siinä määritellään ensin kaikki kriteerit, jotka voivat olla niin laadullisia kuin mitattavia. Kriteerit skaalataan numeerisiksi arvoiksi, jossa 1 on haluttu ominaisuus ja 0 huonoin mahdollinen vaihtoehto. Kriteerien tärkeys määritetään vertailemalla kriteereitä pareittain, jotta saadaan kunkin kriteerin painotukset selville hyödyntäen Saaty asteikkoa sen mukaan ovatko kriteerit samanarvoisia vai täysin eriarvoisia ja kumman eduksi. Kriteerit voidaan lisäksi jakaa alakategorioihin, jolle vertailu tehdään erikseen, ja suhteutetaan ne pääkriteerin painotukseen. Tämän jälkeen lasketaan painotukset hyödyntäen soveltuvaa ohjelmistoa, jonka jälkeen lasketaan kunkin nimikkeen pisteet. Eniten pisteitä saanut on paras valinta annetuilla kriteereillä. Kriteereiden määräksi on suositeltu maksimissaan seitsemää. Kun AHP:tä käytetään luokittelussa, tehdään luokittelu pistejärjestyksen perusteella. Menetelmästä on kehitetty myös jatkoversioita. (Flores, et al., 1992; Saaty, 2013; Balaji & Kumar, 2014; Roda, et al., 2014)

TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) on toinen usean kriteeriin perustuva rankkausmenetelmä, jonka kehittivät Hwang ja Yoon vuonna 1981. Se perustuu parhaaseen mahdolliseen vaihtoehtoon, joka on kaikkein lähinnä ideaalista, mutta myös kauimpana huonointa. Se huomioi myös negatiivisesti vaikuttavat kriteerit, mutta myös vastakkaiset kriteerit. Myös se, kuten AHP menetelmä, perustuu subjektiiviseen näkemykseen, mutta siinä luokkia voi olla enemmän kuin seitsemän. Bhattacharya et al. (2007) käytti menetelmää lääkeyhtiössä Intiassa hyödyntäen Saaty asteikkoa ja vertailua pareittain. Myös

TOPSIS:ta käytetään myös muissa käyttötarkoituksissa kuin ABC luokittelussa kuten päätöksen teossa eri vaihtoehtojen välillä.

Yksinkertainen painotettu lineaarinen optimointi on Ramanathan (2006) ehdottama menetelmä luokitteluun. Se perustuu DEA:an (data envelopment analysis). Esimerkissään hän käyttää neljää kriteeriä. Menetelmässä kriteerit konvertoidaan skalaariksi pisteiksi, ja jokaiselle nimikkeelle lasketaan painotettu summa. Jotta subjektiivisuuden vaikutuksia saadaan pienemmäksi, painotukset muodostetaan DEA-tyyppisellä lineaarisella optimoinnilla ja luokittelu tehdään saatujen pisteiden perusteella. Lineaarinen optimointi vaaditaan kuitenkin jokaiselle nimikkeelle, joten prosessointiaika voi olla pitkä, varsinkin jos nimikkeitä on tuhansia (Ng, 2007). Tätäkin mallia on yritetty viedä eteenpäin usean toimijan toimesta (Kampen, et al., 2012; Roda, et al., 2014).

Tapauskohtaisen etäisyysmallin (case-based distance model) esittelee Chen, *et al.* (2008), jossa hyödynnetään painotettuja euklidisia etäisyyksiä. Siinä tarkoituksena on laskea nimikkeen etäisyys ennalta määritettyyn vertailukohtaan, kuten lyhyimpään toimitusaikaan tai suurimpaan volyymiin, käyttämällä toisen asteen ohjelmointia. Tällöin lähimmäksi vertailukohtaa sijoittuvat nimikkeet luokitellaan luokkaan A, ja etäisyyden perusteella loput luokkiin B ja C.

Kaikki ylläolevat ovat lisäksi näkemykseen perustuvia menetelmiä. Statistiikkaan perustuvia monikriteerisiä menetelmiä ovat muun muassa päätöksentekopuu (decision tree), algoritmit, klusterianalyysit ja hermoverkot (neural networks) (Kampen, et al., 2012), joita ei käydy tässä sen tarkemmin.

3.3 Luokkamäärät

Luokkien määrästä ei ole varsinaista ohjeistusta, mikä on optimimäärä (Kampen, et al., 2012). Perinteisessä ABC-analyysissä tuotteet on luokiteltu kolmeen luokkaan, kuten myös XYZ, VED ja FSN -luokittelussa. Jos tuotteita on paljon ja kategoriointivaihtoehtoja on useita, voi olla järkevää luoda useampia luokkia tai näiden alaluokkia, mikäli luokittelumenetelmä sen mahdollistaa. Esimerkiksi ABC-analyysissä luokkien määrän lisääminen on helppoa (Teunter, et al., 2010). Voi esimerkiksi olla tarpeen tehdä oma luokittelu erilaisissa varastointi-

olosuhteissa säilytettäville nimikkeille, sillä tällöin molemmat varastot voidaan optimoida erikseen.

Sen lisäksi, että nimikkeet saadaan luokiteltua, tulee myös määrittää, kuinka usein luokittelua tulee tarkastella ja mahdollisesti uusia. Nimikkeistä ja markkinasta riippuen se voi olla kuukausittain, kvartaaleittain tai vaikka vain vuosittain. Tämän merkitys käy ilmi Scholz-Reiterin, *et al.* (2012) tapaustutkimuksessa, jossa luokittelu tehtiin samoille nimikkeille kahdelle eri ajankohdalle ja ainoastaan 60% nimikkeistä päätyi samaan luokkaan. Jo yhden kuukauden muutos ajassa vaikutti sekin jo useita prosentteja.

Luokittelun jälkeen tulee myös määrittää, miten eri luokan nimikkeitä sitten ohjataan. Yllä on mainittu joitakin periaatteista, joilla esimerkiksi A-luokan nimikkeitä tulisi ohjata verrattuna C-luokan nimikkeisiin, mutta mitään valmista ratkaisua ei ole saatavilla. Ei ole olemassa yleispätevää ohjeistusta, esimerkiksi siitä miten palveluasteet eri luokille tulisi määritellä (Teunter, *et al.*, 2010). Tässä tulee huomioida niin varastotilan rajoitteet ja budjetoitu varastonarvo. Usein tehdään alustavia ratkaisuja, joita sitten lähdetään muokkaamaan, kun varaston arvo nousee tai varastointitilat eivät ole riittävät.

4 VARASTONHALLINNAN KEHITTÄMINEN KOHDEYRITYKSESSÄ

Työ aloitettiin keräämällä tuotekohtaista myynti-, ja tuotantodataa edelliseltä vuodelta luokittelua ja varastohallinnan ohjausparametrejä varten. Data kerättiin niin toiminnanohjausjärjestelmästä suoraan kuin raportointiohjelmasta, joka kerää tiedot järjestelmästä helpommin luettavaan ja käsiteltävään muotoon. Lisäksi poimittiin viimeisimmät kustannustiedot edelliseltä kuukaudelta optimaalisen eräkoon laskentaa varten.

Tämän jälkeen käytiin läpi mahdollisia luokittelukriteereitä tuotannonohjauksen kanssa, jotta löydettäisiin ne, jotka palvelisivat työn tavoitetta, mutta joihin data on myös järjestelmästä saatavissa. Samassa yhteydessä vertailtiin alustavasti erilaisia luokittelumenetelmiä, jotta voitaisiin valita sopivin ja sellainen, joka on suhteellisen pienellä vaivalla toistettavissa. Näistä soveltuvia vertailtiin myös laskennallisesti, ja näiden tulokset esitetään edempänä. Lisäksi tuotteille laskettiin taloudelliset eräkoot ja vertailtiin niiden vaikutusta nykyisiin eriin. Valitun luokittelumenetelmän perusteella luokiteltiin nimikkeet, jonka jälkeen tehtiin

ohjausparametrien määrittelyä ja vertailua ottaen huomioon asetetut varaston rajoitteet sekä vaihtoehdot eräko'oilte.

4.1 Luokittelukriteerien valinta

Pohdittaessa tuotteiden luokittelun kriteerejä otettiin huomioon kirjallisuudessa mainitut kriteerit sekä mietittiin mahdollisia muita, tuotteisiin ja markkinaan liittyviä, vaihtoehtoja. Työn tavoitteena oli kuitenkin parantaa saatavuutta ja sitä kautta asiakastyytyvääisyyttä ja olla kasvattamatta varastoa kustannusten liikaa nousematta.

Yksikköhinta on merkityksellinen varastoon sitoutuneen pääoman kannalta. Yleisesti ottaen sterilointipakkausten yksikköhinta on matala, mutta keskinäisessä vertailussa tuotteiden prosentuaalinen hintavaihtelu on kuitenkin suurta. Yksikköhinta kerrottuna volyymilla tulee huomioiduksi perinteisessä ABC-analyysissa, jossa käytetään **myyntiarvoa** kriteerinä. Lisäksi **yksikkökustannusta** hyödynnetään joka tapauksessa, kun lasketaan taloudellista eräkokoja. Yhtenä vaihtoehtona voisi olla kate, mutta se ei tue työntavoitetta, eikä näitä tuotteita myydä kuluttajille, jossa puute varastossa voi tarkoittaa menetettyä (hyvää) katetta, vaikka toisinaan tätä voi tapahtua myös jakelijamyynnissä, jos jakelija joutuu ostamaan tuotteen muualta. Näillä tuotteilla ei myöskään ole uutuusarvoa tuovia päivityksiä, joista parempaa katetta on peruteltua pyytää. Poikkeuksen tekevät täysin uudet tuotteet, mutta näiden hinnoittelupäätöksen ja ohjausperusteet on tarkoitus huomioida erikseen.

Toimitusajalla on sinänsä merkitystä, sillä tuotteilla on erilainen toimitusaika riippuen siitä, millä tuotantolinjalla tuote ajetaan ja millaisessa kuormassa kyseinen linja on. Tuotteet voidaan ajaa yleensä vain yhdellä tietyllä koneella, mutta osalla tuotteista on myös vaihtoehtoinen konelinja. Erilainen toimitusaika ei kuitenkaan tee tietyistä tuotteista tärkeämpiä kuin toisista. Lisäksi toimitusaikaan voidaan jonkin verran itse vaikuttaa ajojonon järjestelyllä, vuorojärjestelyillä ja ylitöillä. Lisäksi tämä tekijä voidaan ottaa huomioon määriteltäessä varastonohjauksen parametrejä ja varmuusvaraston kokoa.

Saatavuus on kaikilla tuotteilla lähes yhtä tärkeää eikä yhtä tuotetta voida nostaa ylitse muiden, sillä tämä on asiakas- että tilanneriippuvaista. Osa asiakkaista pyytää toimitusta 4-6 viikon päähän, sillä he joko tilaavat hyvissä ajoin tai pitävät itse reiluja varastoja, koska toimivat

kaukana meistä, kun taas osa asiakkaista olettaa, että tilaus lähtee viikossa. Oletuksenahan toki on, että varastotuotetta löytyy varastosta, vaikka aina näin ei kuitenkaan ole. Saatavuuden parantamiseen pyritäänkin nimenomaan luokittelulla ja varastonohjauksella, sekä määrittelemällä paremmin toimintaohjeet tilanteisiin, jossa tuote on päässyt varastosta loppumaan.

Vanheneminen eli tuotteen käyttöikä on tärkeää tuotteille, joita varastoidaan ensin omassa varastossa ja sitten jakelijan varastossa. Tuotteet voivat vanheta omassa varastossamme 9-30 kuukautta ennen kuin asiakkaiden mahdollisesti vaatima jäljellä oleva käyttöikä tulee vastaan. Suurelle osalle asiakkaista vähempikin riittää, joka pienentää riskiä aiemmasta, mutta luonnollisesti yli vuoden vanhojen tuotteiden varastointi ei ole tarkoituksen mukaista. Tätä riskiä voidaan kuitenkin hallita eräkokojen kautta, joten käyttöikä ei ole tarvetta valita luokittelun kriteeriksi.

Sterilointipakkaukset ovat kertakäyttöisiä tuotteita, joiden tehtävä on pitää siinä steriloitu tuote steriilinä, kunnes se otetaan käyttöön. Joten jos pakkaus vahingoittuu, ei sitä voida korjata, joten **korjattavuus** ei kriteerinä sovellu tällaisille tuotteille ollenkaan. Hajonnut tuote on tällöin hävitettävä ja siinä pakattuna ollut tuote sekä pakattava että steriloitava uudelleen.

Ristiinmyynti (cross-selling) -efektiä sterilointipakkausten osalta ei ole tutkittu. On mahdollista, että jossain määrin näin saattaa olla. Merkitystä sen sijaan on sillä, mitä tuotteita kilpailutuksissa kysytään, sillä usein on pystyttävä tarjoamaan kaikkia siinä mukana olevia tuotteita, tai on kilpailutuksesta ulkona. Kysyt tuotteet taas ovat markkinakohtaisia. Tuotettavuuden osalta tätä tärkeämmäksi osoittautui tuotteen valmistuksen riippuvuus toisesta tuotteesta, sillä se vaikuttaa paljonkin tuotannon tehokkuuteen. Valmistettaessa saman levyiset pussit peräkkäin saavutetaan säästöjä asetusajoissa, kun tuotantolinjaa ei tarvitse säätää kokonaan uusiksi varsinkin tuotteissa, joita tulee rinnakkain useita kerralla. Tämä on hyvä huomioida eräko'oissa, ja tilauspistejärjestelmässä, jotta tuotteiden valmistussykli saadaan toimimaan yhteen mahdollisimman hyvin. Tätä varten onkin luotu ohjeellinen ideaalijärjestys, mitä noudattaen varmistetaan tehokkuuden maksimointi ja hävikin minimointi.

Tuotteen **kriittisyys** on yleensä tärkeä tekijä luokittelussa, sillä kriittisten tuotteiden puutteista aiheutuvat seuraukset voivat tulla kalliiksi. Sterilointipakkaukset eivät yleensä ole näin kriittisiä tuotteita. Lisäksi tällainen sterilointipakkaus voi kriittisessä tilanteessa olla korvattavissa kilpailijan validoidulla tuotteella tai pakkotilanteessa myös toisella suuremman kokoisella pakkauksella, vaikka se ei ole suotavaa, sillä prosessiin validoitua pakkausta ei saa vaihtaa toiseen tai prosessi tulee validoida uudestaan. Lisäksi tuotteen tärkeys myös voi vaihdella markkinoittain, sillä niitä saatetaan käyttää hyvinkin erilaisiin sovelluksiin, joten yleistä kriittisyystasoa tuotteille ei voida määrittellä. Tämän takia myöskään VED-analyysi ei sovellu näille tuotteille.

Tilausten hajonnalla on merkitystä varmuusvaraston kokoon, sillä mitä suurempi on tilausten hajonta, sitä suuremmaksi laskennallinen varmuusvarasto muodostuu. Tilausten hajonta on lisäksi helppo saada laskettua tilastoista. Tosin jos käytössä on tilauspistelaskenta, niin se kuitenkin huomioi myös tämän kriteerin. Luokittelumenetelmistä XYZ-analyysi perustuu nimenomaan tilaustenhajontaan. Tilauksiin liittyvistä kriteereistä yhtenä kriteerivaihtoehtona mietittiin **tilausten määrää** per tuote. Näin nähdään ei ainoastaan kokonaisarvoltaan tai -määrältään suosituimmat tuotteet, mutta ne, jotka kuuluvat useimmiten tilattaviin eli niihin, joiden toimituslupaus pitää täyttää useammin kuin muiden tuotteiden. Lisäksi tämä data on myös helposti saatavissa. Se tosin korreloi tässä tapauksessa jokseenkin myös **asiakasmäärän** kanssa, sillä tuotteet myydään jakelijoille ja näiden määrä ei juurikaan muutu kuten ei markkinakaan, jolle he myyvät. Tai muutos käy vähintäänkin hitaasti. Mutta datan käsittelyn kanssa tulee ongelmia, sillä samalle jakelijalle voi olla mennyt niin Suomessa valmistettua kuin Kiinassa valmistettua duplikaattia, joten tämä data pitää manuaalisesti yhdistää ennen kuin dataa voidaan arvottaa.

Ei-liikkuva tuote on yleensä tuote, joka poistetaan jossain vaiheessa varastosta vanhentuneena, tai liikkumattomana, joten tällöin ei ole järkeä tuottaa sitä heti uudelleen varastoon. Sterilointipakkauksissa on tiettyjä kokoja, jotka ovat markkinaspesifisiä, tai niille on tarvetta, jos kyseinen kauppa markkinalla voitetaan. Ne on luotu järjestelmään varastotuotteina, joka mahdollistaa niiden myynnin muillekin asiakkaille, mutta joita ei kuitenkaan valmisteta kuin tarvetta vastaan, jotta ne eivät jäisi niin helposti varastoon seisomana. Toisinaan tilausmäärä ylittyy tuotannossa, ja ylimäärää saatetaan seisottaa varastossa pitkäänkin, joten pelisääntöjen

päivitys on tarpeen. Eli tällaisille tuotteille on hyvä luoda erilliset luokitukset ja pelisäännöt missä vaiheessa tuote poistetaan listoilta kokonaan tai miten sille tulevia tilauksia käsitellään.

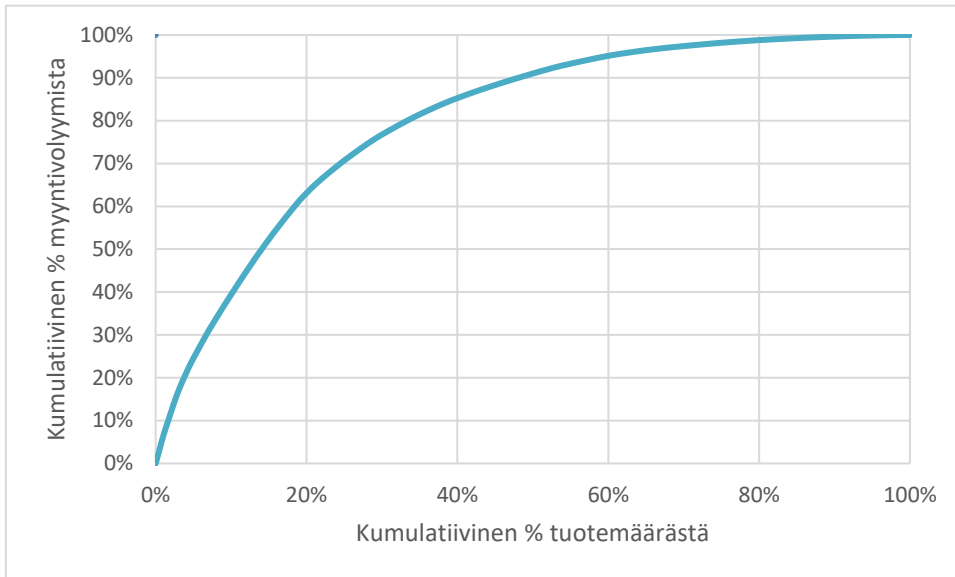
Uusien tuotteiden luokitteluun ei voida käyttää historiallista dataa, joten niiden ohjausta on käsiteltävä muulla tavalla. Lisäksi riippuu, onko uusi tuote korvaava tuote jollekin vanhalla tai lisäosa johonkin toiseen tuotteeseen (cross-selling). Myös uusien tuotteiden ohjaukselle on hyvä luoda pelisäännöt.

Läpikäytyjen kriteerien perusteella toimivia kriteereitä voisivat olla perinteinen myyntiarvo, jotta tuotteiden arvostus tulee huomioituksi, varsinkin kun tarkoituksena on vielä käydä eräkoot läpi varaston kasvun hillitsemiseksi. Myös tilaustenhajonta tässä tarkoituksessa voisi toimia hyvin. Mutta jos ajatellaan kriteereitä asiakastyytyvyyden kautta, niin sitä palvelisi paremmin tilauskerrat eli menekkituotteiden saatavuuden parantaminen. Lisäksi tulee tarkastella uudet ja heikosti liikkuvat tuotteet ja tehdä näille mahdollisesti oma luokittelunsa tai ohjeistuksensa.

4.2 Luokitteluvaihtoehdot ja niiden vertailu

Tässä osiossa testataan luokitteluvaihtoehtoja ja vertaillaan niitä keskenään, mutta myös miten eri parametrit vaikuttavat luokitteluun ja luokittelun tulokseen. Ottaen huomioon soveltuvien kriteerien määrän, ei ole tarpeen valita yli kahden kriteerin menetelmää. Toisekseen nämä usean kriteerin menetelmät eivät ole riittävän yksinkertaisia ollakseen helposti kenen tahansa laskettavissa ja päivitettävissä.

Perinteistä ABC-analyysiä varten tarvitaan myytyjen nimikkeiden lista myyntiarvon mukaisesti kumulatiivisesti listattuna. Edellisen vuoden myyntiraportin perusteella myytyjä nimikkeitä oli 220, joista duplikaatteja oli 27. Näiden datan yhdistämisen jälkeen varsinaisiksi myyntinimikkeiksi jäi 193 tuotetta. Laittamalla nämä nimikkeet myyntiarvon mukaiseen kumulatiiviseen järjestykseen saadaan oheisen kuvan 5 mukainen käyrä. Käyrästä nähdään, ettei Pareton 80/20 sääntö täysin päde näille nimikkeille, vaan sterilointipussien ja -rullien tapauksessa vastaavat tunnusluvut ovat 80/34 eli 34% nimikkeistä vastaa 80% myynnistä, kun taas 20% nimikkeistä tuottaa noin 64% myynnistä.



Kuva 5 Lorenz'n käyrä – kaikki tuotteet

Käyrässä mukana olevia erikoistuotteita ja MTO-tuotteita ei varastoida, vaan niitä valmistetaan ainoastaan tilausta vastaan, joten niille ei tarvitse luoda yhtenäisiä varastonohjausparametrejä. Näitä tuotteita on yhteensä 34 kappaletta: 17 erikoistuotteiksi nimettyä ja 17 MTO-tuotetta, mutta nämä täytyy erikseen ja manuaalisesti erottaa listalta, sillä myyntidatasta näitä ei voida erottaa toisistaan. Lisäksi on mahdollista, että varastoitavien MTS-tuotteiden joukkoon jäi myös sellaisia, jotka todellisuudessa on erikoistuotetta, mutta näistä puuttuu erikoistuotemerkintä. Tämä hankaloittaa luokittelua, ja vaatii tietämystä ja osaamista tunnistaa tuotteet toisistaan, joten nimeäminen pitää ohjeistaa ja varmistaa.

Varastoitaviksi laskettavia MTS-tuotteita luokitteluun jää siis näillä perustein 159 tuotetta, jolle luokittelua on tarkoitus soveltaa. Alla olevassa taulukossa 3 nämä tuotteet on luokiteltu muutamilla eri raja-arvoilla, joita kirjallisuudessa on käytetty, vertailun vuoksi kolmeen luokkaan. Jako on teennäinen kaikissa näissä tapauksissa, sillä edellisen luokan viimeisen tuotteen ja seuraavan luokan ensimmäisen tuotteen välinen myyntiarvon ero on maksimissaankin vain joitakin tuhansia euroja, mutta selkeää rajaa, johon luokitus olisi ollut rajattavissa, ei havaittu. Tarkoituksena kuitenkin on, että A-luokka edustaa pienintä osuutta tuotteista ja C-suurinta.

Taulukko 3 ABC-analyysin raja-arvo vertailu

MTS- luokittelu	Vaihtoehto A 80/ 15/ 5 % myynnistä	Vaihtoehto B 20/ 30 / 50 % tuotteista	Vaihtoehto C 10/ 20/ 70 % tuotteista
A	80% = 37% tuotteista	20% = 59 % myynnistä	10% = 36 % myynnistä
B	15% = 18% ”	30% = 30% ”	20% = 37 % ”
C	5% = 35% ”	50% = 11% ”	70% = 27 % ”

Jos ABC-analyysi tehtäisiin 80/15/5 -säännöllä, tulisi tässä tapauksessa A-luokkaan suurin osa tuotteista (37 %), jolloin luokittelun periaate ei toteudu. Vaihtoehtoilla B ja C periaate toteutuisi, joten näitä voidaan pitää varteenotettavina vaihtoehtoina, mutta jos halutaan keskittyä A-luokassa suurimpaan osaan myynnistä, niin tämä toteutuu vain vaihtoehdolla B, jota käytetäänkin muissa vertailuissa lähtökohtana.

Jäljelle jääneet erikoistuotteet ja MTO-tuotteet voitaisiin luokitella luokkaan D, eli ei varastoitaviin. Nykyisellään näiden osuus vastaa lähes 18% kokonaisymyynnistä, eli joukossa on tilauksesta valmistettavia tuotteita, joiden myyntiarvo on suuri. Kaikkien tuotteiden listassa ylimpään 50 kuuluu näistä kaksi. Nämä tuotteet ovat sellaisia, joissa tilauksia oli useampia vuodessa, mutta asiakkaita kokonaisuudessaan oli vain yksi tai kaksi. Näille tuotteille tulee määrittää omat säännöt, miten tilauksia kerrytetään, millaiset minimimäärät tilausta vastaan tehtäviä tuotteita koskee ja onko joukossa sellaisia, jotka palvelisivat muitakin asiakkaita varastotuotteina ja olisi täten järkevää muuttaa varastoitaviksi tuotteiksi. Näitä pelisääntöjä käsitellään tässä jaksossa myöhemmin.

Yhtenä luokitteluvaihtoehtona esiteltiin XYZ-menetelmä, eli menetelmä, jossa tuotteet luokitellaan suhteellisen hajonnan perusteella tasaisen kysynnän ja epästabiilin kysynnän tuotteisiin. Sterilointipakkausten myyntiä tutkittaessa kuukausitasolla ja viikkotasolla, voitiin havaita suurempi hajonta viikkotasolla kuin kuukausitasolla. Esimerkiksi yhdellä tuotteista viikkotason suhteellinen keskihajonta oli 0,70 ja kuukausitasolla 0,27, ja toisella tuotteella vastaavat luvut olivat 1,43 ja 0,83. Kaikkien tuotteiden suhteelliset hajonnat lukumääräisesti kerättiin alla olevaan taulukkoon 4 niiden myynnin hajonnan mukaan sekä kuukausi- että viikkotasolla. Suluissa olevat luvut ovat ilman erikoistuotteita ja MTO-tuotteita.

Taulukko 4 Tuotteiden hajonnat kuukausi- ja viikkotasolla

Suhteellinen hajonta	Tuotteiden lukumäärä (kk)	Tuotteiden lukumäärä (vko)
<0,1	0	0
0,1–0,25	3	0
0,25–0,50	43	0
0,50-1,0	72 (71)	34 (33)
>1,0	75 (42)	159 (126)

Jos menetelmässä hyödynnettäisiin Hoppen (2006, p. 60) ohjeellisia raja-arvoja kuukausitasolle, ei X-luokkaan tulisi ainuttakaan tuotetta ja Y-luokkaan vain kolme. Scholtz-Reiterin (2012) raja-arvoilla luokkajako pystyttäisiin jo tekemään, jolloin X-luokkaan kuuluisi 46, Y-luokkaan 71 ja Z-luokkaan 42 tuotetta, jos tilauksesta valmistettavat on rajattu tämän ulkopuolelle. Viikkotasolle vietäessä X-luokkaan ei tässäkään saataisi ainuttakaan tuotetta. Suurien hajontojen takia suurimmassa osassa tuotteista, tämä menetelmä ei ehkä ole sopivin parantamaan asiakastyytyväisyyttä, ellei tällainen data sitten auta ennustamisessa.

Lisäksi tästä nähdään, että näiden erikoistuotteiden hajonta vuositasolla on suurta, sillä niitä tehdään vain muutaman kerran ja yleensä ainoastaan tilausta vastaan. Tämä puoltaa myös tällaisten tuotteiden pitämistä tilaustuotteina, ja tämä mahdollisesti voisi olla yksi keino määrittellä milloin tuote on varastossa pidettävä ja milloin tilauksesta tehtävä. Jos tuotetta tilataan useita kertoja ja kuluu tasaisesti, voisi olla järkevää nostaa tällainen tuote vakiotuotelistalle.

FNS(FSN)-analyysia varten tarvitsee laskea tuotteiden kiertonopeudet. Tuotteiden riitot, joiden avulla kierrot saadaan laskettua, saadaan suoraan raportointijärjestelmästä, mutta koska osaa tuotteista ei ole ollut varastossa tai niillä ei ole ollut myyntiä kyseisellä ajanjaksolla ei lukua kaikille tuotteille ole saatavilla. Seuraavassa taulukossa 5 on luokittelu tehty 174 tuotteelle luokittelemalla nopeiksi ”F” yli kolmen ja hitaiksi ”S” alle yhden kiertonopeudella olevat tuotteet. Normaalit ”N” tuotteet jäävät siihen välille.

Taulukko 5 FNS-luokittelu

Luokka (kiertonopeus)	Tuotteiden lukumäärä
F – Fast (> 3)	76 (64)
N – Normal (1 - 3)	81 (74)
S – Slow (< 1)	17 (14)

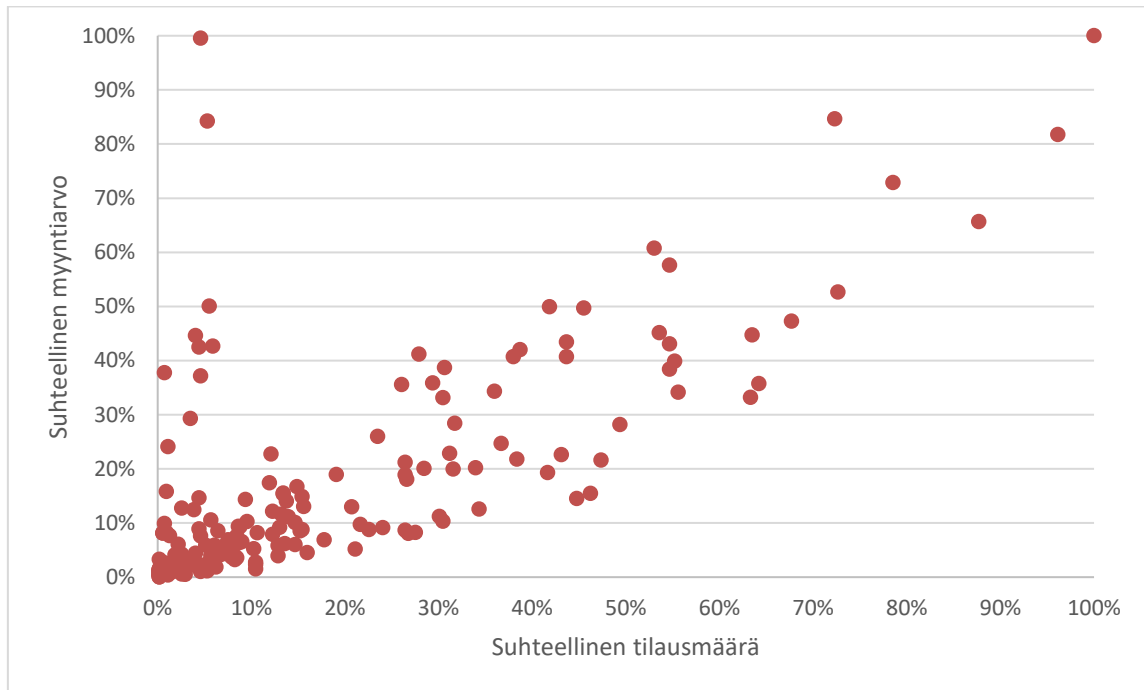
Tästä nähdään, että tilausta vastaan tehtävät ovat nopeasti liikkuvia, sillä ne usein valmistetaan ja toimitetaan kerralla. Tarkoituksena ei ole, että ne jäisivät varastoon roikkumaan. Poikkeuksia toki mahtuu joukkoon. Tällä luokittelujaolla alle 10% tuotteista luokiteltaisiin hitaasti liikkuviin, joita voisi olla syytä tarkastella lähemmin, ja mahdollisesti tarkistaa niiden eräkoot. Koska riittoa seurataan jo nykyisellään varastoseurannan kautta, ei sitä ole tarpeen huomioida luokittelussa, mutta sitä voidaan hyödyntää kenties muussa tarkastelussa.

VED-analyysiä ei yhden menetelmän luokitteluista otettu mukaan vertailuun, sillä se perustuu pitkälti mielipiteisiin tuotteen tärkeydestä. Lisäksi se tarvitsee asiantuntijaraadin eikä täten ole välttämättä toistettavissa samalla tavalla, koska mielipiteet vaihtelevat henkilöstä, ajankohdasta ja osaamisesta riippuen.

Useamman kriteerin vaihtoehtoista päätettiin testata Floresin (1987) kahden kriteerin matriisi, sillä se oli riittävän yksinkertainen ja täten toteutettavissa myös, kun luokitusta joskus tarvitsee päivittää. Lisäksi tuotteita on sellainen määrä, että menetelmä voidaan hallita myös manuaalisesti, eikä sen toteuttamiseen tarvita erillisiä työkaluja ja ohjelmistoja, toisin kuin saattaa olla tuhansien tuotteiden lopputuotevarastoissa. Luokitteluun soveltuvia kriteereitäkään ei ole kovin monia, että tarvittaisiin AHP:n tai TOPSIS:n tyyppistä monikriteeristä luokittelua, tosin osaamista ja soveltuvaa ohjelmistoaakaan näiden toteuttamiseen ei löydy ennalta.

Kriteereistä valikoitui perinteinen myyntiarvo volyymipainotteisuuden takia, jota myös Flores käytti näissä yhdistelmämatriseissa toisena kriteerinä. Toiseksi päädyttiin tilausmääriin, koska yhtenä työn tavoitteena oli parantaa asiakastytyväisyyttä, ja tällä kriteerillä saadaan selville tuotteet, joissa asiakastytyväisyys eli saatavuus täytyy useimmiten täyttää. Molemmista kriteereistä ajettiin data suurimmasta pienimpään arvoon ja laskettiin suhteutettuna suurimman

arvon mukaan. Datasta muodostui kuvan 6 mukainen XY-koordinaatisto, jossa on mukana kaikki tuotteet.



Kuva 6 Tilausten määrä suhteessa myyntiarvoon

Haastavinta tässä on määrittää rajat matriisille, koska selkeitä rajoja ei ole. Eikä myöskään ole tarkoituksen mukaista määrittää useampaa kuin kolme luokkaa varastoitaville tuotteille. Joten sama raja-arvovertailu tehtiin tilausmäärille kuin aiemmin myyntiarvolle. Tämä on esitetty taulukossa 6. Tilaukset jakautuvat kuitenkin tasaisemmin kuin myyntiarvon mukaan luokiteltuna. Myös tässä vaihtoehto B tuottaa ratkaisun, jossa ylin luokka vastaa suurinta osaa tilauksista, joten se otetaan käyttöön vertailussa.

Taulukko 6 Tilausmäärien raja-arvovertailu

MTS- luokittelu	Vaihtoehto A 80/ 15/ 5 % tilauksista	Vaihtoehto B 20/ 30 / 50 % tuotteista	Vaihtoehto C 10/ 20/ 70 % tuotteista
A	80% = 39% tuotteista	20% = 56 % tilauksista	10% = 34 % tilauksista
B	15% = 29% ”	30% = 32% ”	20% = 37 % ”
C	5% = 12% ”	50% = 12% ”	70% = 29 % ”

Näistä tuloksista muodostettiin aiemman taulukon 2 mukainen ABC-ABC matriisi käyttäen raja-arvoja 20/30/50 % tuotteista, joista BA, AB, ja AA luokitellaan A-luokkaan, CA, BB ja AC luokkaan B ja loput kolme luokkaan C kuten taulukossa 7 on esitetty. Eli vaikka tuote kuuluisi B-luokkaan myyntiarvon perusteella, luokiteltiin se kuitenkin C-luokkaan, koska tuotteella ei ole kovin suuria määriä tilauksia (BC), eli saatavuus tarve tarvitsee täyttää harvemmin. Mutta kuitenkin myyntiarvon mukaan C-luokkaan kuuluva tuote voitiin nostaa B-luokkaan, koska se kuului kärkeksi tilausmäärissä (CA).

Taulukko 7 Tuotteiden määrät tilausmäärän (X) ja myyntiarvon (Y) yhdistelmämatriisissa jaolla 20/30/50

25 (AA)	6 (AB)	8 (AC)
7 (BA)	36 (BB)	15 (BC)
0 (CA)	6 (CB)	56 (CC)

Perinteisen ABC-analyysin ja yhdistelmämatriisin välillä samalla jaolla ei nimikkeiden määrissä ja myyntiarvossa ole kovin suurta eroa (taulukko 8). Merkitys syntyy siitä, kumpaa halutaan luokittelussa painottaa, pelkästään myyntiarvoa vaiko myös tilausmääriä, ja myös miten sivusolut (BA, AB, CB ja BC) halutaan luokitella, sillä ne voidaan yhdistää myös eri lailla, kuin tässä on nyt tehty. Suluissa oleva arvo on tuotteiden osuus kokonaisuudesta, kun tuotteet on yhdistetty pääluokkiin. Pelkän AA:n osuus olisi ollut alle 16%. Varastoinnihallinnan kannalta tärkeimmät asiat eli ohjausparametrit kuitenkin määrittävät miten varastomääriä hallitaan ja millä periaatteilla. Tätä käsitellään seuraavassa kappaleessa.

Taulukko 8 ABC-analyysin ja Floresin matriisin vertailu 20/30/50-luokittelulla

Tuotteiden lukumäärä ja myyntiarvon osuus	Perinteinen ABC-analyysi (myyntiarvo)	Yhdistelmämatriisi (tilausmäärä-myyntiarvo)
A	32 = 59 % myynnistä	38 (24%) = 56 % myynnistä
B	48 = 30% ”	44 (28%) = 32 % ”
C	79 = 11% ”	77 (48%) = 11 %

Muita yhdistelmämatriiseja, kuten ABC-VED ja ABC-XYZ matriiseja, ei tässä lähetty testaamaan luokittelua varten. Mutta FSN-XYZ otettiin tarkasteluun, jotta sitä mahdollisesti voitaisiin hyödyntää tuoteportfolion hitaasti kiertävien tuotteiden osalta. Tässä XYZ ei tarkoittanut hajontojen vaihtelua vaan varastonarvoja.

FSN-XYZ-analyysissä tehtiin ensin menetelmän mukaisesti FSN-analyysi ja siinä meitä nimenomaan kiinnostavat ei-liikkuvat N-tuotteet, joiden kiertonopeus on alle 1. Näitä on 17 kappaletta (taulukko 5). Tämän jälkeen nämä 17 tuotetta laitetaan varastonarvon mukaiseen laskevaan järjestykseen noudatellen Devarajanin & Jayamohanin tapaustutkimusta (2016). Ylimpään X-luokkaan luokitellaan tuotteet, jotka edustavat 70% N-tuotteiden varastonarvosta ja näin saadaan luokka NX. Otimme varastonarvon vuoden viimeiseltä viikolta 2019, sillä muukin data perustuu vuoden 2019 lukuihin.

NX-luokkaan päätyisi tällä luokittelulla 4 tuotetta, joista yksi on sekä perinteisellä ABC-analyysillä, valitulla yhdistelmämatriisilla, että myös suhteellisiin hajontoihin perustuvalla XYZ-analyysillä analysoitu luokkaan A. Toinen vastaavasti päätyi kaikissa näissä analyyseissä luokkaan B. Kaksi muuta kuuluivat muissa menetelmissä joko luokkaan A tai B, tai B tai C, menetelmästä riippuen. Mikään näistä neljästä ei ollut niin sanottu erikoistuote eikä tilausta vastaan valmistettava, joka olisi jäänyt varastoon seisomaan. Eli tulos ei ollut oikeastaan odotetunlainen, ja näitä tuotteita tuskin tullaan hävittämään varastosta.

Tällainen keino voisi soveltua karsintaan varastoissa, joissa säännöllisin väliajoin tilataan tuotetta varastoon varastotasoa seuraamatta, jolloin luonnollisesti menekin ollessa oletettua heikompaa, tuotteita alkaa kerääntyä varastoon ja kiertonopeus laskee. Toisekseen tulokseen vaikuttaa vahvasti sen hetkinen varastotilanne. Devarajan & Jayamohan (2016) toteavatkin, että käytettynä valmistavassa teollisuudessa, jossa tuotantoa on juuri ajettu varastoon ja taso on sen takia korkea, ei menetelmä anna luotettavaa kuvaa tilanteesta. Eikä se heidän mukaansa myöskään sovellu varastoihin, joissa on dramaattista vaihtelua kuukausitasolla ja lisäksi menetetyt tai myöhässä olevat tilaukset voivat vaikuttaa analyysiin. Joten se siitä.

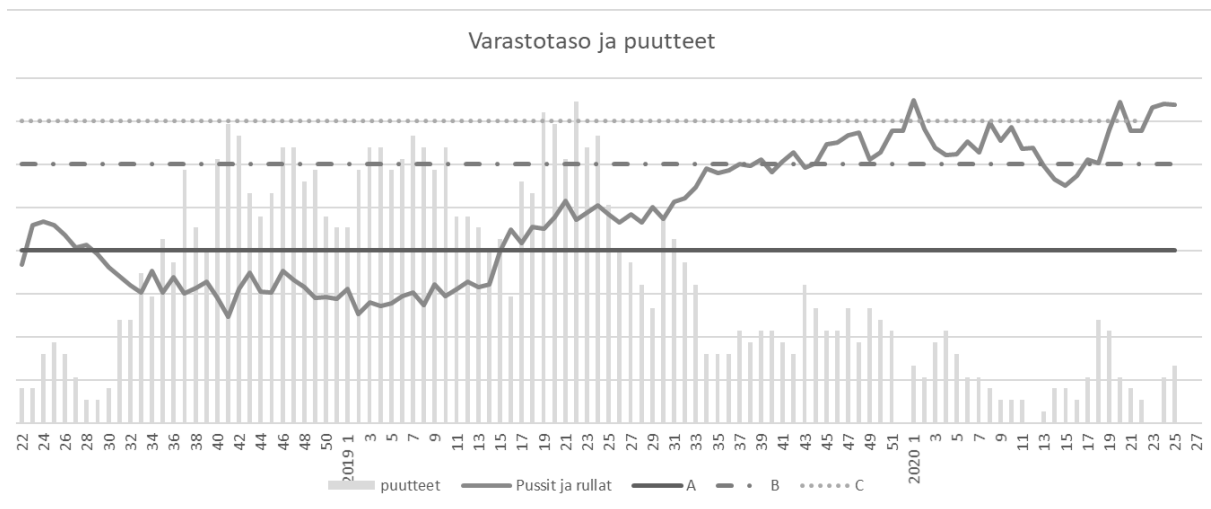
4.3 Tilauspistejärjestelmä, keskimääräinen varasto ja eräkoot

Jotta voidaan varmistua, että pysytään varastokoon suhteen annetuissa raameissa, täytyy tehdä laskelmat keskimääräiselle varastolle, joka voidaan laskea tilauspistelaskentaa käytettäessä varmuusvaraston koon ja eräkokojen avulla. Tätä varten tarvitsee tehdä päätös palveluasteista. Lisäksi halutaan varmistaa, ettei sitoutuneen pääoman tarve kasva eivätkä tuotekustannukset nouse, jolloin mukaan tarvitaan tuotteen kustannukset ja nykyiset että optimaaliset eräkoot.

4.3.1 Varaston kapasiteetti ja tavoitetasot

Keskusvarastossa, jossa nämä tuotteet varastoidaan, varastoidaan lisäksi välitystuotteet. Näille ei ole määritettynä varsinaisesti tilajakoa, paljon kumpaakin saisi olla varastossa, mutta maksimitasot ovat muodostuneet käytännön ja käytettävissä olevien lavapaikkojen kautta. Molempien tuoteryhmien varastoja seurataan niin yhdessä ja erikseen, mutta kokonaiskapasiteetin kannalta vain tilan täyttöasteella on merkitystä, eli heittoa voi olla puolin toisin.

Tuotannonohjauksessa on pidetty seuranta viikoittaisesta varastotasosta ja tuotepuutteista keskusvarastossa. Ideaalitulanteessahan tuotepuutteita ei olisi vaan kaikkia varastotuotteita olisi riittäviä määriä jatkuvasti varastossa, mutta näin ei kuitenkaan käytännössä ole ollut. Oheisessa kuvassa 7 on kuvattu viikkotasolla varastosaldo ja siihen lisätty palkkeina puutteet kyseessä olevalla viikolla. Tästä nähdään, että varastojen laskiessa tason A tuntumaan tai alle, nollapositiot alkavat kasvaa. Tällöin asiakastilausten toimittaminen puuttuvien tuotteiden takia on vaikeutunut ja tyytymättömyys asiakaskunnassa kasvanut. Tasossa C tulee käytännössä vastaan varaston kapasiteetti, joka tosin vaihtelee vähän sen mukaan, miten paljon välitystuotteita on varastossa. Varaston tavoitetasoksi täten määritettiin taso B, joka on taso, jossa nollapositioden vaikutus ei ole enää niin suuri ja joka kuitenkin antaa varaa vaihtelulle. Tätä B tasoa tullaan referoimaan myöhemmissä laskelmissa tavoitetasona 100, ja johon laskelmia verrataan. Tämä on sen 15% maksimitasoa C pienempi.

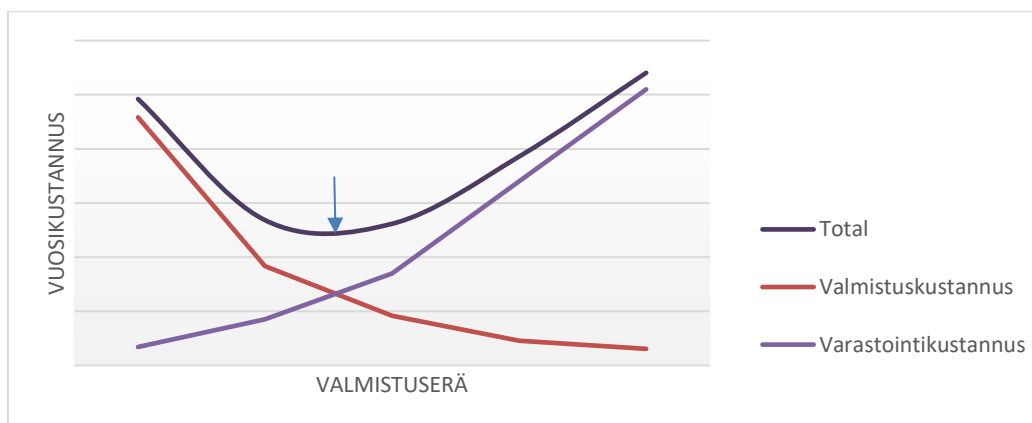


Kuva 7 Varastotaso ja puutteet

4.3.2 Eräkokojen tarkastelu

Tarkoituksena oli pysyä edelleen kiinteässä eräkoossa, kuten toivottiin. Tämä vaihtoehto antaa myös mahdollisuuden pitää tuotantoerän kustannukset samoissa raameissa ja vaihtelu pienenä, jotta eräköön muutoksista johtuvat kustannusvaihtelut voidaan minimoida. Eräkokojen järkevyyttä haluttiin kuitenkin tarkastella.

Koska optimaalinen eräkkö on myös kiinteä, päätettiin tutkia sen tuomia mahdollisuuksia kustannusmielessä. Optimaalinen tuotantoerä on erä, jossa tuotteen asetus- ja varastointikustannukset huomioiden on alhaisin kokonaiskustannus (kuva 8). Jos yritys haluaa nostaa eräkköä tästä optimipisteestä, niin tällöin yksikkökohtaiset kustannukset alenevat, mutta varastointikustannukset taas nousevat ja päinvastoin.



Kuva 8 Optimaalinen eräkkö

Optimimaalinen eräkoko voidaan määrittää Wilsonin kaavan (kuva 9) avulla. Siinä on huomioitu tuotteen asetuskustannukset, että tuotteen varastointikustannukset siihen asti, kun tuote on kulutettu/poistunut varastosta. Kaava ei kuitenkaan ota huomioon kustannusten vaihtelua eikä haluttua palvelutasoa, mutta antaa käsityksen optimaalisen eräkoon suuruusluokasta. (Hokkanen & Virtanen, 2012, p. 77). Samaa kaavaa voidaan myös vastaavasti käyttää optimaalisen ostoerän määrittelyyn, mutta tällöin tulee selvittää tuotteen tilaukseen liittyvät kustannukset valmistuksen aiheuttamien kustannusten sijaan.

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Kuva 9 Wilsonin kaava

Q = Optimieräkoko, joko tuotantomäärä tai tilausmäärä [kpl/kg/...]

D = Kysyntä vuodessa [kpl/kg/...]

S = Täydennyseräkustannus [€]

H = Varastointikustannus [€] = varastointikustannus [%] x yksikkökustannus [€]

Sen, ettei Wilsonin kaava ota huomioon kustannusten muutoksia, se edellyttää myös, että minimi-tilausmäärä ei ole suurempi kuin optimieräkoko sekä ettei puutteita ole ja määrä toimitetaan kerralla. Myös lyhyen hyllyiän tuotteille menetelmä ei välttämättä toimi, sillä optimieräkoko voi olla suurempi kuin kulutus hyllyiän puitteissa. Näillä tuotteilla hyllyikä on kuitenkin suhteellisen pitkä. Lisäksi tuotteiden toimitus ei saa linkittyä toisiinsa, eli kaavassa ei huomioida, jos jotain muuta tuotetta syntyy päätuotteen sivutuotteena, tai että tuotteet voi olla järkevää valmistaa peräkkäin tai yhdessä (Ross, 2015, p. 385). Sterilointipakkauksilla peräkkäin valmistusta pyritään hyödyntämään, milloin se on järkevää, mutta aina se ei ole mahdollista, joten miksei silloin voisi hyödyntää taloudellista eräkoko.

Näin päädyttiin laskemaan nimikkeille taloudelliset eräkoot, jotta voitaisiin varmistaa, ettei suotta valmisteta liian suuria eräkokoja kasvattamaan varastointikustannuksia, ja heikentämään varaston kiertoa, mutta jotta ei tehtäisi liian pieniäkään eriä, sillä näissä erän kustannus on aina

korkeampi. Lisäksi jos tehdään pieniä eriä mutta usein, on myös varastonloppumisen riski näissä tuotteissa useammin vuodessa, kuin tuotteilla, joita valmistetaan vain kerran tai kaksi vuodessa.

Eräkokolaskennassa käytettiin yllä mainittua Wilsonin kaavaa. Varastointikustannuksena käytettiin 30%, ja asetuskustannuksina toiminnanohjausjärjestelmään syötettyä standardiasetusaikaa kerrottuna konekohtaisella tuntihinnalla. Yksikkökustannukset katsottiin sen hetkisen standardikustannuksen mukaan (nämä päivitetään kuukausittain katelaskentaa varten, mutta vaihtelu on yleensä pientä) ja vuosikulutukset katsottiin edellisen kahdentoista kuukauden ajalta. Oheiseen taulukkoon 9 on kerätty varastotuotteiden osalta, miten nykyinen erä koko suhtautui taloudelliseen eräkoko. Huomioitavaa tässä taulukossa on se, että mukana eivät ole tuotteet, jotka on valmistettu muissa yksiköissä, joten niiden erä koko ja kustannukset eivät ole tiedossa, joten laskentaa ei voitu niiden osalta suorittaa.

Taulukko 9 Nykyiset eräkoot verrattuna taloudellisiin eräkokoihin

Vaihtelu	Nimikkeiden lkm	Prosenttiosuus
Nykyinen yli 10 % suurempi	49	34 %
Nykyinen ± 10 % sisällä	18	12,5 %
Nykyinen yli 10% pienempi	77	53,5 %

Lisäksi havaittiin, että erä koko oli pääsääntöisesti liian pieni pussimuotoisilla perustuotteilla ja liian suuri kalliimmilla polyeteenikuitukankaasta valmistetuilla rullilla, jotka täten nostavat myös varastonarvoa. Arvokkaimpien tuotteiden erä kokoja pienennettäessä, edellyttäen että taloudellinen erä koko on nykyistä pienempi, voitaisiin varastointikustannuksiin saada säästöä. Kun taas peruspussien eriä nostettaisiin, voitaisiin kenties parantaa näiden saatavuutta, edellyttäen että tuotteiden kierto on hyvä, ja samalla suuremmat erät mahdollistaisivat katteiden paranemisen kustannustehokkuuden noustessa.

Eräkoolla on merkitystä siis kustannuksiin ja saatavuuteen, ja tätä kautta asiakastyytyväisyyteen, mutta siihen liittyy myös se, milloin tilataan. Kiinteitä erä kokoja voidaan toteuttaa niin kiinteällä tilausvälillä, että tilauspistemenetelmällä. Kiinteällä tilausvälillä kysynnän laskiessa menetelmä johtaa usein varaston kasvuun, varsinkin jos määrä

on paljon suurempi kuin menekki. Tilauspistemenetelmässä varastoa taas tulee seurata jatkuvasti, jotta voidaan havaita, milloin tilauspiste alittuu, mutta usein ohjausjärjestelmät mahdollistavat automaattisen seurannan. Tätä varten tarvitsee määrittää palveluaste joka luokalle. Palveluasteen kautta määrittyy myös varmuusvaraston koko ja tätä kautta varaston koko.

4.3.3 Keskimääräinen varasto ja tilauspisteiden vertailu

Jotta saadaan selvitettyä, millaiset vaikutukset luokittelulla on varastointiin ja mitkä ovat tuotteiden tilauspisteet, tarvitaan tiedot myynnin keskihajonnoista, toimitusajoista, palveluasteista ja keskimääräisestä kulutuksesta tuotekohtaisesti. Näitä tarvitaan varmuusvaraston laskemiseksi. Kulutukset ja keskihajonnat selvitettiin myyntitilastosta, josta ne saadaan kuukausitasolla. Kuukausitaso koettiin riittävänä, sillä tilaukset kuitenkin toimitetaan 1-1,5 kuukauden (4-6 viikkoa) toimitusajalla. Toisekseen viikkotasoinen data kasvattaa hajontoja nostoen varmuusvarastoa, ja tässä tulee vastaan varastonkapasiteetti, ellei pudoteta palveluastetta reilusti.

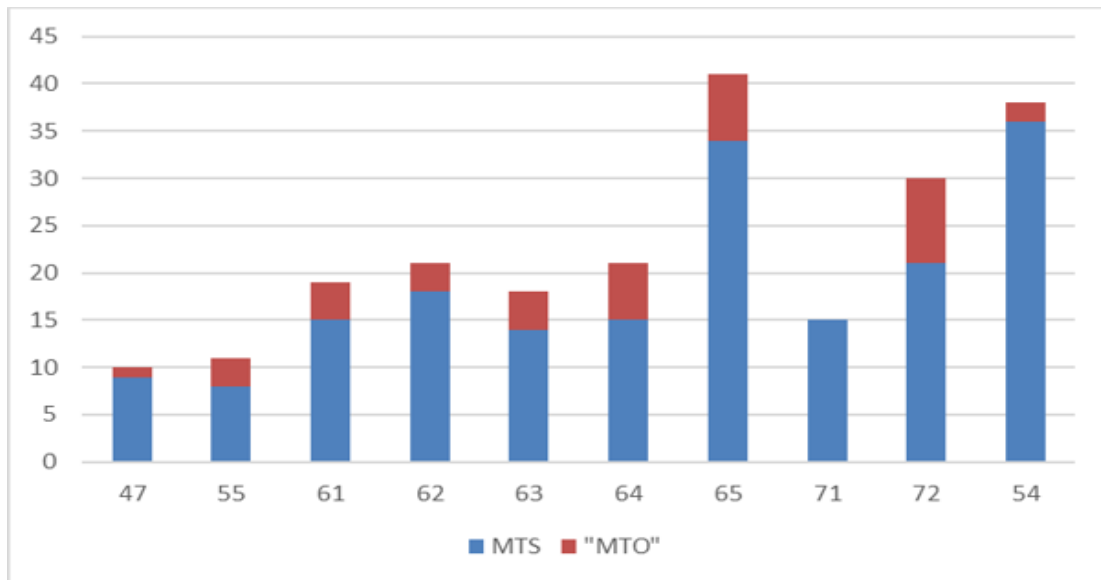
Toimitusajat on aiemmin määritetty tuoteperhekohtaisesti, joka perustui konejonoihin ja niiden oletettuun keston. Jotta saataisiin oikea käsitys toimitusajoista, kaivettiin data manuaalisesta toiminnanohjausjärjestelmästä koneittain edellisen 12 kuukauden ajalta. Konekohtaiset toimitusajat on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10 Konekohtainen toimitusaika

Linja	Keskimääräinen toimitusaika (vrk)	Toimitusaika mediaani (vrk)	Keskimääräinen + kuljetus (5 vrk)	Toimitusaika (kk)
47	29,7	21	34,7	1,1
61	30,0	28	35	1,2
62	51,8	49,5	56,8	1,9
63	58,8	60,5	63,8	2,1
64	44,9	36,5	49,9	1,7
65	45,3	44	50,3	1,7
54	80,0	78	85,0	2,8
55	43,2	38,5	48,2	1,6

Jotta tätä tietoa voidaan hyödyntää, tarvitaan tieto, mitä nimikkeitä kullakin tuotantolinjalla ajetaan. Erityyppiset tuotteet valmistetaan kyseisen tyyppin valmistamiseen soveltuvalla

tuotantolinjalla eikä kaikille pussityypeille ole vaihtoehtoista linjaa. Tuotannonohjauksessa on määritetty ensisijaiset linjat, ja toissijaiset linjat tuotteille, joille se on mahdollista. Kuvassa 10 nimikkeiden lukumäärä tuotelinjoihin on kuvattu määritetyn ensisijaisen linjan mukaan. Linjalla 54 operoidaan linjojen 71 ja 72 tuotteet, eli näillä on kaksivaiheinen valmistusprosessi.



Kuva 10 Tuotemäärät per tuotantolinja

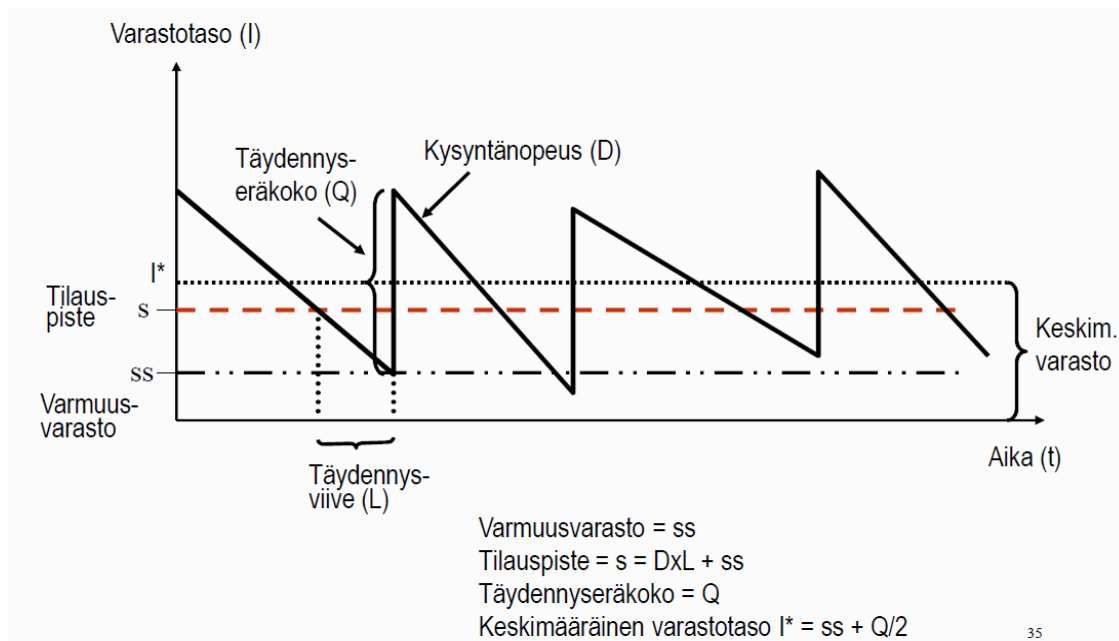
Näistä nähdään, vaikka osalla tuotteista on vaihtoehtoinen linja, kuten linjojen 62 ja 63 nimikkeillä, on kuitenkin 62:lla on ollut pidempi toimitusaika, vaikka kyseisellä linjalla ajetaan lukumääräisesti vähemmän tuotteita. Tästä voidaan olettaa, että ajot on ollut kestoaltaan joko pidempiä kuin rinnakkaislinjalla 63, tai linjalla on ollut enemmän tuotannonkeskeytyksiä. Tähän ei kuitenkaan tässä työssä kaivauduta.

Lisäksi kullekin luokalle tulee määrittää palveluaste, mutta ei ole olemassa selkeää ohjetta, miten palveluaste tulisi luokille määrittää (Teunter, et al., 2010). Lisäksi usein luokittelu on tehty tilauspistelaskennasta erillisenä jo ennen palveluastepäätöstä, kuten tässä työssä, ei näiden kombinaatio tuota välttämättä kaikkein kustannustehokkainta ratkaisua, mikäli se on määritetty tavoitteeksi.

Valitut palveluasteet tulevat vaikuttamaan nimikekohtaiseen varmuusvaraston kokoon, joten tällä merkitystä varaston kapasiteettitarkastelussa. Samoin on merkitystä myös eräkoolla, sillä

keskimääräinen varasto on varmuusvaraston koko lisätyn puolikkaalla eräkoolla. Tästä syystä tarkoituksena on vertailla erilaisia vaihtoehtoja ja erilaisia palveluasteita, joista voidaan valita se, joka soveltuu parhaiten ottaen huomioon toimitusvarmuuden ja sitoutuneen pääoman, sekä varaston kapasiteetin. Millsteinin, et al. (2014) käyttämiä esimerkkejä palveluasteista on A-luokka 95, B-luokalle 87 ja C-luokalle 80, tai vastaavasti 93, 90 ja 80, jotka on myös otettu mukaan tähän vertailuun.

Keskimääräinen varasto lasketaan käyttämällä kaavaa, jossa varmuusvaraston päälle lisätään puolet eräkoosta. Tilauspiste saadaan taas lisäämällä varmuusvaraston päälle toimitusajan mukainen kulutus. Tämä on havainnoitu kuvassa 11.



Kuva 11 Tilauspistejärjestelmä (Rintala, 2018)

Ihan aluksi luokittelun merkityksen havainnoimiseksi, eli mihin luokkarajat laitetaan, laskettiin keskimääräiset varastotarvot hyödyntäen perinteistä ABC-analyysiä palveluasteilla 98, 95 ja 90 kaikilla kolmella vaihtoehtoisella luokitteluvaihtoehdolla (taulukko 3) käyttäen aiemmin esitettyjä konekohtaisia keskimääräisiä toimitusaikoja (taulukko 10) ja nykyisiä eräkojoja. Tulokset on esitetty taulukossa 11. Tästä nähdään, että mitä enemmän tuotteita laitetaan ylimpiin luokkiin sitä korkeammaksi varastot muodostuvat, jos ylimmällä luokalla on myös korkein palveluaste. Volyymeissä ero vaihtoehdon A ja C välillä on 5,7% ja euroissa ero on

6,5% - kun arvo on myös indeksoitu siten, että vaihtoehto A on 100 ja muita verrataan siihen. Luvuista nähdään myös, että kaikilla vaihtoehtoilla varastot ylittävät tavoitteen 100.

Taulukko 11 Luokittelurajojen vertailu palveluasteilla 98/95/90 ja vaikutus varastovolyymeihin perinteisellä ABC-analyysillä (taulukosta 3)

MTS-luokittelu	Vaihtoehto A	Vaihtoehto B	Vaihtoehto C
ABC-analyysi	80/ 15/ 5 % myynnistä	20/ 30 / 50 % tuotteista	10/ 20/ 70 % tuotteista
A (98 %)	78,1	57,6	41,9
B (95 %)	15,9	24,8	24,7
C (90 %)	16,7	24,9	38,1
Volyymi YHT.	110,7	107,6	104,7
Arvo	100	96,6	93,9

Tämän lisäksi tehtiin luokitteluvaihtoehdolla B, eli 20/30/50 % tuotteista, vertailu kolmella eri palveluastevaihtoehdolla, jotta nähdään valittujen palveluasteiden vaikutus varastovolyymeihin. Nämä on esitetty taulukossa 12. Myös tässä eräkokona on käytetty nykyisiä eriä. Erot valituilla palveluasteilla ovat suurempia kuin valituilla luokittelurajoilla, sillä tässä korkeimman ja alhaisimman varastotason erotus on jo 17% ja vaihtoehtoisilla palveluasteilla päästään jo alle tavoitteen.

Taulukko 12 Palveluasteiden vertailu ja vaikutus varastovolyymeihin ABC-analyysillä 20/30/50

MTS-luokittelu	98/95/90 %	95/87/80	93/90/80 %
A	57,6	51,9	49,5
B	24,8	21,5	22,5
C	24,9	19,8	19,8
Volyymi YHT.	107,6	93,2	91,9
Arvo	100	86,4	86

Jotta saataisiin mukaan asiakasnäkökulma, jota työssä myös haettiin, tehtiin sama palveluastevertailu Floresin yhdistelmämatrisille käyttäen 20/30/50-luokittelua taulukon 8 mukaisesti. Tämän vertailun tulokset esitetään taulukossa 13. Tästä nähdään, että nykyisillä eräkoilla Floresin matriisia käyttämällä varaston volyyymi ja arvo ovat 2,5-3,7% suuremmat

kuin käyttämällä perinteistä ABC-analyysiä. Tosin huomioitavaa on, että tuotemäärät per luokka poikkeavat toisistaan, kuten aiemmassa taulukossa 8 on havainnointu, sillä A-luokassa on Floresin matriisissa joitakin tuotteita enemmän, mikä selittää myös sen suurempaa arvoa.

Taulukko 13 Floresin yhdistelmämatrisin vertailu eri palveluasteilla ja vaikutus varastotasoon

MTS-luokittelu	98/95/90 %	95/87/80 %	93/90/80 %
A	64,1	57,5	54,9
B	32,5	27	28,6
C	13,7	11,3	11,3
Volyymi YHT.	110,3	95,7	94,8
Arvo	100	86,8	86,3

Viimeiseksi selvitettiin vielä eräkokojen vaikutus. Koska työn tarkoituksena oli huomioida asiakasnäkökulma, valittiin eräkoko tarkasteluun Floresin matriisi ja luokittelurajoiksi 20/30/50. Vertailu tehtiin palveluasteilla 98/95/90, jossa keskimääräinen laskennallinen varastotaso käyttämällä nykyisiä eräkokoja on yli tavoitteen, mutta kuitenkin alle maksimin. Vertailu tehtiin laskemalla keskimääräinen varastotaso nykyisillä ja taloudellisen eräkoon mukaisilla eräkokovaihtoehdoilla. Tulokset on esitetty taulukossa 14 ja tästä nähdään, että eräkoot optimoimalla on mahdollisuus saada varastotasoa entisestään alas. Esitetystä esimerkissä vaikutus varastonarvoon on 5,6% laskevasti, mutta silti sen laskennallinen arvo jää yli tavoitteen.

Taulukko 14 Eräkoon vaikutus varastotasoon Floresin matriisilla

MTS-luokittelu	Nykyiset eräkoot	EPQ
A (98 %)	64,1	54,9
B (95 %)	32,5	28,6
C (90 %)	13,7	11,3
Volyymi YHT.	110,3	106
Arvo	100	94,6

Koska vaihtoehtoja on monia, luotiin Excel-tiedosto tuotetietoineen, jossa pääsee muokkaamaan palveluasteita ja muuttamaan luokittelua ja eräkokoja, jotta erilaisia

kombinaatioita voidaan testata ja nähdä niiden vaikutus. Toki vaikutus on aina sen hetkisen datan mukainen. Hinnat muuttuvat vähän kuukausittain, toimitusajoissa ja menekissä voi tapahtua muutosta, mutta näin saadaan käsitys, millainen vaikutus eri ratkaisuilla varastonhallinnan kannalta on. Samassa tiedostossa on myös tilauspistelaskenta, joka voidaan päivittää hakemalla uusien myyntidata, jalka lopullinen luokittelu ja palveluasteet on päätetty ja antaa sitten ajettavaksi toiminnanohjausjärjestelmään.

Koska työn rajauksissa oli määritetty varaston tavoitetaso, niin esitetyistä ratkaisuista sen alle päästäisiin esimerkiksi Floresin yhdistelmämatrisilla luokittelulla 20/30/50 ja palveluasteilla 95/87/80 (taulukko 13), käyttäen nykyisiä eräkokoja. Ratkaisussa varastotaso jäisi 4,3% alle tavoitteen. Jos halutaan parantaa palveluasteita ja lisäksi kustannuksia siirtymällä taloudellisiin eräkokoihin, pystyttäisiin samalla luokittelulla nostamaan palveluasteet esimerkiksi tasolle 97/90/85 ja vielä pysymään tavoitteessa.

Jotta asia ei olisi näin yksinkertainen, täytyy päätöksiä tehtäessä ottaa vielä huomioon lisäksi se, kuinka usein tuotetta valmistetaan, eli käytännössä erä koko ja se, mitä palveluaste tämän myötä tarkoittaa. Tällä on suuri merkitys saatavuuden kanssa, sillä jos tuotetta valmistetaan vuoden tarve kerrallaan, niin riski, että tuote loppuu varastosta, on myös kerran vuodessa. Kun taas tuotteella, jota valmistetaan kerran kuussa kuukauden tarve, on myös riski tuotteen loppumiseen kerran kuussa eli 12 kertaa vuodessa. Jos palveluaste molemmilla tuotteilla on 90, niin ensimmäisellä tuotteella on 10% riski loppua varastosta vuoden aikana, kun toisella tuotteella se on 72%, sillä tuo riski tapahtuu 12 kertaa ($1 - 0,9^{12}$). Tämä on hyvä pitää mielessä, kun tehdään päätöksiä, millaisissa erissä tuotteita valmistetaan, ja ettei automaattisesti oleteta, että korkea palveluaste tarkoittaa sitä, ettei tuote loppuisi varastosta.

XYZ-luokittelua ei otettu mukaan tähän vertailuun, sillä se on hiukan erityyppinen menetelmä, joka ei arvosta myyntiarvoa eikä asiakaslähtöisyyttä, vaan perustuu ainoastaan siihen kuinka tasaista tai vaihtelevaa kunkin tuotteen myynti on. Sitä voisikin kenties käyttää enemmän myynnin ennustamisen puolella, sekä tukemassa luokittelupäätöksiä vaiheessa, jossa tuotteita ollaan siirtämässä C-luokasta D-luokkaan tai toisinpäin.

4.4 Pelisääntöjen luominen

Lisäksi haluttiin luoda pelisäännöt, joiden puitteissa tuotantoa ohjataan, jotta jokaiselle osapuolelle - tuotannolle, asiakaspalvelulle ja myynnille – on selvää missä järjestyksessä tuotteita varastoon luodaan ja miten toimitaan puutetilanteen yllättäessä. Lisäksi toivottiin ohjeistusta, miten uutta tuotetta aletaan ohjata, kun myyntihistoriaa ei ole saatavilla ja ennustaminen on epävarmaa sekä sääntöjä, miten määritellään standardituote ja milloin se muuttuu erikoistuotteeksi ja toisinpäin. Tässä paneudutaan tarkemmin näihin.

Tuotannolla on käytössä ajonvaihtomatriisi, eli ensisijainen ajojärjestys, mitä noudattamalla saadaan nopeimmat ajonvaihdot ja vähiten hävikkiä. Tämä vastaa myös siihen, kun osa tuotteista on hyvä valmistaa samassa yhteydessä toisen tuotteen kanssa, jotta mittavilta asetusajoilta vältytään. Joten ajonojoja muokataan, jotta ajot pystytään ajamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti.

Luokittelua voidaan hyödyntää järjestämällä ajot ajonvaihtomatriisin sisällä priorisoimalla ylemmän luokan tuotteet suhteessa alempiin siellä missä mahdollista. Tilanteessa, jossa on riski, että tuotteet pääsevät loppumaan varastosta, on ajonvaihtomatriisi ohitettava ja ajettava kiireellisimmät ensin, sillä ei ajonvaihtomatriisilla voi tuotteiden valmistamista siirtää liian pitkällekkään. Jotta ohjaamiseen saataisiin pientä pelivaraa, ettei tarvitse kokonaan luopua joustavuudesta, mietittiin erilaisia toimituslupauksia tuoteluokille. A-luokan tuotteet priorisoitaisiin muiden ohi, siten että niitä pystyttäisiin aina toimittamaan luvatusi, ja muille luokille vähän pidempi toimituslupaus kuten kahden viikon tai kuukauden sisällä näin aluksi, kunnes nähdään miten se alkaa toimimaan käytännössä ja onko lupausta mahdollista parantaa. Isot toimitukset kuitenkin luvataan yleensä 4-6 viikon toimitusajalla, jolloin nämä lupaukset olisivat sen sisällä.

Uusille tuotteille, joille halutaan myyntiä sekä joista pitää olla mahdollisuus toimittaa näytteitä, täytyy saatavuus taata. Tällöin tuote olisi hyvä laittaa luokkaan A, kunnes sille jossain vaiheessa saadaan historiallista dataa, jonka mukaan luokittelua ja ohjausta voidaan määrittää uudelleen. Uuden tuotteen menekkiä on myös vaikeaa ennustaa, joten eräkoon määrittely voi olla haasteellista. Lisäksi uuden tuotteen vakiintumisessa markkinoilla voi mennä aikaa jopa joitakin vuosia. Eräkoon määrittelyssä tulee huomioida markkinoinnin lanseeraussuunnitelma

ja siihen tarvittavat määrät, muuten ihan tuotannon minimierä voisi olla hyvä ratkaisu tai maksimissaan yhdelle lavalle menevä määrä, sillä on se lava sitten täynnä tai puoliksi täynnä, vie se varastossa kuitenkin sen yhden lavapaikan. Tähän toki vaikuttaa myös tuotteen viemä tila lavalla ja miten se vastaa minimierää.

Yhtenä ongelmana myös on ollut varastoon vanhenevien tuotteiden kohtelu. Yrityksen muu tuotanto on pääsääntöisesti rullatavarana toimitettavaa muovikalvoa ja -laminaattia, joiden käyttöikäksi on määritetty yksi tai kaksi vuotta, ja jotka yleensä valmistetaan tilausta vastaan asiakkaalle, eli tuote pääsääntöisesti toimitetaan asiakkaalle tilauksen valmistuttua. Sterilointipakkauksien osalta tilanne on toinen, sillä niitä nimenomaan valmistetaan varastoon ja niillä on huomattavasti pidempi käyttöikä. On käynyt niinkin, että joku varastossa seisonut tuote on hävitetty, koska se ei ole liikkunut, ja seuraavassa hetkessä sille onkin tullut tilaus ja tuotetta on jouduttu valmistamaan uudelleen. Joten näille tuotteille tarvitaan toisenlaiset säännöt. Jos yleisin kriteeri käyttöiän suhteen on, että puolet ajasta tulee olla jäljellä toimitettaessa asiakkaalle, niin tällöin soveltuisi hävittämiskriteeriksi tuo aikamääre. Tällöin osalle tuotteista se olisi vuosi ja osalle 5 vuotta. Tilannekohtaisesti voisi myös selvittää, onko edellytyksiä myydä näitä tuotteita erikoishintaan tai antaa hyväntekeväisyyteen.

Toisinaan on käyty keskustelua nimikemäärän vähentämiseksi, jotta tuotannonohjaus, konejonot ja varastointi olisi helpommin hoidettavissa. Tämä on hankalaa, sillä tiettyjä tuotteita vaan tarvitaan, jotta saadaan tarjonta vastaamaan kysyntää ja myös erikoistuotteita tarvitaan, jotta pystytään vastaamaan kilpailutuksiin. Välillä keskustelua käydään myös toisinpäin ja pohditaan, kasvattaisiko jonkin erikoistuotteet nostaminen standardituotelistalle sen myyntiä niin paljon, että sen olemassaolo olisi helpompi perustella. Toiset tuotteet (tuotekoot) taas koetaan tärkeiksi sen takia, että kilpailijoillakin on sen kokoinen valikoimissaan, ja sellaisen poistaminen valikoimista ohjaisi asiakkaita pois heidän suuntaansa, joten pidettävä on, vaikka menekki olisi pientä. Osa näistä on lisäksi markkinaspesifisiä.

Tuotevalikoiman läpikäynti on tärkeää, jotta nähdään, että oikeita tuotteita pidetään varastossa. Varsinkin C-luokka tulee käydä läpi aika ajoin, jotta nähdään, onko tuotetta perusteltua pitää varastossa vai tulisiko tuote siirtää luokkaan D, eli tilausta vastaan tuotettaviin. Nykyisessä varastovalikoimassa on tuotteita, joiden hajonta vuositasolla on yli 2,0 ja jotka myynninkin

perusteella vaikuttavat erikoistuotteilta, mutta niiltä puuttuu erikoismerkintä. Tällaisia tuotteita on kuusi kappaletta, joten nämä tuotteet voisi olla perusteltua siirtää luokkaan D ja lisätä niille erikoismerkintä, varsinkin kun kyseessä olevia tuotteita on myyty vain yhdelle tai kahdelle asiakkaalle.

Myös erikoistuotteiden läpikäynti voisi olla hyvä suorittaa satunnaisesti. Esimerkiksi, jos kysyntää ei ole kuin yhdellä asiakkaalla (yhdellä markkinalla), ja joka käytännössä tilaa aina sen minimierän kerran vuodessa tai jopa harvemmin on perusteltua pitää tuote jatkossakin erikoistuotteena. Sen sijaan, jos tuotetta tilataan useamman kerran vuodessa, vaikka vaan minimin verran, voisi harkita tuotteen nostamista standardivalikoimaan ja luokkaan C, jotta sille voitaisiin saada kaivattua lisämyyntiä. Lisäksi osaa erikoistuotteista ja pienen menekin tuotteita myydään A-asiakkaille, joten voi olla tarpeen pohtia, kannattaako sellaista tuotetta poistaa valikoimasta. Nämä pohdinnat on kerätty alla olevaan taulukkoon 15 ehdotukseksi.

Taulukko 15 Pelisääntöehdotukset

Tuote	Uusi tuote	Standardituote	Erikoistuote ”D”
Luokittelu	Luokitellaan luokkaan A, jotta varmistetaan uuden tuotteen saatavuus	Valittu ABC-luokittelu järjestelmä	Minimitilausmäärää vastaan Hajonta >2,0
Varastonhallinta	Manuaalinen ja kriittinen seuranta, jotta puutetilanteita ei synny	Tilauspiste-järjestelmä, valitut palveluasteet	Tilausta vastaan, ei varastointia = palveluaste 0
Tuotantomäärät	Lanseeraussuunnitelma – näytemäärien tarve // Yksi lava, jos ei muuta tietoa	Taloudellinen eräkoko // Varastoseuranta -> tasapaino	Asiakastilauksen määrä, tuotannon minimi
Toimitusajat, jos syntyy puute	Kuten A	A – 1-3 päivää B – kaksi viikkoa C – 4 viikkoa	Vahvistetaan kulloisenkin tilanteen mukaan, tavoite 4-6 vkkoa
Muuta huomioitavaa	<ul style="list-style-type: none"> • Jos tuotetta tilataan yli 3 kertaa vuodessa > standardituotteeksi ja lisätään katalogiin • Jos vain yksi asiakas tai ei tilattu puoleen vuoteen > erikoistuotteeksi tai tilausten hajonta >2,0 • Hävitykseen, jos alle 50% käyttöiästä jäljellä 		

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Varastonhallinnan kehittämisessä on monia yksittäisiä elementtejä, joita muuttamalla voidaan saada aikaan parannusta eri osa-alueilla tavoitteiden mukaan. Myös yrityksen toimialalla on suuri merkitys, millaisia ratkaisuja tehdään ja mitkä kriteerit ovat toimialalla merkityksellisiä.

Myös johdon päätöksiä vaihtoehtojen osalta tarvitaan, ennen kuin kehittämisideat saadaan maaliin, sillä monesti varastonhallinnan ratkaisut nähdään strategisina päätöksinä, koska niillä on vaikutusta asiakkaiden palvelukyvykkyyteen kuin sitoutuneeseen pääomaan. Näitä ovat yleisesti ottaen varastonhallinnan keinot ja käytettävissä oleva kapasiteetti, palveluasteet, eräkokojen ja tilauspisteiden päivittämisvälit ja pelisääntöjen lopullinen määrittäminen ja hyväksyminen. Työssä onkin esitetty monia vaihtoehtoisia ratkaisuja, joista voidaan lähteä hakemaan sopivin. Ehdotusten toimivuus nähdään kuitenkin vasta käytännössä.

Lisäksi on vielä katsottava läpi toisistaan tuotettaessa riippuvaisten tuotteiden eräkokojen ja tilauspisteiden toimivuus yhteen, ja datahan on aina muokattavissa, mikäli huomataan, ettei tehdyt ratkaisut toimi. Lisäksi ehdotuksista voidaan ottaa käyttöön yksi vaihtoehto kerrallaan, kuten palveluasteet tai tilauspisteet, tai eräkokojen muutokset taloudellisempaan suuntaan. Ei kaikkea ole välttämätöntä tehdä kerralla, mutta tällöin tulee huomioida, että muutoksetkaan eivät ole yksinään tällöin järin suuria.

Lisäksi tilauspistelaskenta olisi tarpeen saada automaattiseksi toiminnanohjausjärjestelmässä, niin ei tarvittaisi työllistävää manuaalista laskentaa. Tällöin tilauspisteet voitaisiin päivittää kuukausittain juoksevan 12 kuukauden datan mukaan. Tällöin tuotteiden menekin hiipuminen tai kasvaminen tulisi huomioiduksi laskennassa välittömästi kuin manuaalisesti kerran vuodessa tarkastelemalla, jolloin trendien seurannassa ollaan jo auttamattomasti liian myöhässä. Tämän tarve on tullut demonstroiduksi varsinkin nyt, kun ennustettavuus on vielä entistä huonompi vallitsevan COVID-19 tilanteen takia, joka on peruuttanut sairaaloiden kiireettömät leikkaukset lähes kaikkialla ja täten laskenut sterilointipakkausten menekkiä maailmalla.

Jos työn tavoitteena olisi ollut yksinomaan kustannusten ja varastojen pienentäminen, voisi ehdotetut ratkaisut olla toisenlaisia. XYZ-analyysi toimia yhdessä taloudellisten tuotantoerien kanssa parhaiten, sillä tällöin tasaisemman kulutuksen X-tuotteilla voitaisiin pitää pienempää palveluastetta ja näin ollen pienempää varmuusvarastoa ja suurempaa varmuusvarastoa tuotteille, joiden ennustettavuus on huonompi. Miinuksena tässä toki on suurempi riski vaihtelevan menekin tuotteille jäädä varastoon sekä näiden huono kierto.

Jatkotutkimuksena voisi selvittää myös ensisijaista linjaa ja tuotteiden vuosikulutusta hyödyntäen myös jokaisen koneen kuorman ottaen huomioon eräkoot, asetusajat ja tuotantoajat ja laskea millä vuorojärjestelmällä ja muilla ratkaisuilla olisi tehokkainta saada tämä kuorma tuotettua.

6 YHTEENVETO

Valituilla ratkaisuilla niin luokituksen, palveluasteiden, luokkamäärien ja kriteerien suhteen on suuri merkitys sekä varaston kokoon kuin palvelukyvykkyyteen, että kustannuksiin. Riippuen valituista kriteereistä, voi olla hankalaa vetää raja luokkien välillä, sillä raja jää usein keinotekoiseksi ja rajalla olevien tuotteiden erot toisiinsa nähden olemattomiksi. Tässä ja palveluasteiden määrittelyssä tuleekin päätökset tehdä tavoitteita tukevaksi. Valinnassa tulee myös huomioida luokittelun toistettavuus, jotta luokittelu voidaan tarvittaessa tehdä uudelleen hyödyntäen samoja parametrejä ilman että siihen vaikuttaa ulkopuoliset tekijät.

Kirjallisuudesta haettiin vaihtoehtoisia luokittelutapoja perinteisen ABC-analyysin rinnalle. Vaihtoehtoja löytyi kyllä, mutta esimerkeissä tarkasteltiin usein nimikkeitä, joihin ei liittynyt omaa valmistusta. Tyypillisessä tapauksessa luokittelua oli sovellettu yli tuhannen nimikkeen varaosavarastoille, joissa varaosat tilataan varastoon ulkopuolisilta. Luokittelukriteerien arvostus ja toteutettavuus on täten erilainen kuin omavalmisteiselle tuotannolle, jossa on haasteena pitkät valmistusajat ja vaihteleva menekki. Näitä vaihtoehtoja saatiin kuitenkin sovellettua onnistuneesti myös omatuotantoisille tuotteille.

Varastonkapasiteetin rajoitteista ja pitkistä toimitusajoista huolimatta, on mahdollista löytää sellaiset ratkaisut, joilla työn tavoitteet toteutuvat ja varaston koko pysyy hallinnassa varastonarvon myös laskiessa. Tämä tarkoittaa mahdollisesti tavoitetta alhaisemman

palveluasteen ja tilapäisten puutteiden hyväksyntää, mikäli tällainen tavoite on määritetty. Jos palveluastetta halutaan kuitenkin nostaa entisestään siitä mikä nykyisellä varastonkapasiteetilla on mahdollista, on varauduttava joko tuotteiden karsintaan tai kapasiteetin kasvattamiseen. Lisäksi, vaikka tämä ei ollut työn varsinaisena tavoitteena, on mahdollista saada myös tuotekustannuksia osalla tuotteista alas nostamalla niiden eräkokoja vastaamaan taloudellista eräkokoja.

Valituilla ratkaisuilla on merkitystä varastonkoon, tuotannonkustannuksiin ja sitä kautta tuotteiden hinnoitteluun ja kannattavuuteen, ja tässä ei pelkkä luokittelu auta, vaan tarvitaan lisäksi päätöksiä palveluasteesta, jolla lienee varaston koon kannalta suurin merkitys. Lisäksi eräkokojen muutoksilla voi olla vaikutusta konekohtaisen kapasiteetin tarkastelussa, jota ei pidä unohtaa.

7 LÄHTEET

- Balaji, K. & Kumar, V. S. S., 2014. Multicriteria Inventory ABC Classification in an Automobile Rubber Components Manufacturing Industry. *Procedia CIRP*, Osa/vuosikerta 17, pp. 463-468.
- Bhattacharya, A., Sarkar, B. & Mukherjee, S. K., 2007. Distance-based consensus method for ABC analysis. *International Journal of Production Research*, 45(15), pp. 3405-3420.
- Bialas, C., Revanoglou, A. & Manthou, V., 2020. Improving hospital pharmacy inventory management using data segmentation. *Am J Health-Syst Pharm*, 77(5), pp. 371-377.
- Celebi, D., Bayraktar, D. & Aykac, D. S. Ö., 2008. Multi criteria classification for spare parts inventory (October 31, 2008). *38th Computer and Industrial Engineering Conference, October 31-November 2, 2008, Beijing, China*, pp. 1780-1787.
- Chen, Y., Li, K. W., Kilgour, D. M. & Hipel, K. W., 2008. A case-based distance model for multiple criteria ABC analysis. *Computer & Operations Research*, Osa/vuosikerta 35, pp. 776-796.
- Devarajan, D. & Jayamohan, M. S., 2016. Stock control in a chemical firm: combined FSN and XYZ analysis. *Procedia Technology*, Osa/vuosikerta 24, pp. 562-567.
- Flores, B. E., Olson, D. L. & Dorai, V. K., 1992. Management of Multicriteria Inventory Classification. *Mathl. Comput. Modelling*, 16(12), pp. 71-82.
- Flores, B. E. & Whybark, C. D., 1986. Multi Criteria ABC Analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 6(3), pp. 38-46.
- Flores, B. E. & Whybark, D. C., 1988. Know Your ABC. *Management Decision*, 26(3), pp. 20-24.
- Gupta, R., Gupta, K., Jain, B. & Garg, R., 2007. ABC and VED Analysis in Medical Stores Inventory Control. *Medical Journal Armed Forces India*, 63(4), pp. 325-327.
- Hokkanen, S. & Virtanen, S., 2012. *Varastonhoitajan käsikirja*. 1 toim. Kangasniemi: Sho Business Development Oy.
- Hoppe, M., 2006. *Inventory Optimization with SAP*. s.l.:SAP Press.
- Huiskonen, J., 2001. Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices. *International Journal of Production Economics*, Osa/vuosikerta 71, pp. 125-133.
- Huiskonen, J., Niemi, P. & Pirttilä, T., 2005. The role of C-products in providing customer service - refining the inventory policy according to customer-specific factors. *International Journal of Production Economics*, Osa/vuosikerta 93-94, pp. 139-149.

- Kampen, T. J. v., Akkerman, R. & Donk, D. P. v., 2012. SKU classification: a literature review and conceptual framework. *International Journal of Operations & Production Management*, 32(7), pp. 850-876.
- Kumar, M. S. & Chakravary, B. A., 2015. ABC-VED analysis of expendable medical stores at a tertiary care hospital. *Medical Journal Armed Forces India*, Osa/vuosikerta 71, pp. 24-27.
- Marichelvam, M., Azhagurajan, A. & Geetha, M., 2017. Reduction of spare parts inventory through combined analysis technique - a case study in a public sector company in India. *International Journal of Services and Operations Management*, 28(4), pp. 495-523.
- Millstein, M. A., Yang, L. & Li, H., 2014. Optimizing ABC inventory grouping decisions. *International Journal of Production Economics*, Osa/vuosikerta 148, pp. 71-80.
- Molenaers, A., Baets, H., Pintelon, L. & Waeyenbergh, G., 2012. Criticality classification of spare parts: A case study. *International Journal of Production Economics*, 140(2), pp. 570-578.
- Ng, W. L., 2007. A simple classifier for multiple criteria ABC analysis. *European Journal of Operational Research*, Osa/vuosikerta 177, pp. 344-353.
- Ramanathan, R., 2006. ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization. *Computers & Operations Research*, Osa/vuosikerta 2006, pp. 695-700.
- Reese, J. & Geisel, R., 1997. JIT procurement - A comparison of current practises in German manufacturing industries. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 3(3), pp. 147-154.
- Reid, R. A., 1987. The ABC method in hospital inventory management: a practical approach. *Production and Inventory Management Journal*, 28(4), pp. 67-70.
- Reiner, G. & Trcka, M., 2004. Customized supply chain design: Problems and alternatives for a production company in the food industry. A simulation based analysis.. *International Journal of Production Economics*, Osa/vuosikerta 89, pp. 217-229.
- Rintala, A., 2018. *Toimitusketjun hallinta TUDI*. Lahti, Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
- Roda, I., Macchi, M., Fumagalli, L. & Viveros, P., 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.
- Ross, D. F., 2015. *Distribution Planning and Control: Managing in the Era of Supply Chain Management*. 3. toim. New York: Springer.
- Saaty, T., 2013. Analytic Hierarchy Process. Teoksessa: S. Gass & M. Fu, toim. *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*. Boston: Springer.

- Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C. & Bergmann, J., 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.
- Teixeira, C., Lopes, I. & Figueiredo, M., 2017. Multi-criteria classification for spare parts management: a case study. *Procedia Manufacturing*, Osa/vuosikerta 11, pp. 1560-1567.
- Teunter, R. H., Babai, M. Z. & Syntetos, A. A., 2010. ABC classification: service levels and inventory costs. *Production and Operations Management*, 19(3), pp. 343-352.
- Xiao, Y.-y., Zhang, R.-q. & Kaku, I., 2011. A new approach of inventory classification based on loss profit. *Expert Systems with Applications*, Osa/vuosikerta 38, pp. 9382-9391.