

Yrityksen sisäisen kunnossapidon varaosien varastonohjaus

**Spare parts inventory management in the company's own
maintenance**

Kandidaatintyö

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Veikko Lounakoski	
Työn nimi: Yrityksen sisäisen kunnossapidon varaosien varastonohjaus	
Vuosi: 2021	Paikka: Lappeenranta
Kandidaatintyö. LUT-yliopisto, Tuotantotalous. 40 sivua, 6 kuvaa ja 1 taulukko Tarkastaja: Timo Pirttilä	
Hakusanat: Kunnossapito, varastonohjaus, varasto, varaosat	
Keywords: Maintenance, inventory management, inventory, spare parts	
<p>Työn tavoitteena on luoda kirjallisuuskatsaus yrityksen sisäisen kunnossapidon varaosien varastonohjaukseen. Varastonohjausta sisäisen kunnossapidon näkökulmasta on tutkittu hyvin vähän. Kunnossapidon varaosien varastonohjauksen pääasiallinen tehtävä on varmistaa, että varaosia on saatavilla, kun niitä tarvitaan.</p> <p>Työssä tutkiminen aloitetaan käymällä läpi eri kunnossapitolajit ja tarkastelemalla varastonohjauksen yleisiä periaatteita. Periaatteiden tarkastelun jälkeen keskitytään yrityksen sisäisen kunnossapidon varastonohjauksen erityispiirteisiin. Kappaleessa esitetään eri malleja, miten kunnossapidon varastoja voidaan hallita ja lisäksi tarkastellaan varaosien erityispiirteitä ja erityisesti varaosien luokittelua. Lopuksi tunnistetaan yleisimmät kehityskohteet, joita voi esiintyä yrityksen sisäisen kunnossapidon varastonohjauksessa.</p> <p>Kunnossapidon varastoissa säilötään monia erilaisia osia, joiden piirteet vaihtelevat esimerkiksi hinnan, kysynnän ja kriittisyyden mukaan. Tärkeimpinä tuloksina havaittiin varaosien haastavat ominaispiirteet, laajat eri nimikeryhmät ja korkeat puutekustannukset. Monet eri nimikeryhmät ja nimikkeiden korkeat puutekustannukset vaativatkin erilaista lähestymistapaa varastonohjaukseen.</p>	

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	3
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	3
1.2	Työn rajaukset ja rakenne	4
2	Kunnossapitolajit	5
2.1	Ennakoiva kunnossapito	6
2.2	Korjaava kunnossapito	6
2.3	Parantava kunnossapito	7
3	Varastonohjauksen yleisiä periaatteita	8
3.1	Varastonohjauksen tunnusluvut	8
3.2	Varastojen kustannukset ja niiden seuranta	9
4	Sisäisen kunnossapidon varaosien varastonohjaus	11
4.1	Varaosan määritelmä ja ominaispiirteet	11
4.2	Varaosatarpeen tyydyttäminen	14
4.3	Varaosien hallinta	15
4.4	Varaosien palvelutason määrittäminen	24
4.5	Varastojen keskittäminen	26
5	Sisäisen kunnossapidon varastonohjauksen yleiset kehityskohteet	28
5.1	Informaation kulku ja kunnossapitojärjestelmä	28
5.2	Nimikkeiden hallinta	29
5.3	Varaosavarastojen hallinta	31
6	Yhteenveto	33
	Lähteet	35

1 JOHDANTO

Teollisuudessa kunnossapitoa ja siihen liittyvää varastonohjausta on perinteisesti tarkasteltu erillisenä tuotannon tukitoimintona, jossa varastonohjaus toimii kunnossapidon tukitoimintona. Tästä syystä kunnossapidon varastonohjaus ja siihen liittyvät työtehtävät jäävät yleensä vähälle huomiolle sekä kehittämisen liittyvien investointien että työtehtäviin liittyvän koulutuksen osalta. Yleensä varastonohjausta hoitaa kunnossapitopäällikkö, kunnossapidon työnjohtajat ja asentajat.

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Työskennellessäni kunnossapidon työsuunnittelijana huomasin, kuinka aikaansa jäljessä kyseisen yrityksen kunnossapidon varastonohjaus on. Kun tutkin asiaa lisää, huomasin että tilanne muissa yrityksissä on samankaltainen. Lisäksi kyseistä osa-aluetta on tutkittu hyvin vähän. Tästä syystä työni aiheeksi valikoitui yrityksen sisäisen kunnossapidon varastonohjaus. Työssä luodaan kirjallisuuskatsaus, jonka perusteella kuka vain voi ymmärtää, mitä oman kunnossapidon varastonohjaus pitää sisällään. Lisäksi kunnossapidossa työskentelevät voivat tarkastella, mihin osa-alueisiin heidän tulisi keskittyä omassa varastonohjauksessaan. Kunnossapitoa ja varastonohjausta on erikseen tarkasteltu monissa eri tutkimuksissa, mutta yrityksen sisäisen kunnossapidon varastonohjauksesta löytyy vähän materiaalia ja tehdyt tutkimukset ovat kapea-alaisia. Työn tavoitteena on luoda tieteellinen kirjallisuuskatsaus, josta lukijalle selviää mitä yrityksen sisäisen kunnossapidon varaosien varastonohjaus sisältää ja vastata seuraaviin kysymyksiin:

- Miten varaosat eroavat muista materiaaleista?
- Mitkä ovat yrityksen sisäisen kunnossapidon varaosien varastonohjauksen erityispiirteet?
- Mitkä ovat yrityksen sisäisen kunnossapidon varaosien varastonohjauksen yleisimmät kehityskohteet?

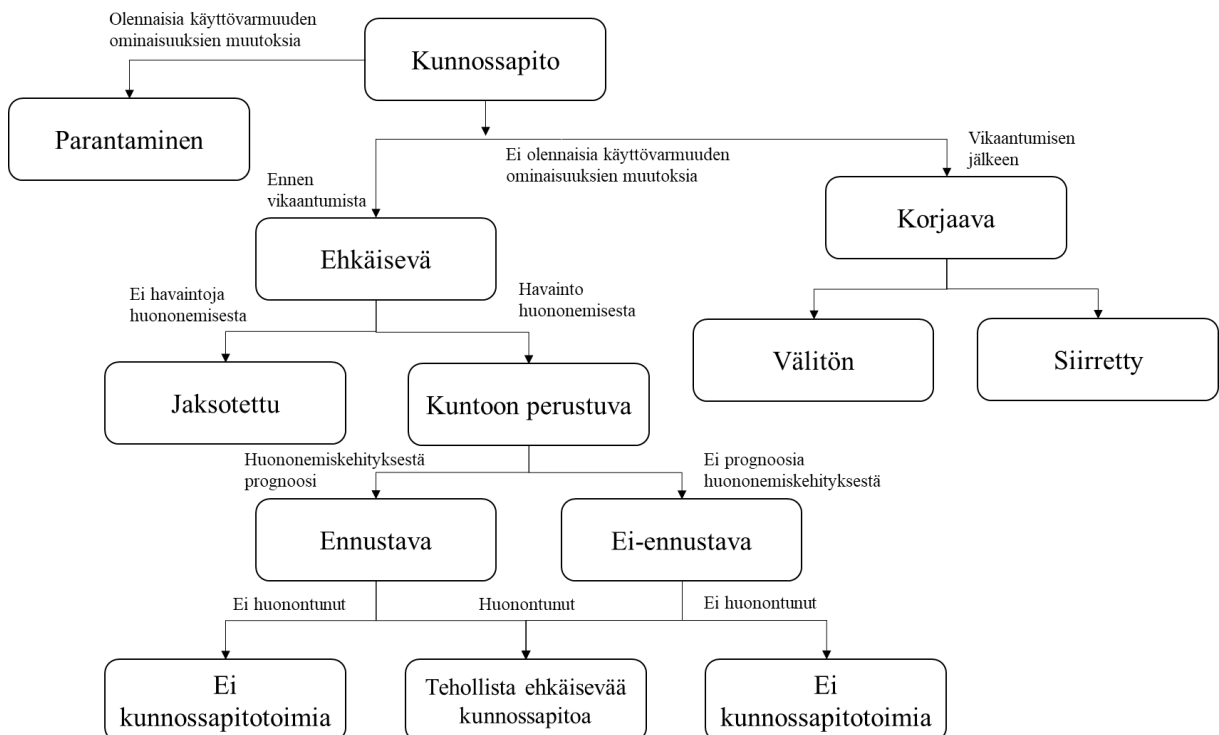
1.2 Työn rajaukset ja rakenne

Työ on rajattu yrityksen sisäisen kunnossapidon varaosien varastonohjaukseen. Kunnossapidon varaosavarastoja on olemassa muitakin, kuten valmistajan varaosavarastoja, joihin ei tässä työssä paneuduta. Varastonohjausmuotojen ja -ohjausarvojen määrittämiseen ja laskemiseen ei keskitytä tässä työssä tarkemmin, eikä varastonohjauksen kehityskohteille mietitä tarkempia ratkaisuja. Tässä työssä varastonohjaus sisältää kunnossapidon ostotoiminnot, varastotoiminnot, varaosien hallinnan sekä varaosan toimittamisen asennuskohteeseen saakka.

Työn alussa käydään läpi kunnossapidon eri tehtävät ja mihin eri osa-alueisiin se voidaan jakaa. Toisessa kappaleessa tarkastellaan varastonohjauksen yleisiä periaatteita. Tämän jälkeen siirrytään tutkimaan sisäisen kunnossapidon varaosien varastonohjauksen erityispiirteitä. Viimeisessä osiossa käydään läpi yleisimpiä kehityskohteita, joita nousi esiin tarkasteltaessa sisäisen kunnossapidon varastonohjausta ja syitä mistä ne johtuvat. Lopuksi kootaan yhteen työn keskeisimmät tulokset yhteenvetoon.

2 KUNNOSSAPITOLAJIT

SFS-EN 13306 (2017) standardi määrittelee kunnossapidon sisältävän kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet. Toimenpiteiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon. Pääosin kunnossapidon perustehtävänä on pitää koneet ja laitteet käyttökunnossa, sekä huolehtia niiden työturvallisuudesta ja luotettavuudesta. Suurimmaksi osaksi tällä tarkoitetaan vikojen ja häiriöiden korjaamista, jota kutsutaan korjaavaksi kunnossapidoksi. Tämä ei kuitenkaan ole enää kunnossapidon päätarkoitus, vaan kunnossapidolla pyritään estämään mahdolliset häiriötilanteet tuotannossa, jota kutsutaan ennakoivaksi kunnossapidoksi. (Järviö, 2007) Kunnossapidon kehittämisen myötä on tullut uusi päälaaji parantava kunnossapito. Kunnossapidon varastonohjaus on tärkeä osa kaikkia kolmea eri ylälajeja. Kuva 1 näemme SFS-EN 13306 (2017) standardin mukaiset kunnossapitolajit, joista käsitellään kunnossapidon ylälajeja: parantavaa-, ehkäisevää- ja korjaavaa kunnossapitoa. Kuvassa näkyvät lisäksi eri piirteet, jonka perusteella kutakin eri lajia sovelletaan kunnossapidossa.



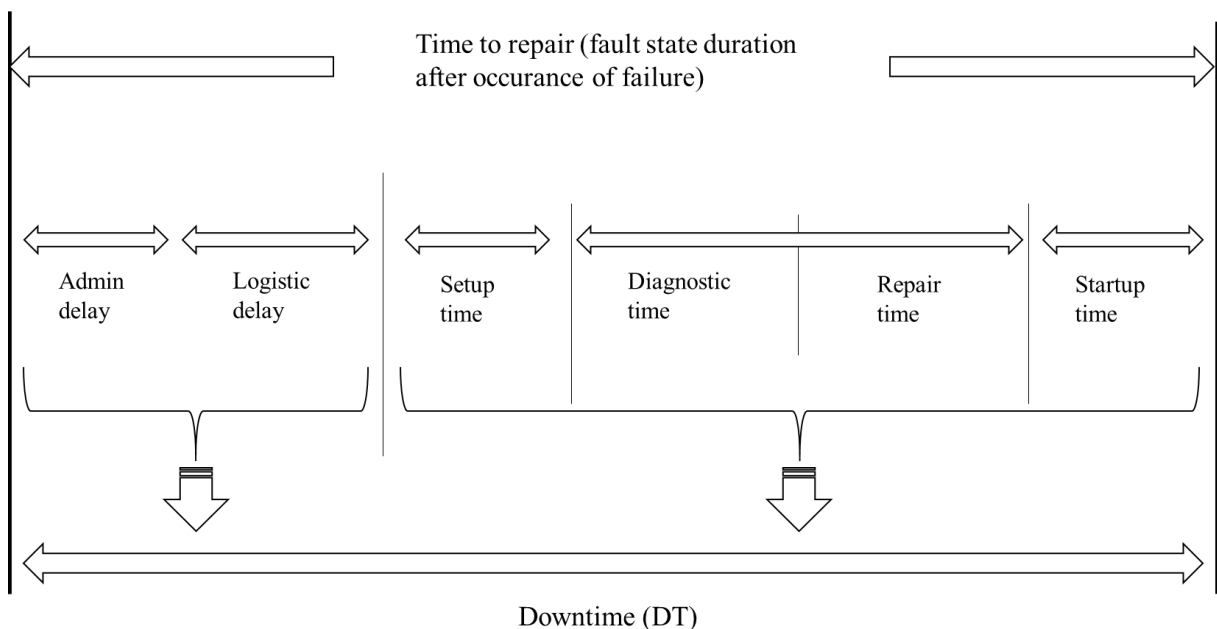
Kuva 1 Kunnossapidonlajit (SFS-EN 13306, 2017)

2.1 Ennakoiva kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon tarkoituksena on arvioida ja/tai vähentää kohteen heikentymistä ja vikaantumisen todennäköisyyttä (SFS-EN 13306, 2017). Kun ehkäisevä kunnossapito tuli mukaan toimintaan, kunnossapidon tehokkuuden käsite muuttui. Tärkeintä ei ole enää korjata vikoja nopeasti, vaan estää vikojen syntyminen tehokkaasti. Ennaltaehkäisyä tapahtuu muun muassa suunniteltujen seisakkien yhteydessä (Kennedy et al., 2002).

2.2 Korjaava kunnossapito

Korjaavan kunnossapidon tarkoituksena on vian havaitsemisen jälkeen palauttaa kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun toiminnon. Korjaava kunnossapito jakaantuu välittömään- ja siirrettyyn korjaavaan kunnossapitoon. Siirretyllä korjaavalla kunnossapidolla tarkoitetaan kunnossapitotoimia, jota ei suoriteta heti välittömästi vian havaitsemisen jälkeen, vaan viivästytetään ajan sallimissa puitteissa. Välitön korjaava kunnossapito suoritetaan heti vian havaitsemisen jälkeen, jotta välttyttäisiin haitallisilta seurauksilta. (SFS-EN 13306, 2017)



Kuva 2 Laitteen seisokkiajan eri aikakomponentit (Cavalieri et al., 2008)

Varaosavarastot ovat välttämättömiä pitämään edistyneiden tuotantohyödykkeiden seisokit kohtuullisissa rajoissa (Sherbrooke, 2004; Van Houtum & Kranenburg, 2015). Investoinnit

varaosavarastoihin voivat olla valtavia, koska valikoima sisältää monia erilaisia tuotteita, jotka voivat olla kalliita, hitaasti liikkuvia ja joilla on pitkä toimitusaika. Kuva 2 nähdään ennustamattomien osien rikkoutumisesta aiheutuvien seisakkien koostuvan monista eri komponentista, jotka kaikki voivat vaarantaa laitoksen tuottavuuden. Virheen syyn poistamiseen tarvittavan ajan lisäksi on olemassa aikakomponentteja, jotka johtuvat huoltotoimien logistiikkatuesta. Jos varaosaa ei löydy, aiheutuu lisäviivästyksiä. Viivästykset johtuvat yhteydenpidosta toimittajien kanssa ja varaosan toimitusajasta, joka voi kestää laitekohtaisten osien kanssa useita viikkoja tai kuukausia. Tästä syystä kunnossapidossa on yritetty siirtyä ennakoivaan kunnossapitoon, jotta puutetilanteilta voitaisiin välttyä ja varastotasot voitaisiin pitää alhaisina.

2.3 Parantava kunnossapito

Parantavalla kunnossapidolla tarkoitetaan yhdistelmää kaikista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joilla on tarkoitus parantaa kohteen toimintavarmuutta ja/tai kunnossapitokestävyyttä ja/tai turvallisuutta ilman, että alkuperäinen toiminto muuttuu (SFS-EN 13306, 2017).

3 VARASTONOHJAUKSEN YLEISIÄ PERIAATTEITA

Varastonohjaus on toimintaa, jolla hallitaan varastoon sitoutunutta pääomaa ja materiaalivirtoja. Varastonohjauksen tulee tarjota tietoa siitä, kuinka usein varastoja tulisi täydentää ja miten suurissa erissä. (Ganeshan et al., 2001) Varastonohjauksen perustehtäviin kuuluvat kierto- ja varmuusvaraston hallinta. Kiertovarastolla tarkoitetaan sitä varastonosaa, jolla tyydytetään ennakoitu kysyntä tietyllä aikavälillä. Varmuusvaraston tavoite on varmistaa tuotteen saatavuus kysynnän vaihdellessa, kun halutaan välttyä puutetilanteilta. Varmuusvaraston tarve riippuu kysynnän vaihtelusta ja varaosille asetetuista palveluastavoitteista. Varmuusvarasto kasvattaa keskimääräistä varastotasoa ja lisää varastoon sitoutunutta pääomaa. (Ritvanen et al., 2011; Sakki, 2009)

Mitä enemmän varastossa on nimikkeitä ja nimikeryhmiä, sitä helpommin varaston arvo kasvaa hallitsemattomasti. Tästä syystä varastonohjaus pitää pystyä toteuttamaan yksinkertaisesti ja tehokkaasti palvelutason kärsimättä. Stevensonin (2009) mukaan palvelutaso on todennäköisyys, jolla varasto pystyy vastamaan toteutuneeseen kysyntään. Palvelutason nostaminen johtaa yleensä korkeampiin kustannuksiin ja siksi jokaiselle nimikkeelle ei voida tarjota täyttä palvelutasoa. Tästä syystä eri nimikeryhmille tulee määrittää omat palvelutasot, jolloin nimikkeitä voidaan ylläpitää kustannustehokkaasti ja samalla varmistaa saatavuus kriittisille nimikkeille (Haverila et al., 2009).

3.1 Varastonohjauksen tunnusluvut

Varastonohjauksen apuna käytetään yleensä mittareita, joiden avulla pystytään seuraamaan varastonhallinnan kannalta tärkeitä lukuja ja niiden kehitystä. Varastonohjauksen kolme yleisintä mittaria on varaston kierto, varaston riitto ja keskimääräinen varasto. Yritysten kannattaa pyrkiä nopeaan varaston kiertoon, koska se vapauttaa yrityksen varaston sitoutunutta pääomaa muuhun tuottavaan toimintaan. (Karrus, 2005) Varaston kierto lasketaan jakamalla kulutuksen osuus varaston keskiarvolla. Molempien arvojen tulee olla hinnoiteltuna nimikkeen hankintahintaan. (Hançerlioğulları, G. et al., 2016)

$$\text{Varaston kierto} = \frac{\text{vuoden kulutuksen arvo}}{\text{varaston keskiarvo}}$$

Varaston riitto kertoo, kuinka monta päivää nimike on ollut keskimäärin varastossa ennen kulutusta. Varaston riitto lasketaan kertomalla varastojen keskiarvon ja vuoden kulutuksen arvon suhde 365 päivällä. (Chae, 2009)

$$\text{Varaston riitto} = \frac{\text{varastojen keskiarvo}}{\text{vuoden kulutuksen arvo}} \times 365$$

Keskimääräinen varasto kertoo, kuinka paljon nimikettä on keskimäärin varastossa ja kuinka paljon varasto keskimäärin sitoo pääomaa. Keskimääräinen varastotaso voidaan laskea, kun tiedetään varmuusvarasto ja tilauseräkokoko. (Patton & Steele, 2003)

$$\text{Keskimääräinen varasto} = \text{varmuusvarasto} + \frac{\text{tilauseräkokoko}}{2}$$

3.2 Varastojen kustannukset ja niiden seuranta

Varastoinnin kustannukset muodostavat suuren osuuden yrityksen kustannuksista, siksi on tärkeää ymmärtää, mistä nämä kustannukset aiheutuvat. Varastoinnin kustannukset muodostuvat tilaus-, varastonpito- sekä puutekustannuksista. (Shenoy & Rosas, 2018) Puutekustannuksia aiheutuu, kun tuotteen kysyntä ylittää varastossa olevan tarjonnan. Puutekustannuksia on vaikea arvioida ja mitata, mutta pääasiassa kustannuksia aiheutuu mahdollisen myynnin menettämisestä, asiakastyytyväisyyden laskusta, viivästymismaksuista ja laitteen rikkoutumista aiheutuvan seisakin kustannuksista. (Stevenson, 2009)

Varastonpitokustannukset muodostuvat sitoutuneesta pääomasta, tilakustannuksista, työvoimasta, hävikistä ja vakuutuksista. Varastoinnin kustannuksista suurin osa on sitoutuneen pääoman kuluja. Pääoma on kiinni yrityksen varastoissa, eikä sitä voida käyttää muuhun tuottavaan toimintaan. Tilakustannukset muodostuvat varastoinnista aiheutuvista vuokrakuluista, sekä hyllytykseen liittyvistä välinekustannuksista. Työvoimakustannuksiin lasketaan kustannukset työntekijöistä, jotka ylläpitävät varastodataa ja hallitsevat varastoja. Hävikkikustannukset koostuvat vanhentumisen vuoksi pilalle menevistä materiaaleista. Vakuutuskustannukset koostuvat yrityksen ottamista vakuutuksista varastoitaville tuotteille ja varastoille. Lisäksi tilausten tekemisestä aiheutuu paljon kustannuksia yritykselle. Tilaaminen vaatii paljon taustatyötä, resursseja ja tiedon välittämistä toimittajan kanssa. Tilausten

tekemisen lisäksi kustannuksia tulee tarjouspyyntöjen tekemisestä, ongelmatilanteiden selvittämisestä, laatuvaatimuksista, varastotasojen selvittämisestä, sopivan toimittajan löytämisestä ja tilauksen vastaanottamisesta. (Patton & Steele, 2003; Stevenson, 2009)

Yksi tapa tuoda kustannuksia alas, on hyödyntää kaksoishankintaa. Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että kaksoishankinta ja toimittajien optimointi voi johtaa kustannuksien laskuun. (Veeraraghavan & Scheller, 2008; Bousdekis, 2017) Kaksoishankinta on sisälletty moniin teollisiin tapauksiin, esimerkiksi Caterpillar (Rao et al., 2000) käytti yleensä kaksoishankintaa; Caterpillar tilasi suurimman osan materiaaleistaan tavanomaisilta toimittajilta halvemmalla ja pidemmällä toimitusajalla, mutta vaihtoivat tarvittaessa muihin kanaviin nopeamman toimituksen tarpeessa. Toisena esimerkkinä Apple, joka kääntyi Samsungin puoleen ostaakseen osan korkean resoluution verkkopaneeleistaan, kun sen päätoimittaja ei pystynyt toimittamaan riittävä määrä yksiköitä (Huang et al., 2018).

4 SISÄISEN KUNNOSSAPIDON VARAOSIEN VARASTONOHJAUS

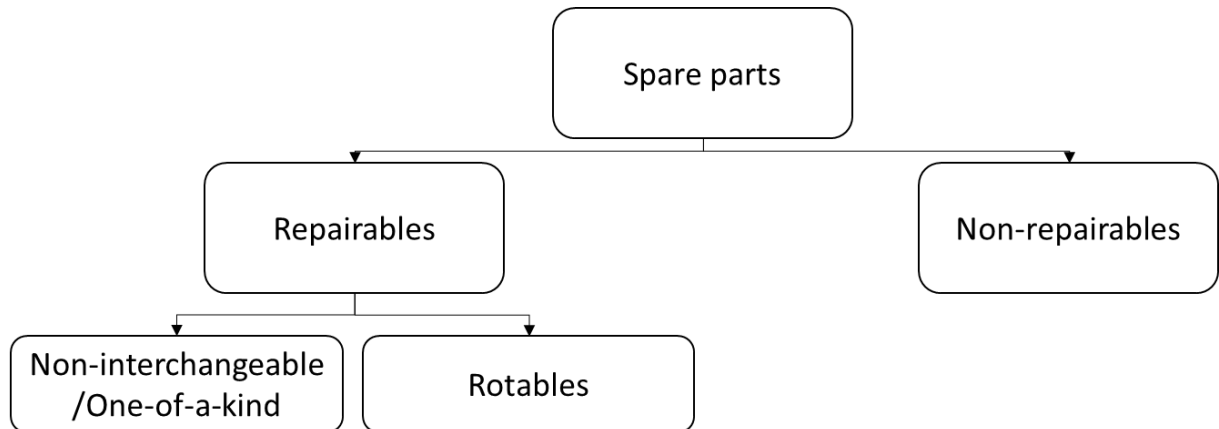
Sisäisen kunnossapidon periaatteena on hoitaa kunnossapitotyöt itse (Mikkonen, 2009). Varastonohjaus on tärkeä osa sisäisen kunnossapidon toimintaa, jolla varmistetaan varaosien saatavuus. Sisäisen kunnossapidon varastonohjauksessa kunnossapidon johtajat määrittävät ostetaanko varaosat varastoon vai käyttöön. Vaihtoehtoisessa ratkaisussa varaosia ostetaan sekä käyttöön että varastoon. Joissain tapauksissa yrityksellä voi olla palvelusopimus laitetoimittajan kanssa, joka palvelusopimuksen ehtojen mukaan huolehtii laitteen ylläpidosta ja toimittaa tarvittaessa varaosia (Mo, Tseng & Cheung, 2014). Tällä tavalla yrityksen sisäinen kunnossapito pystyy vähentämään joissain laitteiden tapauksessa varastoitavien varaosien määrää. Perinteiset varastonohjausta helpottavat tunnusluvut, varaston kierto ja riitto eivät ole järkeviä tarkastelukohteita, koska ne eivät kerro kunnossapidolle mitään. Varaosat saattavat olla varastossa, vaikka koko laitteen käyttöiän ajan ja olla koko ajan yhtä tärkeitä.

Tehdasteollisuudessa kunnossapidosta riippuvat kustannukset muodostavat 15–70 % tuotannon kokonaiskustannuksista toimialasta riippuen. (Bevilacqua & Braglia, 2000) Kunnossapito on varaosavarastojen suurin kysynnän kohde. Usein suoritettavat ennakoivat huoltotoimenpiteet johtavat kasvaviin tilauskustannuksiin, kun taas vähemmän ennakoivaa huoltoa kasvattaa riskiä yllättäviin osien rikkoutumisiin. Varaosat ovat edellytys huoltojen suunnittelulle. Varaosapula vaikeuttaa huoltotoimenpiteiden toteuttamista, kun taas varaosien liiallinen määrä vie tilaa, rahaa ja lisää varastonpitokustannuksia. (Zheng, 2021) Tehokkaalla varastonohjauksella komponenttien odotettua vika-aikaa ja kunnossapidon kokonaiskustannuksia voidaan vähentää huomattavasti (Dekker, 1996).

4.1 Varaosan määritelmä ja ominaispiirteet

Varaosien hankinta ja varastointi on suoraan yhteydessä kunnossapidon toimintaan (Inderfurth & Mukherjee, 2007). Varaosat ovat vaihdettavia osia tai laitteita, joita voidaan käyttää huollon aikana poistettujen tuotteiden korvaamiseen (Huiskonen, 2001). Varaosakustannusten osuus tuotteen elinkaarikustannuksista on suuri. Koneet, joiden käyttöikä on noin 30 vuotta, kuluttavat vuosittain varaosia jopa 2.5 % tuotteen ostohinnasta. (Gallagher et al., 2005) Teoreettisesta näkökulmasta varaosien kysyntämallien luonne aiheuttaa merkittäviä vaikeuksia sekä ennusteiden, että varastojen valvonnan suhteen. Pienetkin investoinnit varaosien

saatavuuteen tai varaston toimivuuteen saattavat johtaa merkittäviin kustannussäästöihin. (Syntetos, 2009) Ongelma onkin, että miten osataan varastoida oikeat varaosat ja varmistaa, että tarvittavia varaosia löytyy, kun niitä tarvitaan.



Kuva 3 Varaosien jakaminen

Fortuin & Martin (1999), Driessen et al. (2015) ja Gu & Li (2015) jakavat varaosat kahteen eri kategoriaan (Kuva 3):

1. Korjattaviin varaosiin (Repairables): joita kutsutaan myös palautettavaksi tuotteiksi ja kierrätettäväksi osiksi. Korjattavat varaosat voidaan jakaa ei vaihdettavissa oleviin (Non-interchangeable/ One-of-a-kind) ja käännettäviin (rotables). Jos ei vaihdettavissa oleva osa on viallinen ja tuotannon sammuttaminen on väistämätöntä, käyttäjän on hyväksyttävä vähintään aika, joka tarvitaan osan korjaamiseen ennen kuin järjestelmä on jälleen toiminnassa. Toisaalta, jos viallinen osa on käännettävissä, se vaihdetaan toiseen osaan ja viallinen osa viedään pajalle korjattavaksi. Kun korjauksen jälkeen osasta tulee taas toimiva, se laitetaan muiden toimivien osien joukkoon varastoon odottamaan käyttöä.
2. Ei-korjattaviin (Non-repairables): Jos osasta tulee viallinen, se poistetaan ja korvataan uudella tuotteella.

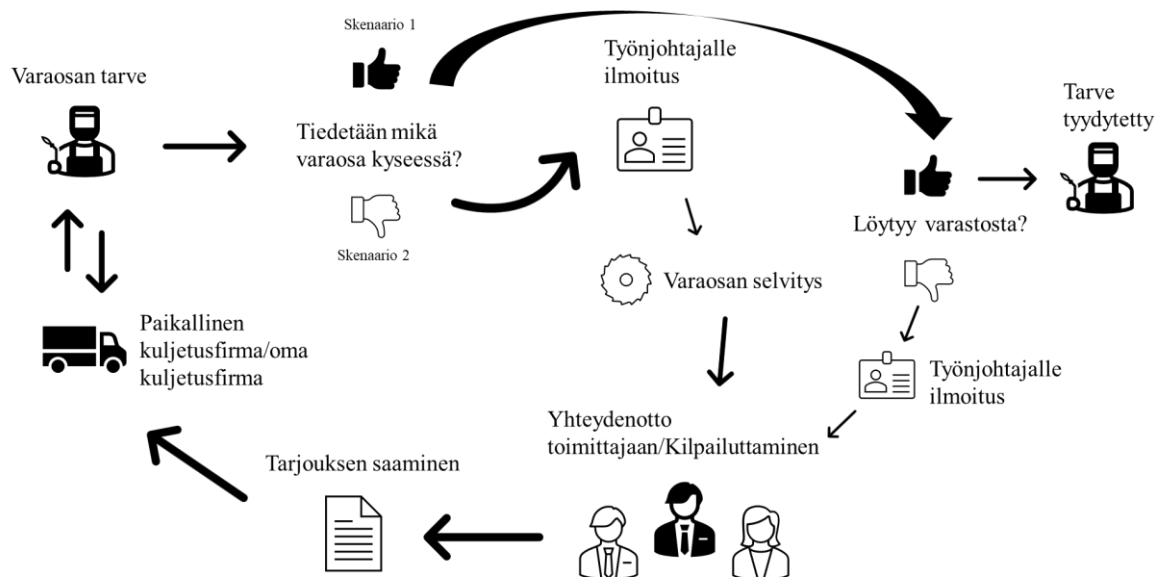
Varaosat ovat markkinoiden erikoistuotteita, jotka eroavat tavallisista materiaaleista monella eri tapaa. Huiskonen (2001), Hu et al. (2018), Roda et al. (2014), Cavalieri et al. (2008) Fortuin, L. & Martin, H. (1999) sekä Kennedy et al. (2001) erottelevat varaosat muista materiaaleista seuraavien ominaisuuksien perusteella:

- Korkeat palveluvaatimukset: laite halutaan saada heti toimimaan, jotta tuotanto ei jää jälkeen ja aiheudu mittavia puutekustannuksia.
- Satunnainen ja vaikeasti ennustettava kysynnän määrä: laitoksen osavikoja ei voida ennustaa, joten on hyvin epävarmaa, milloin mitäkin varaosaa tarvitaan ja kuinka paljon.
- Tiedon näkyvyys: varastotietojen tallenteet ovat vajavaisia, tilausprosessi on tehoton ja varaosienhallinta järjestelmä ei ole ajan tasalla.
- Varaosien vaihtelevat hinnat ja kulutus: joidenkin osien kulutus on korkea ja toisilla alhainen ja joillekin varaosille on ominaista alhaiset ostokustannukset, kun taas toisille korkeat.
- Saatavuus: joitain varaosia voi saada päivän varoitusajalla ja toisia saattaa joutua odottamaan kuukausia
- Varaosanimikkeiden suuri määrä ja luokittelu: varaosanimikkeitä on valtava määrä ja niiden luokittelu on haastavaa. Tästä syystä nimikkeistön sisältä löytyy suuria eroja.
- Toimittajien vaihteleva määrä: varaosien hankinta rajoittuu usein muutamaan toimittajaan, mikä aiheuttaa rajoituksia hankinnan läpimenoajalle ja kustannuksille.
- Varaosien vanhentuminen: todella vaikea määrittää, kuinka monta varaosayksikköä tulee varastoida. Tämä voi johtaa varaosien vanhenemiseen varastossa, kuten esimerkiksi tiivisteet ja kiilahihnat, jotka vanhenevat ajan kuluessa.

Suurin ero varaosien ja muiden materiaalien välillä on niiden olemassaolon tarkoitus. Varaosille on ominaista nolla kysynnän jaksohavainnot, joihin ei ole satunnaisia vaatimuksia (Boylan & Syntetos, 2010). Tästä syystä varastossa olevien varaosien säilytysajat saattavat venyä todella pitkiksi. Varaosia on kuitenkin pakko säilyttää, koska niiden saatavuus on todella huono ja osan rikkoutuminen koneessa saattaa aiheuttaa mittavia kustannuksia. Varaosaluokittelua käytetään varaosien hallinnan apuna, jotta pystytään keskittymään tärkeimpiin kohteisiin ja helpottamaan päätöksentekoprosessia (Syntetos et al., 2009). Varaosien luokittelua käydään läpi lisää varaosien palvelutason määrittäminen osiossa.

4.2 Varaosatarpeen tyydyttäminen

Materiaali ja aikapuskurit tuotannonjärjestelmissä ja toimitusketjuissa vähenevät koko ajan, joka aiheuttaa painetta varastonohjaukselle. Yrityksen sisäisen kunnossapidon varastonohjauksen toiminnan periaate ja suurin haaste on toimittaa tarvittavat varaosat kunnossapidolle mahdollisimman nopeasti (Cohen et al., 1997). Kuva 4 näemme peruseriaatteen yrityksen sisäisen kunnossapidon varastonohjauksen toiminnasta ja eri vaihtoehdoista, joilla varaosa saadaan asentajalle ja tuotannon seisakki saadaan pidettyä mahdollisimman lyhyenä. Varaosatarpeen tyydyttämiseen liittyy useita eri skenaarioita, jotka käymme seuraavaksi läpi.



Kuva 4 Varaosatarpeen tyydyttäminen

Tilanne lähtee siitä, kun kunnossapidossa syntyy varaosan tarve. Ensimmäisenä tulee varmistaa, että tiedetäänkö mikä varaosa on kyseessä. Käydään läpi ensin skenaario 1. Jos asentaja tunnistaa varaosan, asentaja tarkistaa järjestelmästä löytyykö varastosta kyseistä varaosaa. Jos käytössä ei ole järjestelmää, asentaja käy tarkistamassa varastosta löytyykö sieltä kyseistä varaosaa. Paras skenaario on varaosan löytyminen varastosta ja tuotanto saadaan heti takaisin käyntiin. Jos varaosaa ei löydy, asentaja ilmoittaa työnjohtajalle puuttuvasta varaosasta, joka tämän jälkeen ottaa yhteyden toimittajaan ja tarvittaessa kilpailuttaa useamman eri toimittajan. Seuraavaksi käydään läpi skenaario 2. Jos ei tiedetä mikä varaosa on kyseessä, asentaja ilmoittaa asiasta työnjohtajalle ja he alkavat selvittämään mikä varaosa voisi olla

kyseessä. Tämä tapahtuu yleensä verkosta tai kansioista löytyvien varaosakuvien avulla. Kun on selvitetty mikä varaosa on kyseessä päästään samaan kohtaan mihin skenaario 1 jäi.

Tästä eteenpäin prosessi pysyy molemmissa skenaarioissa samana. Työnjohtaja saa tarjouksen toimittajalta ja tarkistaa että kaikki täsmää ja varaosa on oikea. Tämän jälkeen työnjohtaja hoitaa varaosalle kuljetuksen. Lopuksi varaosa saapuu yritykselle. Kunnossapidon tarve saadaan tyydytettyä ja tuotantolinja saadaan taas käyntiin. Kun tilanne on saatu hoidettua, tulee aina miettiä, että halutaanko kyseistä varaosaa olevan varastossa, jotta puutetilanteilta vältyttäisiin jatkossa. Joissain yrityksissä voi olla käytössä tekninen ostaja. Tässä tapauksessa tekninen ostaja hoitaa tilauspuolen, kun saa pyynnön työnjohtajalta, että mitä tarvitaan.

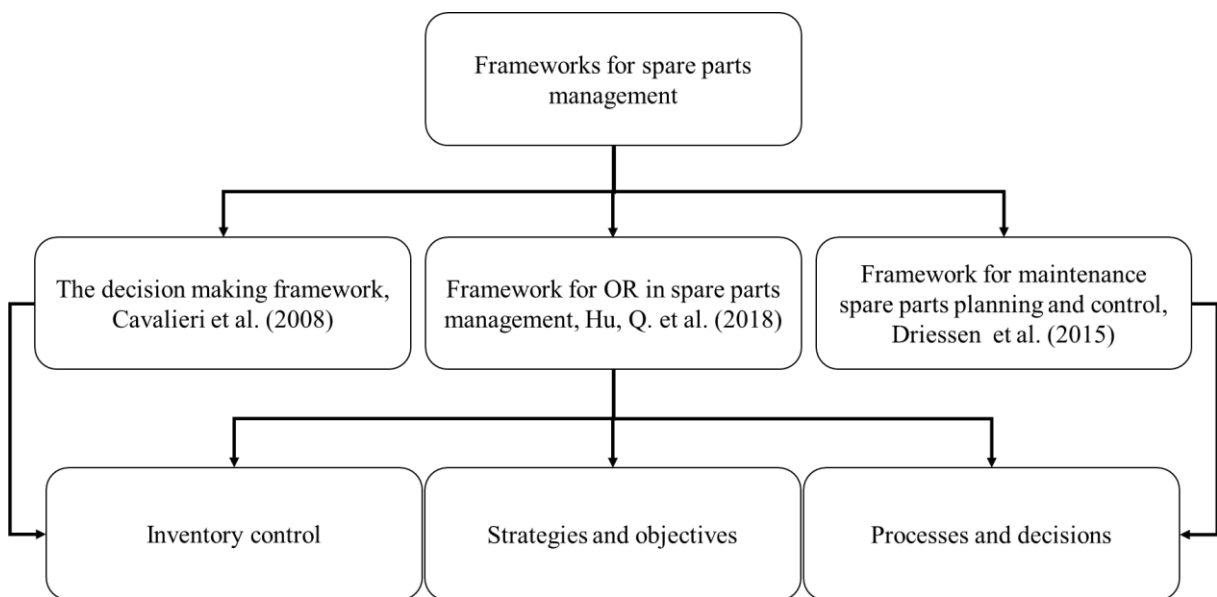
4.3 Varaosien hallinta

Varaosat ovat tuotannon prosessien toiminnan kannalta merkittävin tekijä. Varaosille on olemassa useita eri täydennysmenetelmiä. Fortuin, L. & Martin, H. (1999) mukaan yritykset käyttävät varastojen hallinnassa enintään viittä erillistä täydennysmenetelmää:

1. Tilaaminen ennalta suunnitellusti: tämän luokan osia ei koskaan varastoida, koska todellinen kysyntä tiedetään tarpeeksi ajoissa. Varaosat voidaan tilata kysynnän perusteella.
2. Tilastollisten valvontamenetelmä järjestelmien avulla tilaaminen (Yleensä korkeat varmuusvarastot): Tyypillisesti näiden osien hinta verrattuna muihin ryhmiin on pieni, joten taloudelliset voitot jäävät suhteellisen pieniksi, vaikka panostettaisiin pitkälle kehittyneiden tilastollisten valvontamenetelmien suunnitteluun teoreettisen optimaalisuuden saavuttamiseksi. Jos osien kriittisyys on suuri, palvelutason pitämiseksi hyväksyttävissä rajoissa saatetaan tarvita suuria varmuusvarastoja.
3. Tilaaminen kysyntään perustuvan suunnittelun avulla: tilausmäärä perustuu aikaisempaan kysyntään, jonka pitäisi kattaa haluttu kysyntäaika. Jokaisen aikajakson jälkeen lasketaan uusi tilausmäärä. Käytettävissä oleva määrä vähennetään kysyntäennusteesta. Tämä hallintamenetelmä edellyttää yksityiskohtaista tietoa teknisten järjestelmien huoltokonsepteista ja käyttöintensiteeteistä. Yleensä kyseistä hallintamenetelmää käytetään osiin, joiden kysyntä on vaatimaton ja hinta on korkea.

4. Tehdään yksi tilaus, joka kattaa kaiken kysynnän: tässä ohjausryhmässä ovat osat, jotka laitteen valmistaja haluaa, että laitteen omistajalta eivät lopu. Näiden osien tuottaminen on kallista ja niiden kysyntä on todella pieni.
5. Osien riskinhallinta: Riskiosat ovat osia, joita tarvitaan hyvin pienellä todennäköisyydellä tai ei tulla tarvitsemaan ollenkaan. Osat ovat ongelmallisia, koska niiden saatavuus on todella huono pitkien toimitusaikojen vuoksi ja ne ovat todella kalliita. Osia kuitenkin ei voida olla varastoimatta, koska niillä on korkeat puutekustannukset.

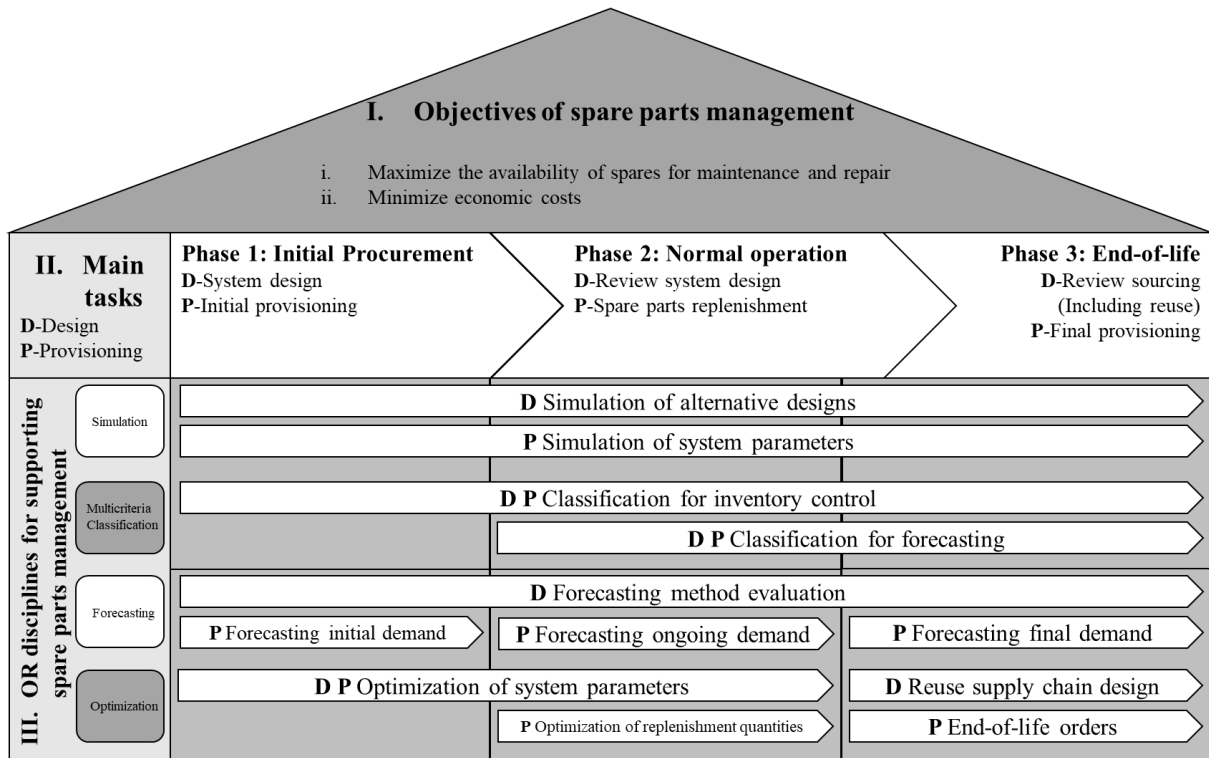
Täydennysmenetelmiä sovelletaan tapauskohtaisesti riippuen varaosalle asetetusta palvelutasosta.



Kuva 5 Varaosien hallinnan kehykset

Vaikka varastojen hallintakustannukset ja varaosien vanhentumisriski vievät kohti virtaviivaistettua varastoa, varaosan huono saatavuus voi johtaa tuotanto- / palvelulaitteiden pitkiin seisakkeihin, jolla on suora yhteys yrityksen voittoon (Sarker & Haque, 2000). Hu et al. (2018) tarkasteli varaosien hallintaa pidemmälle ja loi kehyksen varaosien hallinnan operatiiviselle tutkimukselle. Tätä ennen on ollut käytössä kaksi eri kehystä Cavalieri et al. (2008) ja Driessen et al. (2015). Kuva 5 nähdään eri varaosien hallinnan kehyksien jaottelun. Cavalieri et al. (2008) keskittyi pääasiassa varaosien hallintaan, kun taas Driessen et al. (2015) keskittyi prosesseihin ja päätöksiin, joita on tehtävä taktisella ja operatiivisella tasolla. Työssä

perehdymme Hu et al. (2018) kehykseen, koska se on laajempi ja kattaa sekä strategisen että taktisen ja operatiivisen tason varaosien hallinnassa, sekä kehys tarjoaa parhaan sovellutuksen sisäisen kunnossapidon varastonohjaukselle (Kuva 6).



Kuva 6 Kehys varaosien hallinnan toimintatutkimukselle

Kehystä luetaan ylhäältä alaspäin ja se koostuu kolmesta eri kerroksesta:

1. Varaosien hallinnan tavoitteet
2. Päätehtävät tuotteen elinkaaren eri vaiheissa
3. Operaatioanalyysin tutkimusalat, jotka tukevat varaosien hallintaa

Solut keskellä näyttävät yksityiskohtaiset tehtävät, jotka on suoritettava ja nuolet osoittavat ne vaiheet, joissa ne suoritetaan. Soluja voidaan pitää päätehtävien osatehtävinä, jotka on esitetty toisessa kerroksessa. Niitä voidaan pitää myös kehyksen vasemmalla puolella esitettyjen operaatioanalyysin tutkimusalojen sovellutuksina tai toisin sanoen luokittelun, ennustamisen ja optimoinnin päävaatimuksien alatehtävinä. Jos soluja pidetään alatehtävinä, pitää huomioida, että simulaatiota käytetään usein yhdessä muiden analyttisten operaatioanalyysien kanssa. Kuten esimerkiksi optimointi voi edellyttää sekä klassisten optimointitekniikoiden, että simulaatiomenetelmien käyttöä.

Kuvassa D tarkoittaa suunnittelua ja P provisiointia eli valmistelua. Tässä kehyksessä käytetään kahta termiä suunnittelulle: Järjestelmän suunnittelu ja laitteiden suunnittelu. Järjestelmäsuunnittelulla viitataan varaosien hallintajärjestelmän suunnittelukysymyksiin. Tämä suunnittelun määritelmä sisältyy kuvailevaan kehykseen. Laajennetuissa puitteissa sisällytetään myös laitesuunnittelun idea korostamaan varaosastrategian tarvetta tuotantolaitosta suunniteltaessa. Provisioinnilla tarkoitetaan suunnitellun varaosien hallintajärjestelmän käyttöönottoa. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan kehystä kerroksittain.

Kerros 1: Keskeiset kysymykset varaosien hallinnassa on päättää, mitä varaosia pidetään varastoissa, milloin varaosia tilataan lisää ja kuinka paljon niitä tilataan. Tässä päätöksentekoprosessissa pitää olla selkeät tavoitteet. Suurimmassa osassa kirjallisuudesta hallitsee kaksi tavoitetta, varaosien saannin maksimointi ja taloudellisten kustannusten minimointi. Tällöin taloudelliset kustannukset otetaan yleensä huomioon varastonpitokustannusten, puutetilanteiden kustannusten ja tilauksista aiheutuvien kustannusten summana.

Kerros 2: Laitteiden elinkaarikustannukset liittyvät läheisesti investointeihin ja varaosavarastojen hallintaan. Kunnossapidon varastonohjaukseen liittyen on tärkeää tietää, miten laitteiden elinkaari jaetaan. Varaosien tuotanto ja niihin liittyvät palvelut kestävät yleensä huomattavasti kauemmin kuin itse laitteen tai järjestelmän valmistus. Hu et al. (2018) lisäksi Fortuin & Martin (1999), Klepper, S. (1996), sekä Rink (1979) ja jakavat laitteiden elinkaaren kolmeen eri vaiheeseen:

1. Alkuvaihe: Uuden tekniikan ansiosta otetaan käyttöön uuden tyyppisiä osia, komponentteja ja osakokoonpanoja. Niitä ei ole koskaan käytetty tuotteissa tai järjestelmissä. Osien epäonnistumisesta käytössä tiedetään todella vähän. (Fortuin, 1980; 1981) Kun hankitaan monimutkainen laite, varaosia ostetaan usein samanaikaisesti laitteen huoltotarpeiden tyydyttämiseksi. Tässä vaiheessa on myös tehtävä päätös varaosien provisioinnista, suunniteltava varastoitavat osat ja käytettävä ennustejärjestelmä.
2. Normaali toimintavaihe: Vaikka kysyntämallit ovat niukat, on saatu vähän kokemusta alkuvaihetta pidempään käytetyistä osista. Nopeasti kuluville osille kysyntäennusteen

muodostaminen voi olla mahdollista. Kun laitetta käytetään, ehkäisevää huoltoa voidaan suorittaa vikaantumisen estämiseksi, kun taas korjaavaa huoltoa suoritetaan vikojen esiintyessä. Ylläpitotarpeiden tyydyttämiseksi tarvitaan tietty määrä erilaisia varaosia. Laitteiden onnistunut kunnossapito riippuu varaosien hallinnan asianmukaisesta suorittamisesta. Siksi inventaariojärjestelmä ja ennusteparametrit tulisi optimoida, jotta varaosia on tarjolla laitteiden käyttövaatimusten mukaisesti.

3. Viimeinen vaihe: Järjestelmän tai tuotteen tuotanto on pysähtynyt, mutta palveluaika vielä jatkuu (Fortuin & Teunter, 1998). Laitteen omistaja saattaa lopettaa varaosien valmistuksen. Tämä pitää ottaa huomioon varsinkin, jos ostetaan käytettyjä tuotannon laitteita. Varaosien saatavuus voi olla vaikeaa ja todella kallista. Pahimmassa tapauksessa yritystä, jolta pitäisi saada varaosapalveluita, ei ole enää olemassa.

Keros 3: Varaosien hallinnan helpottamiseksi tarvitaan laaja valikoima eri tekniikoita. Operaatioanalyysin osalta teknisiä lähestymistapoja on neljä päätyyppiä, jotka kehyksessä kartoitetaan edelleen laitteiden elinkaari-prosessin kutakin vaihetta vastaan:

1. Monikriteeriluokittelu
2. Ennakointi
3. Optimointi
4. Simulointi

Varaosien luokittelu on olennainen osa varaosien hallintaa. Eri luokitteluvaatimukset ovat johtaneet erityyppisiin varaosaluokituksiin. Tässä kehyksessä varaosat on luokiteltu kahteen eri ryhmään. Nimellinen luokittelu varaston hallintaa varten ja varaosan luonteen mukainen luokittelu ennustamista varten. Ensimmäistä luokittelua käytetään valitsemaan sopiva varastointipolitiikka varaosajärjestelmää suunniteltaessa ja sen jälkeen tapahtuva varastojen valvonta luokittelemalla varaosat eri ryhmiin. Toista luokitusta käytetään valitsemaan varaosaryhmälle sopiva ennustusmenetelmä normaalille ja viimeiselle käyttöiän vaiheille. Kehyksessä käytetään nimeä monikriteeriluokittelu, koska se on kaikkein yleisin lähestymistapa. Tässä huomioidaan myös erikoistapaus, jossa yksi kriteeri muodostuu useasta eri kriteeristä.

Kysynnän ennakointi on tärkeä toimintaan vaikuttava kysymys, joka on ollut aina suuri haaste varaosienhallinnassa. Kussakin eri vaiheessa on suunnittelukysymyksiä, jotka määrittelevät käytettävissä olevien menetelmien valikoiman alku-, normaali- ja loppuvaiheelle. Kunkin suunnittelumenetelmän soveltaminen on rajallista, koska käytettävissä olevat tiedot ja varaosakysyntään vaikuttavat tekijät ovat erilaiset eri elinkaaren vaiheissa. Esimerkiksi laitteen elinkaaren alkuvaiheessa on vain vähän tietoa varaosan kulutuksesta, kun taas normaalivaiheessa on kerätty jo enemmän tietoa. Vanhentuminen tapahtuu käyttöön loppuvaiheessa, jolloin käytettyjen tai vanhentuneiden tuotteiden uudelleenvalmistus voi olla vaihtoehtoinen lähde varaosien hankinnassa. Tästä syystä kullekin vaiheelle on määriteltävä oikea valikoima menetelmiä ja oikeat menetelmät on valittava ja toteutettava informoidakseen provisiointia.

Varaosien korkean saatavuuden saavuttamiseksi pienimmällä investoinnilla, voi käyttää inventaarion optimointitekniikoita tasapainottamaan pääomasijoituksia ja palvelutason rajoituksia tai tavoitteita laajaan varaosavalikoimaan. Tässä tilanteessa varastojen optimointi eroaa nimellisesti elinkaaren kolmesta vaiheesta:

1. Järjestelmän parametrien optimointi, joka tapahtuu, kun uusi laite otetaan käyttöön yrityksessä.
2. Täydennysmäärien optimointi, joka tapahtuu elinkaaren normaalivaiheessa
3. Loppuvaiheen viimeisten tilausten optimointi ja toimitusketjun uudelleensuunnittelu, joita käytetään turvatessa huoltotoimenpiteet laitteen viimeisessä elinkaaren vaiheessa.

Viimeisenä simulointi, joka määritellään kokeiluksi yksinkertaistetulla käyttöjärjestelmän jäljitelmällä, kun se etenee ajan myötä, jotta järjestelmää ymmärrettäisiin ja saataisiin parannettua (Robinson, 2004). Varaosajärjestelmien simuloinnin eri tarkoituksien mukaan ne voidaan jakaa kahteen eri ryhmään:

1. Vaihtoehtoisten mallien arviointi, kun varaosajärjestelmää suunnitellaan tai parannetaan.
2. Järjestelmän parametrien simulointi tehdessä päätöksiä varaosien hankinnasta.

Suoritettaessa näitä suunnittelu- ja provisiointitehtäviä, simulointia voidaan soveltaa kaikkien kolmen muun lähestymistavan rinnalla. Provisiointitehtävissä tulee olemaan päällekkäisyyksiä erityisesti optimoinnin kanssa.

Lisäksi tarkastellaan Huiskosen (2001) varaosien hallinnan eri menetelmiä ja esimerkkitapausta varaosien hallinnalle paperi- ja sellutehtaalla. Tutkimuksessa käsitellään laajemmin varaosien kriittisyyden määrittämistä, johon Hu et al. (2018) ei paneudu tarkemmin. Huiskonen (2001) jakaa omassa tutkimuksessaan varaosien hallintaan käytettävät eri menetelmät neljään eri pääkategoriaan:

- **Kriittisyys:** osan kriittisyydellä tarkoitetaan kunnossapidon epäonnistumisesta aiheutuvia seurauksia tuotannon prosesseissa, jos korvaavaa osaa ei ole saatavilla. Tähän kuluvaan aikaa arvioitiin jo aikaisemmin Kuva 2. Osien kriittisyyden arvioinnissa käytetään lukemattomia määriä eri kriteerejä (Cohen, 1997), näitä arvioimme tulevassa palvelutaso osiossa. On tärkeää tietää, kuinka paljon aikaa on reagoida kysyntään. Tämä määrittelee sen, että käytetäänkö aikapuskuria vai varaosapuskuria kysynnän vaihteluita vastaan. Välittömässä tarpeessa hyödynnetään esimerkiksi paikallisia varmuusvarastoja.
- **Spesifisyys:** osan spesifisyys on toinen varaosille ominainen ohjauskyky. Laajan huoltovaraosavalikoiman joukossa on tyypillisesti vakio-osia ja räätälöityjä osia. Vakiovaraosien saatavuus on yleensä hyvä. Kyseisiä osia on varastossa toimitusketjun eri tasoilla, ja toimittajat ovat valmiita tekemään yhteistyötä käyttäjien kanssa, koska määrät ovat suuret ja tarjoavat mittakaavaetuja. Käyttäjakohtaisten osien kohdalla tilanne on päinvastainen: toimittajat eivät halua varastoida erityisiä, pieni menekkisiä osia, ja vastuu saatavuudesta ja hallinnasta säilyy käyttäjällä.
- **Kysyntämallit:** varaosien kysyntämalli sisältää volyymin ja ennustettavuuden näkökohdat. Varaosien joukossa on tyypillisesti suuri määrä osia, joiden kysyntä on hyvin vähäistä ja epäsäännöllistä. Tämä ominaisuus vaikeuttaa hallintaa ja yhdistää sen muihin ominaisuuksiin esim. korkeaan kriittisyyteen ja korkeaan hintaan. Pienet määrät eivät houkuttele toimittajia tarjoamaan erikoispalveluja, ja vastuu valvonnasta säilyy pääasiassa loppukäyttäjillä. Kysynnän ennustettavuus liittyy osan vikaantumisprosessiin ja mahdollisuuksiin arvioida vikatyypit ja -määrät tilastollisin keinoin. Ohjauksen näkökulmasta on hyödyllistä jakaa osat ennustettavuuden kannalta

ainakin kahteen luokkaan: osiin, jossa on satunnaisia vikoja, ja osiin, joilla on ennustettavissa oleva kulumiskuvio.

- Varaosien arvot: varaosan arvo on kaikille materiaaleille yhteinen ohjausominaisuus. Korkea arvo pakottaa ketjun eri osapuolet etsimään muita ratkaisuja kuin varastojen pitämistä. Jos kyse ei ole tilaustuotteesta, varastoja on kuitenkin pidettävä. Kysymys on monimutkaisesta tavoitteesta, toimitusketjun osapuolten neuvotteluvoimasta ja yhteistyöstä sekä kannustimista, miten toimitukset on järjestetty. Toisaalta, kun hinta on alhainen, täydennysjärjestelyjen on oltava tehokkaita, jotta hallintokustannukset eivät nouse kohtuuttomasti suhteessa tuotteiden itse arvoon.

Kuten yläpuolella nähdään, on olemassa lukematon määrä kriteerejä, jonka perusteella kontrollitilanteita voi syntyä ja näiden kaikkien yhdistäminen tuottaisi hallitsemattoman määrän erilaisia luokkia. Tästä syystä Huiskonen (2001) keskittyykin tärkeimpien luokitteluominaisuuksien yhdistelemiseen, jotka tarjoavat kaikkein erottuvimmat ja käytännöllisimmät mahdollisuudet kehitystoimiin.

Taulukko 1 Varaosien hallinta tilanteiden ja vastaavien strategioiden ja käytäntöjen kategorisointi (Huiskonen, 2001)

		Kriittisyys		
		Matala	Korkea	
Vakio osat	Arvo	Matala	<ul style="list-style-type: none"> • Tilaukset automatisoitu • Ulkoistettu varaston hallinta toimittajalle 	<ul style="list-style-type: none"> • Käyttäjän hajautetut varmuusvarastot ja runsaat täydennyserät
		Korkea	<ul style="list-style-type: none"> • Varasto työnnetään takaisin toimittajalle 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimoitu käyttäjän varmuusvarasto (Korkea ja tasainen kysyntä) • Ajallisesti taatut toimitukset vakiintuneelta palveluyritykseltä (pienempään ja epäsäännöllisempään kysyntään) • Usean käyttäjän pienet varmuusvarastot (Erittäin alhaiseen kysyntään)
Käyttäjakohtaiset osat	<ul style="list-style-type: none"> • Käyttäjän oma varmuusvarasto + kumppanuus paikallisen toimittajan kanssa toimitusaikojen lyhentämiseksi, luotettavuuden lisäämiseksi ja saadakseen erikoiskohtelua hätätilanteissa. • Pitkällä aikavälillä osien standardisointi 			

Taulukko 1 on esimerkki yhteenveto varaosien hallinta tilanteiden ja vastaavien strategioiden ja käytäntöjen kategorisoinnissa paperi- ja sellutehtaan tapauksessa. Kyseiset kehitysstrategiat toimivat ohjeina määritellyissä varastonhallinta tilanteissa, ja ne on mukautettava yrityksen erityisolosuhteisiin. Pitkällä tähtäimellä on pyrittävä jatkuvasti kehittämään osien spesifisyyden ja kriittisyyden vähentämistä sekä tehostamaan toimitusketjun koordinoitua, jotta paikallisten liiallisten varmuusvarastojen tarve vähenisi. Varaosien hallinta on jatkuva prosessi. Toimintatavat muovautuvat pikkuhiljaa ja kyseessä onkin jatkuva prosessi, joka kunnossapidon tulisi ottaa huomioon toiminnassaan. Toimintatapojen pohjalta ajan kanssa muovautuu yritykselle paras vaihtoehto kunkin varaosan kanssa.

4.4 Varaosien palvelutason määrittäminen

Sisäisen kunnossapidon varastonohjausta tarkasteltaessa yksi tärkeimmistä asioista on varaosien palvelutason määrittäminen. Kunnossapidon varastonohjauksen kannalta palvelutasolla tarkoitetaan, kuinka paljon varaosia tarvitsee olla varastossa, jotta yrityksen tuotannon toimivuus säilyy maksimaalisena ja välttyään kalliilta varaston loppumistilanteilta, jolloin tuotanto joutuu seisomaan. Nopea ja hyvän saatavuuden omaava varastonohjausverkosto on kriittinen tekijä, jotta haluttu palvelutaso saavutetaan (Candas & Kutanoğlu, 2007). Tämä edellyttää luotettavia arvioita varaosien loppumiseen liittyvistä kustannuksista. Varaosapula saattaa merkitä monimutkaisia seurauksia, jotka ovat harvoin määrällisesti ilmaistavissa rahassa. Kun varaosapulasta aiheutuvia kustannuksia ei tiedetä, optimointikriteeri kääntyy yleensä kohti suorituskykymittaria, kuten esimerkiksi todennäköisyyttä saada varaosa kysynnän kasvaessa. Tärkeää on määritellä kriteerit, jonka mukaan varastotasot pysyvät optimaalisella tasolla. Sama kriteeri ei päde kaikkiin varaosiin, vaan joudutaan soveltamaan useaa eri kriteeriä eri varaosien kanssa.

Kirjallisuudessa varaosatasojen optimointi luokitellaan yleensä stokastiseksi ongelmaksi (Aronis et al., 2004; Gu & Li, 2015; Inderfurth and Mukherjee, 2008; Rodriguez et al., 2013), koska varaosien tarvetta ei voida määrittää, mutta sen tarpeen jakauma on yleensä tunnettu. Koska kysyntää ei voida määrittää, varastotasojen optimointiin on keksittävä muita toimintamalleja. Yleisesti käytetty ja tunnettu varastoitavien tuotteiden luokitteluun käytetty menetelmä on ABC-analyysi, joka pohjautuu Pareto-periaatteeseen. Ajatukseen, että kaikki tuotteet eivät ole yhtä tärkeitä ja arvokkaita. ABC luokittelu on alun perin Flores & Whybark (1986; 1987) kehittämä yksinkertainen luokittelutapa, joka jakaa varaosat luokkiin A, B ja C. Jakaminen luokkiin perustuu yhteen kriteeriin: varaosan vuotuisen kustannuskäyttöön. Kyseinen luokittelutapa soveltuu kuitenkin todella huonosti oman kunnossapidon varaosien luokitteluun. On monia ehtoja, jota se ei ota huomioon ja yhdellä kriteerillä ei voida ottaa huomioon varaosien hallinnan monia eri ulottuvuuksia (Huiskonen, 2001). Kuten esimerkiksi tilanne, jossa varaosa pysäyttää tuotantolinjan useammaksi viikoksi, jos varaosaa ei löydy varastosta. Varaosaa on säilytettävä varastossa sen arvosta riippumatta, vaikka todennäköisyys, että laitteen koko elinkaaren aikana sitä tarvittaisiin, olisi pieni.

Koska luokittelu ja varastointistrategian valinta olisi yhdistettävä toisiinsa tehokkaan varastonhallintapolitiikan aikaansaamiseksi, ABC analyysia on koetettu myös tarkentaa ottaen huomioon myös varastointistrategian. Zhang et al. (2001) kehitti uuden ABC-luokitteluperusteen, jossa otetaan huomioon odotettavissa oleva kysyntä vuodessa, läpimenoaika ja yksikkökustannukset. Uuden kriteerin perusteella tutkittiin tilauspisteiden määrittämistä ja tilausmääriä. Numeerinen tutkimus osoitti, että ehdotettu ABC versio ei tuottanut suuria virheitä. Teunter et al. (2010) ehdotti omassa tutkimuksessaan uutta kustannusperustetta ABC-luokitukselle. Kriteerissä otetaan huomioon neljä järjestelmäparametria:

1. Nimellinen kysyntä
2. Hallussapitokustannukset
3. Puutekustannukset
4. Keskimääräinen tilausmäärä

Uutta kriteeriä käyttävien luokitustulosten perusteella voidaan vahvistaa kunkin luokan syklipalvelutaso, jossa A-ryhmällä on korkein palvelutaso, jota seuraa B ja sitten C. Numeerinen koe, jossa käytettiin kolmea tosielämän aineistoa, kertoi että esitetty kriteeri päihitti Zhang et al. (2001) kriteerin. Näillä muutoksilla ABC-analyysistä tulee huomattavasti tehokkaampi käytettäväksi yrityksen oman kunnossapidon varastonohjauksessa. Erityisesti Teunter et al. (2010) kriteeri mahdollistaa luokittelun käytön yrityksen oman kunnossapidon varastonohjauksessa. Kyseisen kriteerin parametri ottaa huomioon tilanteen, jossa varaosaa on yksinkertaisesti pakko säilyttää varastossa riippumatta hallussapitokustannuksista, koska puutekustannukset huomioidaan. Tämä on erityisen tärkeä ymmärtää luokitellessa varaosia ja määriteltäessä niiden palveluastetta. Analyysi antaa hyvän pohjan luokittelulle, jota jatkamalla pystytään jaottelemaan varaosat alaluokkiin järkevällä tavalla.

Vaikka ABC-analyysia onkin tarkasteltu lisää ja siihen on keksitty lisäkriteereitä, ABC analyysin karkea luokittelutapa on kohdannut haastajia, jotka ovat tutkineet uusia luokituksia varaosienhallinnan parantamiseksi. Seuraavissa kappaleissa käydään esimerkkejä, jotka sopisivat varaosien palvelutason määrittämiseen yrityksen sisäisen kunnossapidon varaosien hallinnassa. Esimerkiksi Louit (2011) jakaa varaosien optimointi kriteerit neljään eri kategoriaan:

- a) Varaston hetkellinen luotettavuus: varaosan saatavuuden todennäköisyys millä tahansa ajanhetkellä. Se vastaa sitä murto-osaa vaatimuksista, jotka voidaan toteuttaa varastosta välittömästi.
- b) Varaston aikavälillinen luotettavuus: todennäköisyys, ettei varastosta lopu varaosat asetetun aika välin puitteissa. Koska luotettavuuden pitää pysyä koko ajan aikavälin aikana, tämä kriteeri on huomattavasti vaativampi, kuin hetkellinen luotettavuus.
- c) Hinta: yleisin optimointikriteeri, joka ottaa huomioon kaikki kustannukset liittyen varaosien ostamiseen ja varastointiin, sekä kustannukset, jotka aiheutuvat, kun tarvittavaa varaosaa ei löydy ja tuotanto seisoo tämän takia.
- d) Saatavuus: tällä tarkoitetaan järjestelmän prosenttiosuutta, jolloin tuotannon kone toimii ilman pysähdyksiä. Pysähdyksien syyksi lasketaan ainoastaan varaosien puutetilanteet. Kaikkia muita seisakkitilanteita ei oteta huomioon, kuten esimerkiksi ennakoivia huoltoja.

Fortuin & Martin (1999) ottavat huomioon omassa jaottelussaan yllä olevan lisäksi myös korjattavuuden ja varaosan toimitusajan. Nämä kaksi kriteeriä ovat erityisen tärkeitä sisäisen kunnossapidon näkökulmasta, kun yritetään laskelmoida, halutaanko varaosaa varastoida vai ei. Jos osa on nopeasti korjattava, sitä on turha varastoida tai jos se on saatavissa nopeasti ei sitä kannata pitää varastossa turhaan. Fortuin & Martin (1999) tarkentavat myös hinnan jaottelua kolmeen eri osa-alueeseen: varaosan hintaan, varaosan varastointi-, uudelleentilaus- ja puutekustannuksiin. Erittely helpottaa hinnan perusteella luokittelua, koska nähdään mistä osa kustannuksista hinta koostuu. Tärkeimpänä erityisesti tuotannon seisakista aiheutuvat kustannukset, jotka johtavat usein pakkovarastointiin, vaikka varaosaa ei todennäköisesti tarvittaisi missään vaiheessa laitteen elinkaaren aikana.

4.5 Varastojen keskittäminen

Monitasoisissa varastoverkostoissa toimintatapana on ollut varastojen keskittäminen yhteen suureen keskusvarastoon. Näin saadaan yksinkertaistettua varastoverkostoa ja pienennettyä varastojen kustannuksia. Nykyään on huomattu, että samat hyödyt voi saavuttaa hallitsemalla ja ohjaamalla varastoja keskitetysti. (Christopher, 2011) Yrityksen varastoverkostoa voidaan hallinnoida ja ohjata kahdella eri tapaa, joko keskitetysti tai hajautetusti. Keskitetyllä hallinnalla tarkoitetaan varastoverkostoa, jonka varastoja ohjataan keskitetysti yhdestä pisteestä.

Hajautettu hallinta on keskitetyn hallinnan vastakohta. Kyseisessä tavassa yrityksen varastoja ohjataan hajautetusti monen eri pisteen näkökulmasta. (Stock & Lambert, 2001; Silver et al., 1998)

Sisäisen kunnossapidon varaosien varastonohjauksen toimivuuden kannalta varastojen sijainnin merkitys on todella suuri. Varastoitavia nimikkeitä on todella paljon ja varaosat sijaitsevat useissa eri varastoissa, mikä tekee varastojen hallinnasta & ohjauksesta haastavaa. Kunnossapidossa samaa varaosaa saatetaan tarvita monella eri laitteella ympäri tehdasta. Tavoitteena olisi, että varaosaa olisi tarjolla aina lähimmässä varastossa. Tämä voidaan mahdollistaa monella eri tapaa, kuten esimerkiksi yhdellä isolla keskusvarastolla, josta täydennetään muihin pienempiin varaosakeskittyisiin.

Kunnossapidon varastonohjauksessa sovelletaan sekä keskitettyä että hajautettua hallintaa. Suurimmassa osassa tapauksista eri tehtaiden varaosavarastojen ohjaus on kyseisten kunnossapitäjien vastuulla. Jokaisella tehtaalla on oma pieni varastonsa, josta sen alueen kunnossapitäjät vastaavat. Nykyajan trendi on keskitetyt varastot, koska näin saadaan kontrolloitua paremmin ostoja sekä varastoja. Suurin syy tähän on, että kunnossapitäjillä on omat toimintatapansa, joita yritetään muuttaa. Pieniä varastoja ei voida kuitenkaan poistaa, koska ne ovat välttämättömiä nopean osan saatavuuden kannalta. Vaihtoehtoinen ratkaisu onkin yksi iso keskusvarasto, joka vastaa täydennyksistä pienempiin varastoihin ympäri tehtaita. Yritys ei halua kouluttaa jokaista kunnossapidon johtajaa varastonohjauksen tehtäviin, jota ei voida myöskään edellyttää henkilöä palkattaessa. Tässä tapauksessa ei tarvita kuin keskusvarastolle osaava henkilö hoitamaan täydennyksiä toimittajilta, joka hoitaa ostot sekä kilpailuttamisen.

5 SISÄISEN KUNNOSSAPIDON VARASTONOHJAUKSEN YLEISET KEHITYSKOhteET

Kunnossapitokohteiden varastonohjaustoiminnot perustuvat edelleen perinteisiin toimintatapoihin, eikä toimintojen vastuita ole määritelty selkeästi. Yrityksen sisäisen kunnossapidon varastonohjaus on kehittymässä koko ajan parempaan suuntaan. Yritykset ovat alkaneet huomaamaan varaosien varastonohjauksen merkityksen kunnossapitoon, sekä kunnossapidon merkityksen tuotannon jatkuvuuteen. Tässä osiossa tarkastellaan yrityksen sisäisen kunnossapidon varastonohjauksen yleisiä kehityskohteita.

5.1 Informaation kulku ja kunnossapitojärjestelmä

Kunnossapidon järjestelmän avulla hallitaan varaosien nimikkeitä ja ennakoidaan varaosien menekkiä. Kerättyjen historiatietojen perusteella varaosien määrää pyritään optimoimaan, jotta se vastaisi laitekannan vikaantumistiheyttä ja näin ollen varaosien keskimääräistä tarvetta. Huoltotoimenpiteiden aikataulutus ja erityisesti ennaltaehkäisevällä toiminnalla, on suuri vaikutus tuottavuuteen, koska usein huoltotoimet edellyttävät tuotantojärjestelmien pysäyttämistä. Tästä syystä on oltava tiivis koordinointi kunnossapidon ja tuotannon välillä viivästysten välttämiseksi. Tehokas huoltotietojärjestelmä tukee informaation kulkua ottamalla huomioon kaikki tehdyt päätökset ja ilmoittamalla jokaiselle yrityksen osa-alueelle välttämättä väärää käyttäytymistä. (Manzini et al., 2010)

Kunnossapidon ohjausjärjestelmän implementointi on kallis investointi ja aikaa vievä projekti. Ohjausjärjestelmän oletetaan virheellisesti ratkaisevan kunnossapidon ongelmat ja suorittavan päivittäisen toiminnanohjaamisen. Toiminnanohjausjärjestelmä on kuitenkin pelkkä työkalu kunnossapidon toimintojen ohjaamiseen ja suunnitteluun. Järjestelmä itsessään ei ole toimintasuunnitelma: ilman toimintaa ohjaavia avainhenkilöitä järjestelmä ei pysty tuottamaan lisäarvoa. (Palmer, 2006) Monessa yrityksessä kunnossapidon hallintajärjestelmä on sama, kuin tuotannossa oleva. Käytäntötapa ei kuitenkaan sovellu parhaalla tavalla kunnossapidon käyttöön. Pahimmassa tapauksessa kunnossapidolla on käytössä hyvä järjestelmä, mutta sen ominaisuuksia ei hyödynnetä.

Kelly (2006) tutkimuksessa selvisi myös, että kunnossapidossa käytettävien huolto-ohjelmien, varaosanimikkeiden, dokumenttien päivittäminen ja vieminen uuteen järjestelmään osoittautuu yleensä työläämmäksi, kuin oletettu. Järjestelmään viedyt tiedot saattavat olla puutteellisia ja heikkolaatuista. Lisäksi järjestelmän heikko käyttäjäystävällisyys johtaa usein asentajien keskuudessa muutosvastarintaan, joka heikentää järjestelmän käyttöastetta. Henkilöstö koki, että uuden järjestelmän päätavoitteena oli vain kustannusten tarkempi raportointi talousyksikölle, eikä heidän toimintansa helpottaminen.

5.2 Nimikkeiden hallinta

Tuoteosaaminen ja logistiikan hallinta on tärkeä osa kunnossapidon varastonohjausta. Kunnossapidon varastoissa on laaja nimikevalikoima, joiden varastointivaatimukset vaihtelevat todella paljon. Varaosaluokittelua käytetään varaosien hallinnan apuna, jotta pystytään keskittymään tärkeimpiin kohteisiin ja helpottamaan päätöksentekoprosessia. Onnistuneella luokittelulla mahdollistetaan kunnossapidon tehokas toiminta. Nimikkeiden luokittelukriteerejä on olemassa lukematon määrä. Kaikkien kriteerien yhdistäminen tuottaa hallitsemattoman määrän erilaisia luokkia. Varaosille on ominaista nollakysynnän jaksohavainnot, joihin ei ole satunnaisia vaatimuksia. Tästä syystä varastossa olevien varaosien säilytysajat saattavat venyä todella pitkiksi. Varaosia on kuitenkin pakko säilyttää varastossa, koska niiden saatavuus on todella huono ja puutekustannukset ovat mittavat. Tämä tekee varaosien luokittelusta haastavaa ja aikaa vievää, mutta se on yksi varastonohjauksen perusta. Varaosan kriittisyyden määrittäminen on jatkuvasti läsnä oman kunnossapidon varastonohjauksessa. Varaosan saatavuus halutaan varmistaa, mutta ei haluta pitää suuria varastoja. Lisäksi osalla kunnossapidon varastoitavista nimikkeistä on rajallinen säilytysaika. Säilytysajan suositusrajan ylittyttyä, nimikkeen rakenteellinen tai tekninen laatu heikkenee. Osa nimikkeistä saattaa muuttua liian pitkän säilytysajan jälkeen käyttökelvottomaksi. Lisäksi laitekannassa tapahtuvat muutokset aiheuttavat osan varastonimikkeistä tuotantolaitoksen kannalta turhaksi, nimikkeen käyttökohteen poistuessa tai rakenteen muuttuessa.

Kunnossapidon varastoissa makaa yleensä turhia nimikkeitä. Turhiksi muuttuvia nimikkeitä ei yleensä kirjata hukaksi, eikä suurimmassa osassa tapauksia käyttökelvottomia nimikkeitä poisteta varastosta. Kunnossapidon toimintatavoissa on yleistä, että työnjohdon tilaamat virheelliset varaosat ohjataan varastoon, koska tilausvaiheessa ei ole sovittu toimittajan kanssa

virheellisen/tarpeettoman tilauksen palautusoikeuksista. Tästä johtuen kunnossapidon varastoissa säilytetään osia, jotka eivät ole käyttökelpoisia kyseisessä teollisuuslaitoksessa. Turhat nimikkeet rasittavat varastonhallintaa ylimääräisellä työllä sekä vievät tilaa varastosta. Poistamattomilla turhiksi muuttuneilla nimikkeillä ei todellisuudessa ole yritykselle arvoa. Taloudellisesti tilanteesta aiheutuu, että varastoon sitoutuneessa pääoman kirjanpitoarvossa on ilmaa. Lisäksi turhista nimikkeistä aiheutuu jatkuvasti varastointikustannuksia.

Laajan varaosanimikkeistön takia ongelmia tulee myös varaosan tunnistamisessa. Osan tunnistamisen nopeuteen vaikuttaa oleellisesti osapuolten henkilökohtainen osaaminen. Kunnossapitotoimialalla ei järjestetä osto- tai varastohenkilöstölle säännöllistä tuotekoulutusta. Lisäksi Suomessa tapahtuva voimakas henkilöstörakenteen muutos aiheuttaa ongelmia tietotaidon siirtyessä suurten ikäpolvien mukana eläkkeelle. Prosessiteollisuudessa on paljon käytössä laitekantaa, jonka tuotetieto on eläkkeelle siirtyvien työntekijöiden henkilökohtaisen tiedon varassa. Tietolähteiden poistumisen merkittävänä riskinä on, että vanhojen osien tunnistustyö vaikeutuu ja seurauksena ovat entistä pidemmät viiveet kunnossapidon toteuttamisessa.

Ostettavien osien valikoima on varastonimikkeistöäkin laajempi. Tuotteen vastaanottotarkastuksen hoitaa kunnossapidon työnjohto. Syy toimintamallille on, ettei varastohenkilökunnalta löydy tarvittavaa tuoteosaamista luotettavan tarkastuksen hoitamiseksi. Tuoteosaamisen matala taso ja tuotekoulutuksen vähäisyys on yleistä sekä kunnossapidon varastohenkilöstön että teollisuuden ostajien kohdalla. Varastonohjauksen toimintavarmuus paranisi, jos varastohenkilöstö saisi koulutuksen nimikkeisiin liittyen. Kunnossapidon työnjohdolta poistuisi oman työnjohtotyön näkökulmasta katsottuna ylimääräisen työtehtävän hoitaminen.

Kunnossapidon ostotoiminnoissa tarkastellaan kriittisinä tekijöinä yleensä varaosien ostohintoja sekä toimittajan toimitusehtoja. Oman toiminnan nopeus, varmuus, laatu ja aiheutuvat kustannukset jäävät vähälle tarkastelulle, vaikka niiden merkitys on suuri. Yleinen tarkastelukohde onkin materiaalin ostohinta toimittajalta ja varastoon sidotun pääoman arvo, koska niitä on helppo seurata ja tiedot saadaan kunnossapidon järjestelmästä helposti.

5.3 Varaosavarastojen hallinta

Kunnossapidon varastojen yksi yleisimmistä kehityskohteista on kirjauspuutteista johtuvat varastokirjanpidon saldoheitot. Kehityskohde on tullut toistuvasti esille eri selvityksissä ja koulutustilanteissa, sekä Piispa & Lukka (2005) tutkimuksessa. Varastokirjausten merkitystä varastojen palvelutasoon ei ymmärretä, eikä haluta ymmärtää. Tästä syystä asentajien ja työnjohdon itse tekemät nimikkeiden noudot tai palautukset kirjataan puutteellisesti. Viivakoodilaitteistot voivat helpottaa ongelmaa, mutta nekään eivät paranna kirjaustarkkuutta, jos laitteistoa ei haluta tai osata käyttää. Anttila (2003) tutkimuksesta selvisi, että viivakoodilaitteiston käytössä on havaittu asentajien kohdalla toimintatavan ongelmia, jotka vaikuttavat kirjaustarkkuuteen tai kirjausten puutteeseen. Erilaisten logistiikan apulaitteistojen käyttöönotossa työntekijöille tulee antaa lisäkoulutusta sekä laitteen käyttöön että käyttötarkoitukseen liittyen. Tärkeintä on, että työntekijät ymmärtävät laitteen käyttötarkoituksen ja mahdollisten käytön puutteiden aiheuttamat vaikutukset.

Kirjaamattomuudesta aiheutuu saldoheittoja. Tästä johtuen varastotäydennysten ohjaus ei toimi luotettavasti ja aiheutuu varastopuutteita. Puutetilanteet tulevat esille vasta, kun varaosaa tarvitaan. Seurauksena ilmenee yleensä seisakin venymistä, ylimääräistä selvitystyötä ja kustannuksia lisääviä pikatilauksia. Perussyynä on yleensä henkilöstön tietämättömyydestä johtuva välinpitämättömyys sekä kirjaustyötä vähättelevä asenne. Puutteellisia osia saatetaan palauttaa hyllyyn tai varastossa olevasta tuotteesta irrotetaan pois osia, kertomatta tietoa nimikkeen puutteesta varastohenkilöstölle. Tällainen toimintatapa aiheuttaa kirjanpitoon saldivirheen. Varaston kirjanpidon mukaan varastossa oleva varaosa on käyttökelpoinen, vaikka näin ei oikeasti ole.

Konsernitasolla ei ole kunnossapidon asiantuntijajohtajia. Tästä syystä kunnossapidon hankintatoimintojen konsernijohdolta puuttuu kunnossapidon kokonaisuutta tarkasteleva kumppani. Kunnossapidon tehdastason ostamisen ongelma on, että tehtaiden materiaalipäälliköt ja ostajat keskittyvät muuhun kuin kunnossapidon hankintoihin. Tästä johtuen kunnossapitotoimintoihin kohdistuvien ostojen ja varastotoiminnan kehittämiseen tai toteuttamiseen ei paikallisella tasolla ehditä tai motivoitua käyttämään riittävästi työaika. Lisäksi ostotoimen osaaminen ja kokemustausta on yleensä peräisin muualta kuin varaosa- tai kunnossapidon toiminnoista. Kunnossapidon toimintakulttuurissa onkin yleistä, että

kunnossapidon työnjohtajat ja kunnossapitopäälliköt käyttävät itsenäistä valtuutta valita toimittajia ja tehdä hankintapäätöksiä. Päätöksiä tehdään useasti kiireen ja käyttövarmuuden nimissä, joka tuottaa ongelmia varastoinnin kanssa, joka näkyy varaosien hinnoissa. Suurin syy on, että ohjeistus on puutteellista ja toimitaan oman vaiston varassa.

6 YHTEENVETO

Yrityksen sisäisen kunnossapidon varastonohjaus eroaa muusta varastonohjauksesta todella paljon. Varastonohjausta pyörittävät kunnossapitopäällikkö, kunnossapidon työnjohtajat ja asentajat. Kunnossapidon varastonohjauksen tärkein tehtävä on seisakin välttäminen, joka mahdollistetaan kriittisten osien saatavuuden varmistamisella. Kriittisiä varaosia on löydettävä varastosta riippumatta niiden kustannuksista tai niitä on oltava saatavilla nopealla varoitusajalla toimittajilta. Sisäisen kunnossapidon varastonohjaus alkaa varaosien ominaispiirteiden ymmärtämisestä, jonka jälkeen varaosia voi luokitella eri nimikeryhmiin eri kriteerien mukaan. Tämän jälkeen voi lähteä miettimään isompia kokonaisuuksia, miten näitä varaosia hallitaan ja miten varastoja hallitaan.

Varaosien suurin ero muihin varastoitaviin materiaaleihin on niiden olemassaolon tarkoitus. Varaosan ainut tarkoitus on varmistaa tuotannon jatkuvuus. Varaosien kysyntä vaihtelee todella paljon verrattuna muihin materiaaleihin ja sitä on todella vaikea ennustaa. Varaosanimikkeitä on valtava määrä, niiden luokittelu on todella haastavaa ja varaosilla on korkeat palveluvaatimukset. Tuotannon koneet halutaan saada toimimaan heti, jotta tuotanto ei jää jälkeen ja aiheudu mittavia kustannuksia. Tästä päästään puutekustannuksiin, jotka varaosilla ovat yleensä todella suuret. Säilytysajat saattavat venyä todella pitkiksi, jos varaosia ei ole mahdollista saada nopealla toimitusajalla. Joitakin varaosia voi saada päivän varoitusajalla ja toisia saattaa joutua odottamaan kuukausia. Vaihtelevan kysynnän takia on todella vaikea määrittää, kuinka monta varaosayksikköä tulee varastoida. Pitkät säilytysajat voivat johtaa varaosien vanhentumiseen. Varaosien hinnoissa ja kulutuksessa on valtavia eroja. Joidenkin varaosien kulutus on korkea, toisilla alhainen ja joillekin varaosille on ominaista alhaiset ostokustannukset, kun taas toisille korkeat.

Varaosien ominaispiirteet tekevät varaosien varastonohjauksesta todella haastavaa. Sisäisen kunnossapidon varastonohjauksen erityispiirteet pohjautuvat pääosin varaosien palvelutason määrittämiseen ja sen pohjalta tehtyyn varaosien luokitteluun. Tärkeintä on tietää, mitä varaosia varastossa tarvitsee säilyttää ja mitkä varastot voidaan työntää takaisin toimittajalle. Näin voidaan varmistaa tuotannon jatkuvuus ja kalliiden puuteilanteiden syntyminen. Varaosien hallinnassa analyysit ovat yleensä merkittävässä roolissa, koska ne helpottavat varaosien luokittelua. Sisäisen kunnossapidon varaosien hallintaan eivät kuitenkaan sovi perinteiset

menetelmät, joita varaosien valmistajat voivat käyttää. Parhaiten sopivat analyysit koostuvat monesta eri kriteeristä. Varaosien haastavat ominaispiirteet on tärkeää ottaa huomioon: laitteen eri elinkaaren vaiheet ja korkeat puuttekustannukset. Tärkeintä on kuitenkin pitää mielessä kunnossapidon varastonohjauksen päätavoite: varaosia on aina saatavilla mahdollisimman nopeasti joko omasta varastosta tai toimittajan varastosta.

Sisäisen kunnossapidon varastonohjauksessa on toimittu pitkän aikaan tietyllä tapaa ja se on aikaansa jäljessä. Yleisimmät kehityskohteet liittyvät varaosavarastojen hallintaan, nimikkeiden hallintaan ja kunnossapidon järjestelmään. Kehityskohteet pohjautuvat vanhojen toimintamallien noudattamiseen, koulutuksen puutteeseen ja muutoksen vastaisuuteen. Tärkeintä olisi kehittää varastonohjausta ruohonjuuritasolta yksi osa-alue kerrallaan – eikä olettaa yhden ison projektin jälkeen työn olevan valmista. Tärkeää on saada nimikkeiden hallinta kuntoon ja sen avulla saada varastosaldot ajan tasalle. Tämän jälkeen alkaa tarkemmin miettimään pidemmällä aikavälillä onko kaikkia varaosia pakko olla varastossa vai pitäisikö ne työntää takaisin toimittajalle. Sisäisen kunnossapidon varastonohjauksen kehittäminen on jatkuva prosessi ja tärkeää onkin luoda toimintamallit ja noudattaa niitä. Jos näin ei tehdä, asiat unohtuvat ja pikkuhiljaa samat ongelmat palaavat. Kunnossapidon kaikkien työntekijöiden olisi tärkeää päästä näkemään toimivan kunnossapidon varastonohjauksen, jotta he ymmärtävät miksi muutoksia tehdään ja ymmärtävät siitä saatavat hyödyt.

Huomasin työn edetessä yrityksen sisäisen kunnossapidon varastonohjauksen eroavan muusta varastonohjauksesta todella paljon. Lisäksi ilman tutkittavia yrityksiä tiedon löytäminen oli haastavaa. Sisäisen kunnossapidon varastonohjaus voi olla todella vaivatonta ja pitkälle automatisoitua ja toisaalla ei tiedetä mitä omista varaosavarastoista edes löytyy. Lisäksi ongelmaksi muodostuu varaosien laitekohtaisuus ja erilaiset toimintamallit. Tärkeintä olikin luoda peruspohja varastonohjaukselle, joka auttaa ymmärtämään, mitä sisäisen kunnossapidon varastonohjauksessa tapahtuu. Kunnossapito ja siihen liittyvä varastonohjaus tulevat varmasti nousemaan esiin jatkossa vielä enemmän ja asioita tullaan varmasti tutkimaan lisää yrityksien, sekä ulkopuolisten henkilöiden toimesta.

LÄHTEET

Anon (n.d.) SFS Online - Standardit ja julkaisut (LUT). Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Anttila, M. (2003) Kunnossapidon materiaalilogistiikan merkitys ja organisoituminen kunnossapitoyhtiössä.

Aronis, M. (2004) Inventory control of spare parts using a Bayesian approach: A case study. *European journal of operational research*. Vol. 154 nro. 3, s. 730–739.

Bevilacqua, M. & Braglia, M. (2000) The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. *Reliability engineering & system safety*. Vol. 70 nro. 1, s. 71–83.

Bousdekis, A., Papageorgiou, N., Magoutas, B., Apostolou, D. & Mentzas, G. (2017) A Framework for Integrated Proactive Maintenance Decision Making and Supplier Selection, in *Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing*. Cham: Springer International Publishing. s. 416–424.

Boylan, J. E. & Syntetos, A. A. (2010), Spare parts management: a review of forecasting research and extensions. *IMA Journal of Management Mathematics*. Vol. 21 nro. 3, s. 227–237.

Cavaliere, S., Garetti, M., Macchi, M. & Pinto, R. (2008) A decision-making framework for managing maintenance spare parts. *Production planning & control*. Vol. 19 nro. 4, s. 379–396.

Candas, K. (2007) Benefits of considering inventory in service parts logistics network design problems with time-based service constraints. *IIE transactions*. Vol. 39 nro. 2, s. 159–176.

Chae, B. (2009) Developing key performance indicators for supply chain: an industry perspective. *Supply chain management*. Vol. 14 nro. 6, s. 422–428.

Christopher, M. (2011) *Logistics & supply chain management*. 4th ed. Harlow: Financial Times Prentice Hall.

Cohen, M.A., Zheng, Y.S. & Agrawal, V. (1997) Service parts logistics: a benchmark analysis. *IIE Transactions*. Vol. 29 nro. 8.

Dekker, R. (1996) Applications of maintenance optimization models: a review and analysis. *Reliability engineering & system safety*. Vol. 51 nro. 3, s. 229–240.

Driessen, M. (2015) Maintenance spare parts planning and control: A framework for control and agenda for future research. *Production planning & control*. Vol. 26 nro. 5, s. 407–426.

Flores, B.E. & Whybark, D.C. (1986) Multiple Criteria ABC Analysis. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 6 nro. 3, s. 38-46.

Flores, B.E. & Whybark, D. (1987) Implementing multiple criteria ABC analysis. *Journal of operations management*. Vol. 7 nro. 1-2, s. 79–85.

Fortuin, L. (1980), The all-time requirement of spare parts for service after sales: theoretical analysis and practical results, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 1 nro. 1, s. 59-70.

Fortuin, L. (1981), Reduction of the all-time requirement for spare parts, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 2 nro. 1, s. 29-37.

Fortuin, L. & Martin, H. (1999) Control of service parts. *International journal of operations & production management*. Vol. 19 nro. 9, s. 950–971.

Ganeshan, R., Boone, T. & Stenger, A. J. (2001) The impact of inventory and flow planning parameters on supply chain performance: An exploratory study. *International journal of production economics*. Vol. 71 nro. 1, s. 111–118.

Gallagher, T., Mitchke, M. D. & Rogers, M. C. (2005). Profiting from spare parts. *The McKinsey Quarterly*.

Gu, Z., Guoqing, Z. & Kevin, W. (2015) Efficient aircraft spare parts inventory management under demand uncertainty. *Journal of air transport management*. Vol. 42 s. 101–109.

Hançerlioğulları, G., Şen, A. & Esra A. (2016) Demand uncertainty and inventory turnover performance. *International journal of physical distribution & logistics management*. Vol. 46 nro. 6/7, s. 681–708.

Haverila, J., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. *Teollisuustalous*. 6th ed. Tampere, Infacs Oy.

Hu, Q. et al. (2018) OR in spare parts management: A review. *European journal of operational research*. Vol. 266 nro. 2, s. 395–414.

Huang, H., Zeng, N. & Xu, H. (2018) Procurement mechanism for dual sourcing and emergency production under capacity constraint. *Computers & industrial engineering*. Vol. 119, s. 204–218.

Huiskonen, J. (2001) Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices. *International journal of production economics*. Vol. 71 nro. 1, s. 125–133.

Inderfurth, I. & Mukherjee, K. (2008) Decision support for spare parts acquisition in post product life cycle. *Central European journal of operations research*. Vol. 16 nro. 1, s. 17–42.

Järviö, J. (2007) *Kunnossapito*. Helsinki: KP-Media. Vol. 4.

Karrus, Kaij E. 2005. *Logistiikka*. 3.–5. painos. Helsinki.

Kelly, A. (2006) *Maintenance systems and documentation*. 1st ed. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Kennedy, W. J., Patterson, W. & Friendendall, L. D. (2002) An overview of recent literature on spare parts inventories. *International journal of production economics*. Vol. 76 nro. 2, s. 201–215.

Klepper, S. (1996) Entry, Exit, Growth, and Innovation over the Product Life Cycle. *The American economic review*. Vol. 86 nro. 3, s. 562–583.

Knights, P. (2001) Rethinking Pareto analysis: maintenance applications of logarithmic scatterplots. *Journal of quality in maintenance engineering*. Vol. 7 nro. 4, s. 252–263.

Louit, D. (2011) Optimization models for critical spare parts inventories-a reliability approach. *The journal of the Operational Research Society*. Vol. 62, nro. 6, s. 992–1004

Manzini, R., Regattieri, A., Pham, H. & Ferrari, E. (2010) *Maintenance for Industrial Systems*. London: Springer London.

Mikkonen, H. (2009) *Kuntoon perustuva kunnossapito*. Helsinki: KP Media Oy.

Mo, D.Y., Tseng, M.M. & Cheung, R.K. (2014) Design of inventory pools in spare part support operation systems, *International Journal of Systems Science*. Vol. 45 nro. 6, s. 1296-1305.

Palmer, D. 2006. *Maintenance Planning and Scheduling Handbook*. Yhdysvallat: McGraw-Hill. 2. ed. McGraw-Hill Education.

Patton, Joseph D. & Steele, Roy J. 2003. *Service parts handbook*. 2nd ed. New York. The Solomon Press Publishers.

Piispa, T. & Lukka, A. (2005) *Tehdaslogistiikka: value added logistics of the supply and demand chain costfix*.

Rink, D. R. (1979) Product life cycle research: A literature review. *Journal of business research*. Vol. 7 nro. 3, s. 219–242.

Ritvanen, V. Inkiläinen, A. & Bell, A.V. (2011) *Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet*. Helsinki: Suomen huolintaliikkeiden liitto.

Robinson, S. (2014) *Simulation: the practice of model development and use*. Palgrave Macmillan.

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*. Vol. 25 nro. 4, s. 528–549.

Rodriguez, V. (2014) Optimal supply chain design and management over a multi-period horizon under demand uncertainty. Part I: MINLP and MILP models. *Computers & chemical engineering*. Vol. 62 s. 194–210.

Sakki, J. (2009) *Tilaus-toimitusketjun hallinta: B2B - vähemmällä enemmän*. 7. ed. Helsinki: Hakapaino Oy.

Sarker, R. & Haque, A. (2000) Optimization of maintenance and spare provisioning policy using simulation. *Applied mathematical modelling*. Vol. 24 nro. 10, s. 751–760.

Shenoy, D. & Rosas, R. (2018) *Problems & Solutions in Inventory Management*. Cham: Springer International Publishing.

Sherbrooke C.C. (2004) *Optimal Inventory Modeling of Systems*. International Series in Operations Research & Management Science. Vol 72.

Silver, E. A., Pyke, D. F. & David, F. (1998) *Inventory management and production planning and scheduling*. 3rd ed. New York: Wiley.

Stevenson, W. J. (2014) *Operations management*. 12th global ed. New York, NY: McGraw Hill/Irwin.

Stock, J. R. & Lambert, D. M. (2001) *Strategic logistics management*. 4th ed. Boston, MA: McGraw-Hill/Irwin.

Syntetos, A. A., Keyes, M. & Babai, M. (2009) Demand categorisation in a European spare parts logistics network. *International journal of operations & production management*. Vol. 29 nro. 3, s. 292–316.

Teunter, R.H., Babai, M.Z. & Syntetos, A.A. (2010) ABC Classification: Service Levels and Inventory Costs: ABC Classification. *Production and operations management*. Vol. 19 nro. 3, s. 343–352.

Van Houtum, G.J. & Kranenburg, B. (2015) Spare Parts Inventory Control under System Availability Constraints.

Veeraraghavan, S. & Scheller-Wolf, A. (2008) Now or Later: A Simple Policy for Effective Dual Sourcing in Capacitated Systems. *Operations research*. Vol. 56 nro. 4, s. 850–864.

Zhang, R.Q., Hopp, W.J. & Supatgiat, C. (2001) Spreadsheet Implementable Inventory Control for a Distribution Center. *Journal of heuristics*. Vol. 7 nro. 2, s. 185–203.

Zheng, M. (2021) Joint Optimization of Condition-Based Maintenance and Spare Parts Orders for Multi-Unit Systems with Dual Sourcing. *Reliability engineering & system safety*. Vol. 21