Keräilyprosessin ja varastoinnin kehittäminen

Juho Rahja

Opinnäytetyö
Marraskuu 2014
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit
tuotantojärjestelmät

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät

JUHO RAHJA:
Keräilyprosessin ja varastoinnin kehitys

Opinnäytetyö 45 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Marraskuu 2014

Tämä opinnäytetyö tehtiin Sandvik Mining and Construction Oy:n pintaporalaitepuolen logistiikkaosastolle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää sisäisen logistiikan materaalien hallintaa ja selkeyttää varastosta tuotantoon kulkeutuvaa materiaalivirtaa. Työssä suunniteltiin myös kokoonpanolinjalle uusia layout-vaihtoehtoja tehostamaan materiaalien saatavuutta.

Työn teoriaosuudessa käsitellään logistiikkaa ja sen osa-alueista erityisesti sisäisen logistiikan materiaalivirtaa. Sisäiseen logistiikkaan kuuluvat oleellisesti varastot ja keräilyprosessi. Teoriaosuudessa käsitellään myös Lean-ajattelua ja sen tuottamia työkaluja, joiden avulla prosesseja pyritään tehostamaan.

Työn selvitysosiossa käydään läpi prosessin nykytila, muutostarpeeseen johtaneet ongelmat sekä asetetaan tavoitteet keräilyn ja varastoinnin kehitysehdotuksille. Materiaalivirran ja keräilyn tehostamiseksi pyritään löytämään uusia tapoja. Ratkaisuvaihtoehdot arvostellaan valitun arviointikriteeristön perusteella.

Opinnäytetyön kehityskohteet on tunnistettu merkittäviksi tekijöiksi tuotannon tehostamisessa. Kehitysideat ja muutosehdotukset arvioidaan yhdessä osaston johdon kanssa. Mahdolliset muutokset prosesseihin jäävät osaston johdon päätettäviksi. Työn tarkoituksena on tukea tätä päätöksentekoa tuottamalla vaihtoehtoisia ratkaisuja ja arvioida näiden soveltuvuutta ja merkittävyyttä.

Asiasanat: sisäinen logistiikka, Lean-ajattelu, materiaalivirta, keräily, varasto

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering
Modern Production Systems

JUHO RAHJA:
Picking process and warehouse development
Bachelor's thesis 45 pages, appendices pages 3
November 2014

This thesis was made for Sandvik Mining and Construction Oy. The objective of the work was to develop ways to improve picking process and material flow from warehouse to production.

The theoretical review includes sections of logistics and Lean-philosophy. Understanding of these theories is essential for picking process and warehouse development. Lean-philosophy provides practical tools for improvement of logistics processes and they are recognized useful also in this project.

The empiric part consists of the charting of the present state and the problems which have led to the need for change. The development and amendment proposal are gone through and are judged by chosen criteria.

The subjects for development have been found to be significant factors in the intensifying of the production and for reducing lead-times. The development proposals are evaluated together with the management of the department. The possible changes in the processes remain for the management of the department to be decided.

Key words: logistics, material flow, picking, warehouse

SISÄLLYS

1 JOHDANTO ... 5
2 SANDVIK AB ... 7
3 LEAN- AJATTELU JA- TYÖKALUT ... 9
4 LOGISTIIKKA ... 12
4.1 Logistiikan merkitys ... 12
4.2 Sisälogistiikka ... 13
4.3 Varastot ... 14
4.4 Keräily ... 16
5 VARASTOJEN HALLINTA JA OHJAUS ... 17
6 NYKYINEN TUOTANTOLINJA ... 21
7 VARASTOINNIN KEHITTÄMINEN ... 23
7.1 Varastonimikkeiden jakautuminen varastopaikoittain ... 23
7.2 Lähtötilanteen ongelmat ... 24
7.3 Keräilyjen ohjautuminen ja kehitysehdotukset ... 24
7.4 Asemakohtainen pienkomponenttihylly ... 26
7.5 Keräilykärryjen muokkaus ... 27
8 LINJAVARASTON MUUTOKSET ... 30
8.1 Linjavaraston komponentit ... 31
8.2 Vaihtoehtojen arviointia ... 35
9 TUOTANTOLINJAN MUUTOSEHDOTUKSET ... 37
9.1 Kokoonpanolinja siirtäminen ... 37
10 POHDINTA ... 39
LÄHTEET ... 41
LIITTEET ... 43
Liite 1 ... 43
Liite 2 ... 44
Liite 3 ... 45

1 JOHDANTO

Jatkuvasti kiristyvässä markkinatilanteessa yritykset pyrkivät kehittämään liiketoimintaprosesseitaan tehokkaammiksi. Erityisesti tuotannon tehostaminen kilpailussa kehittyvien talouksien kanssa on merkittävässä osassa. Lean-ajattelu on yleistynyt suurten ja keskisuurten yritysten keskuudessa eikä Sandvik tee poikkeusta. Tuotannon prosesseja kehitetään jatkuvasti, ja yhtenä mittarina toimii tuotannon läpäisyaika. Läpäisyaika koostuu asentajien laitteeseen käyttämästä työajasta. Tähän sisältyvät asennustyöt sekä työkalujen että materiaalien hakemiseen käytetty aika.

Laitteiden läpimenoaikoja seurataan jatkuvasti. Tutkimuksissa eritellään paljonko eri työvaiheisiin kuluu aikaa. Seuratuissa laitteissa on havaittu materiaalien hakemiseen kuluvan ajan osuuden olevan huomattavan suuri. Läpäisyaikaa olisi mahdollista lyhentää materiaalien paremmalla saatavuudella.

Varastot ovat tärkeä osa materiaalien hallintaa ja niiden ylläpito on tärkeää tehokkaan tuotannon ylläpitämiseen. Materiaalien oikea-aikainen ohjautuminen varastosta tuotantoon on perustana tehokkaalle tuotannolle. Tuotannon näkökulmasta varaston koko saisi olla suhteellisen suuri, jotta oikeaa tavaraa olisi aina saatavilla ja vältyttäisiin osapuutteilta. Toisaalta varaston kiertonopeutta pyritään nopeuttamaan ja varastoihin sitoutunutta pääomaa pienentämään tuloksen parantamiseksi.

Työn tavoitteena on kehittää uusia ideoita varastoinnin ja keräilyn toimivuuden parantamiseksi. Näiden ideoiden tarkoituksena on mahdollistaa materiaalien parempi saatavuus tuotannossa ja vähentää asentajien osien hakemiseen kuluvaa aikaa. Kriteereiksi kehitysehdotuksille asetettiin asentajan materiaalien hakemisesta aiheutuvan liikkeen minimoiminen, materiaalin otettavuus ilman trukkia tai pinkkaria kokoonpanolinjalla sekä tuotantolinjalla sijaitsevien kuormalavahyllyjen poistaminen. Tavoitteena on kehittää varastointia ja keräilyä hyvin hallitavaksi ja visuaalisesti selkeäksi sekä tukea tehokasta tuotantoa materiaalivirran näkökulmasta.

Tämä työ tulee käsittelemään materiaalivirran ja varastoinnin kehittämistä. Tarkastelu keskittyy pisteeseen, jossa materiaali saapuu varastoon ja ohjautuu tuotantoon. Työssä ei oteta kantaa vastaanottoon tai mahdollisten passiivivarastojen toimintaan, vaan

keskitytään sisäisen logistiikan keräilyprosessiin ja edelleen materiaalien saatavuuden parantamiseen tuotannossa. Työn tarkoituksena on suunnitella erilaisia vaihtoehtoisia menetelmiä edellä mainittujen toimintojen tehostamiseksi sekä valita parhaat ratkaisut ja tehdä niistä toteutussuunnitelmat. Lopuksi vaihtoehdot arvostellaan valitun kriteeristön perusteella.

Tämä työ sisältää lyhyen yritysesittelyn Sandvik Mining and Construction Oy:stä. Teoriaosuudessa (luvut 4 ja 5) käsitellään logistiikkaa ja erityisesti sisäisen logistiikan eri prosesseja. Työn kehitysosuudessa (luvut 7–9) käydään läpi nykymallin ongelmat, suunnitellaan toimintamalliin muutoksia ja kehitysehdotuksia niin varastoinnin kuin keräilyprosessin osalta. Kehitysehdotukset arvioidaan kehitetyn arviointikriteerien perusteella. Lopuksi luodaan työssä käsiteltävälle tuotantolinjalle uusia layout-vaihtoehtoja, jotka tukisivat materiaalien saatavuutta ja määrättyä standardityöjärjestystä. Työssä tutkitut ongelmat ja prosessien kuvaukset on kerätty työntekijöitä haastattelemalla, seuraamalla prosessien kulkua paikanpäältä sekä käytetty omakohtaista tietoa ja kokemusta, joka on rakentunut aiemmista toimihenkilöharjoitteluista yrityksen logistiikkaosastolla.

2 SANDVIK AB

Sandvik on kansainvälinen korkean teknologian teollisuuskonserni, jonka pitkälle kehitetyt tuotteet ovat markkinajohtajia valikoiduilla erikoisaloilla. Näitä ovat metallintyöstössä käytettävät kaivos- ja maarakennusteollisuuden laitteet ja työkalut, ruostumattomat materiaalit, erikoismetalliseokset, metalliset ja keraamiset kestomateriaalit sekä erilaiset prosessijärjestelmät. Vuonna 2011 konserni työllisti noin 50 000 henkilöä, ja sillä oli työntekijöitä ja toimintaa yli 130 maassa. Liikevaihto oli miltei 94 miljardia Ruotsin kruunua. Vuoden 2012 alussa Sandvik Mining and Construction jaettiin kahteen liiketoiminta-alueeseen: Sandvik Mining ja Sandvik Construction. (Sandvik 2014.)

Sandvik Construction

Sandvik-konserniin kuuluva Sandvik Construction tuottaa laitteita ja niihin liittyviä palveluja ja kokonaisratkaisuja maarakennusteollisuuden eri aloille, kuten louhintaan, kalliorakentamiseen, yhdyskuntarakentamiseen, kiviainestuotantoon ja kierrätykseen. Tuoteperheeseen kuuluvat muun muassa porakalusto, poravaunut (kuva 1), iskuvasarat, kiinteät ja mobiilit murskaus- ja seulontaratkaisut sekä maanalaisen rakentamisen poralaitteet, mekaanisen louhinnan laitteet, lastaus- ja kuljetuslaitteet ja näihin liittyvät palvelut. Vuonna 2011 liikevaihto ylitti 9 miljardia Ruotsin kruunua. Liiketoiminta-alueella työskenteli noin 3 900 henkilöä. (Sandvik 2014.)

KUVA 1: Sandvik DI550 poralavaunu (Sandvik 2014).

Tampereen tehdas

Tampereen tehtaalla Myllypurossa toimii Mining ja Construction segmentien poralaitetuotanto. Tuotantotiloja on kolmessa eri tuotantorakennuksessa, joista kahdessa keskitytään poralaitteiden kokoonpanoon ja yhdessä koneistukseen. Sandvikin avainkomponentit, porakoneet ja niiden osat työstetään ns. porakoneverstaalla, josta ne lähetetään kokoonpanotehtaille ympäri maailman. Osaaminen poralaitteiden valmistamiseen ja suunnitteluun on keskittynyt Tampereen tehtaalle, jossa poralaitteita on valmistettu jo 1970-luvulta saakka Tamrockin ajoista lähtien. Tampereen tehdas luokitellaan osaamiskeskukseksi ja näkymä tehtaan säilymiseksi nykyisessä muodossaan on valoisa. Tampereen myllypuron tehdas työllistää n.1000 henkilöä.

3 LEAN- AJATTELU JA- TYÖKALUT

Leanin ajatusmaailma polveutuu japanilaisesta Toyota Production Systemistä, joka kehitettiin vuosien 1948–1975 välillä. TPS:ään vaikuttivat taas yhdysvaltalaiset Henry Ford sekä Frederick Taylor 1900-luvun alussa. 1990-luvulla Leanistä alettiin puhua omana filosofianaan. Lean tunnetaan myös nimityksillä lean manufacturing ja lean production. (Six Sigma. Lean 2014.)

Lean-ajattelu on asiakaslähtöisen prosessijohtamisen malli. Sen ydin on hukan, eli menetetyn ajan poistaminen eri prosesseista ja arvoatuottavan työn tehostaminen. Lean on siis toiminta- ja ajattelutapa, jossa virtausta ja jalostusarvon osuutta maksimoidaan poistamalla prosesseihin liittyvää hukkaa. Lean-ajattelun avulla pyritään lyhentämään läpimenoaikoja ja sitä kautta saavuttamaan taloudellista parannusta yrityksen prosesseissa. (Six Sigma. Lean 2014.)

Lean-ajattelun ydinajatuksena on se, ettei lean ole tila, johon pyritään, vaan jatkuvan oppimisen ja kehittymisen prosessi- Se ei ole koskaan valmis tai täydellinen. Lean-ajattelussa tiedostetaan se tosiasia, että aina on parantamisen varaa. Kyse on sellaisten periaatteiden kehittämisestä, jotka sopivat parhaiten kyseessä olevaan organisaatioon, ja niiden soveltamisesta siten, että saavutetaan mahdollisimman korkea suorituskyky ja pystytään tuottamaan entistä enemmän lisäarvoa asiakkaille. (Tuominen 2010a, 6.)

Lisäarvoa tuottavaa työtä on esimerkiksi asennustyö, jossa rakennetaan suurempaa kokonaisuutta. Esimerkiksi sähkökaapeleiden kytkeminen tai komponenttien kiinnittäminen on työtä, josta asiakas on valmis maksamaan. Vastakohtana on hukka, jota lean-ajattelussa pyritään minimoimaan. Hukkaa on työ, joka ei tuota lisäarvoa asiakkaalle. Esimerkiksi työkalujen tai osien hakemiseen kuluva aika on lisäarvoa tuottamatonta, mutta sitoo osaltaan resursseja ja pitkittää läpimenoaikaa. Tätä hukkatyötä pyritään systemaattisesti vähentämään tai poistamaan. (Tuominen 2010b, 9.)

Arvoa tuottamattomat hukkatyöt voidaan jakaa seitsemään eri osa-alueeseen:

1. Ylituotanto
2. Odotus viivyttely
3. Turhat siirrot ja kuljetukset

4. Turhat liikkeet ja työvaiheet
5. Ylivarastointi
6. Ei- optimaallinen tilankäyttö
7. Virheet. (Inkinen 2009, 97–101.)

Lean tarjoaa työkaluja näiden arvoa tuottamattomien toimintojen kehittämiseen. Näistä työkaluista esitellään seuraavaksi 5S-järjestelmä, imuohjaus sekä Just In Time -ajattelu.

5S-järjestelmä

5S on japanilainen filosofia, joka keskittyy työpisteiden organisointiin ja eri työmenetelmien standardointiin tavoitteenaan kasvattaa työn tuottavuutta. Tuottavuutta kasvatetaan poistamalla arvoa tuottamatonta toimintaa, sekä parantamalla laatua ja turvallisuutta. Tuottavuus lisääntyy, kun työntekijät tietävät työkalujen ja tavaroiden paikat, eikä niitä tarvitse etsiä. 5S on osa Lean-ajattelua ja koostuu seuraavista osa-alueista:

- Sortteeraus. (Sort) Poistetaan työpisteestä tarpeettomat tavarat.
- Systematisointi. (Set In Order)
- Siivous. (Shine)
- Standardisointi. (Standardize) Standardisoidaan työpisteiden parhaat käytäännöt työntekijöiden kanssa, esimerkiksi työkalut, osien merkkaustavat jne.
- Seurantana. (Sustain) Tarpeettomien tavaroiden poistamisen ja työpisteiden uudelleenjärjestelyjen jälkeen pidetään huolta että sovittuja menetelmiä noudatetaan. (Väisänen, Sig Sixma, 5S 2013.)

Imuohjaus

Imuohjaus on toimintamalli, jossa tilaus käynnistää hankinta- ja valmistusprosessin. Imuohjaus on ohjaustapa, jossa materiaalien ohjaus toimii kulutuksen mukaan. Tämä sopii suurille materiaalivirroille, jolloin niiden ohjaus ei kuormita tuotannonohjausta päivittäin, vaan tilannetta tarkastellaan esimerkiksi viikottain. (Technomark, Imuohjaus 2014.)

Just In Time- ajattelu

Just In Time, tai tunnetummin JIT, on teollisuudessa ja kaupanalalla käytetty johtamisfilosofia. JIT on logistinen varastonhallinta- ja tuotannonohjaustategia, jonka tarkoituksena on tehostaa tuotanto- tai myyntiprosessin kokonaisuutta. Just In Time-ajattelun perusidea on toimittaa tarvittavia tuotteita tai raaka-aineita asiakkaalle tämän tarvitsema määrä haluttuna ajankohtana. Asiakkaana voi olla loppuasiakas tai yrityksen sisällä olevat eri organisaatiot. Esimerkiksi varastotyöntekijän asiakkaana toimii tuotannonyksikkö, joka tarvitsee materiaalia tiettynä ajanhetkenä. JIT-lyhenteen suomenkielinen vastine on JOT, joka tulee sanoista ”Juuri Oikeaan Tarpeeseen”. (Logistiikan maailma. JIT 2013.)

JIT-menetelmä on kehitetty komponenttivarastojen minimoimiseen. Varastoihin sitoutuu valtavasti pääomaa ja Lean-ajattelun mukaisesti varastojen kokoa pyritään pienentämään, koska se on hukkaa. Varastokokojen kasvaessa ne alkavat toimia puskureina ja näin piilottavat ongelmat ja niiden juurisyitä ei päästä koskaan ratkaisemaan. JIT-menetelmän avulla pyritään pienentämään varastotasoja asteittain, jotta ongelmat tulevat esiin. Ongelman havainnoinnin ja ratkaisun jälkeen varastotasoja pystytään laskemaan entisestään ja Lean-ajattelun mukainen jatkuva parantaminen toteutuu. (Stevenson 2007, 688.)

4 LOGISTIIKKA

Logistiikalle on muodostunut vuosien varrella useita erilaisia määritelmiä ja sana logistiikka merkitseekin eri toimijoille mahdollisesti eri asioita. Yleisimmin logistiikka yhdistetään kustannustehokkaaseen ja tuottavaan hankintatoimintaan, varastointiin, kuljetuksiin sekä jakeluun liittyvien materiaalien ja palveluiden toimenpiteisiin. (Ritvanen, Inkiläinen, Von Bell & Santala 2011, 20.) Logistiikka voidaan määritellä seuraavasti:

> Logistiikka on materiaali-, tieto ja pääomavirtojen, hankinnan, tuotannon, jakelun ja kierrätyksen, huolto- ja tukipalvelujen, varastointi-, kuljetus- ja muiden lisäarvopalvelujen sekä asiakaspalvelun- ja suhteiden kokonaisvaltaista johtamista ja kehittämistä (Karrus K. E. 1998, 13).

Logistiikan tavoitteina ovat kustannusten alentaminen, sitoutuneen pääoman pienentäminen ja palveluiden parantaminen. Kustannusten alentamisstrategiat kohdistuvat yleensä varastointiin ja kuljetuksiin liittyvien kustannusten minimointiin. Huomioon pitää ottaa mm. varastojen sijoitukset sekä kuljetusmuodot. Tarkoituksena on saavuttaa mahdollisimman suuri kannattavuus mahdollisimman pienillä kustannuksilla tehokkaasti. Samalla pyritään poistamaan kaikki turhat toiminnot ajan ja rahan säästämiseksi. (Ritvanen & Koivisto 2007, 9.)

4.1 Logistiikan merkitys

Logistiikan merkitys on yritykselle korvaamaton. Jotta logistiikasta saadaan mahdollisimman kustannustehokasta ja arvoa tuottavaa, pitää muistaa välttää muutamia heikkoja lenkkejä, joita jokaisella yrityksellä on ainakin jossain vaiheessa tuotantoa. (Inkiläinen 2009, 96.)

Turhat kuljetukset ja siirrot ovat yleisimpiä virheitä. Varastosiirrot, kuljetusreittien impulsiiviset muutokset, yksittäiset noudot, reklamaatiopalautukset, puolitäydet kuljetusyksiköt ja kuljetusapuvälineiden palautukset tyhjinä kuuluvat tähän ryhmään. Kuljetusten tehostaminen on hyvin tärkeää ja tilankäytön maksimointia kuljetusten yhteydessä tulee miettiä huolellisesti. Kuorma-auto, jonka kapasiteettia ei hyödynnetä

täysin, on yritykselle aina tappiollista. Kuljetuksissa tulee pyrkiä saamaan mahdollisimman paljon tavaraa siirtymään paikasta A paikkaan B yhdellä siirtokerralla. Tämä tapahtuu pinoamalla mahdolliset tavarat päällekkäin sekä suunnittelemalla tavaroiden asettelu, maksimoimaan tilankäyttö. (Inkiläinen 2009, 100.)

Turhat liikkeet ja työvaiheet ovat osa tuotantoa ja ne ilmenevät prosesseja tehostamalla. Jatkuva prosessien kehitys takaa turhien liikkeiden havaitsemisen ja niiden vähentämisen. (Inkiläinen 2009, 96.)

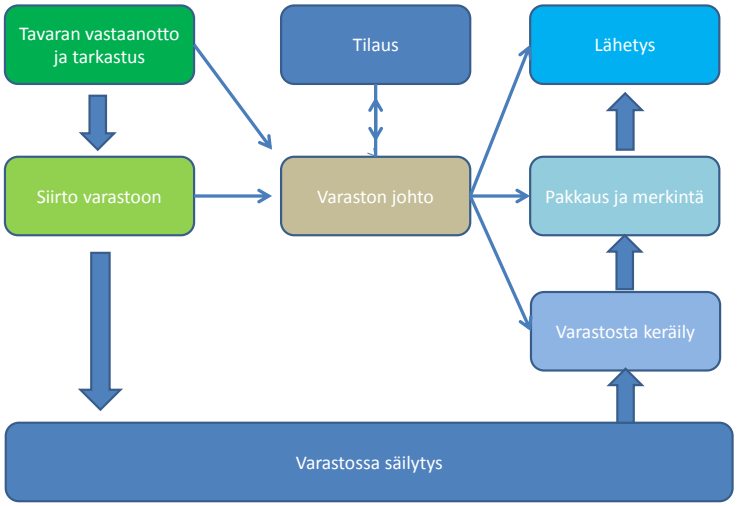
Työvaiheita tutkittaessa huomataan nopeasti, jos jokin välivaihe on turha. Tällä hetkellä useat yritykset pyrkivät toteuttamaan Lean-periaatteita ja poistamaan eri prosesseista tuottamatonta työtä eli hukkaa. Tyypillisen varaston toimintakustannuksista jopa 50 prosenttia aiheutuu tilausten keräilystä ja siitä vuorostaan yli puolet syntyy tavaran siirtymisestä paikasta toiseen. (Inkiläinen 2009, 97, 99.)

Turhien liikkeiden poistamiseen kannattaa käyttää aikaa. Tämä korostuu etenkin silloin, kun jotakin turhaa työvaihetta tehdään päivittäin monta kertaa. Se vie aina aikaa arvoatuottavasta tuotannosta. Siksi on tärkeää käyttää tähän resursseja niin tuotannonsuunnitelun kuin ammattitaitoisten asentajien toimesta. (Inkiläinen 2009, 99.)

4.2 Sisälogistiikka

Termillä sisälogistiikka (engl. intralogistics) tarkoitetaan logistiikkakeskusten, terminaalien ja varastojen toimintaa ja ylläpitoa käsittävää kokonaisuutta. Se koostuu rakenteista, suunnittelusta sekä operatiivisesta toiminnasta. Sisälogistiikkaan kuuluu varaston rajojen sisäpuolella tapahtuva toiminta alkaen siitä hetkestä, kun kuljetusyksikkö on avattu ja lastinkäsittely aloitettu jatkuen aina lähtevän tilauksen pakkaamiseen. Sisälogistiikkaan voi toki kuulua myös ulkovarastointia ja siihen liittyvää tavaran käsittelyä. (Kivistö & Riuttamäki, 2014.)

Sisälogistiikkaan kuuluvat fyysiset toiminnot ja niitä ohjaavat informaatiovirrat on esitetty kuvassa 3. Tilaus laukaisee impulssin, jonka jälkeen varaston johto vastaa informaatiovirrasta ja halutun toimenpiteen aloittamisesta. Tuotantolaitoksissa yleisesti suurin resursseja vievä toimenpide on tavaran keräily.



KUVIO 1: Sisälogistiikan toiminnot. Materiaalivirtaa kuvataan vahvoilla nuolilla, informaatiota ohuilla (Kivistö & Riuttamäki 2014).

4.3 Varastot

Tuotteiden ja erilaisten materiaalien varastointi toimitusketjun eri vaiheissa on käytännössä välttämätöntä asiakkaan kysynnän tyydyttämiseksi ja asiakasarvon tuottamiseksi. Varastoilla mahdollistetaan vaihtelevaan tai täysin odottamattomaan kysyntään vastaaminen nopeasti. Varastojen tarjoama tuotevalikoima vahvistaa asiakastyytyväisyyttä. Varastoja käytetään myös suojaamaan yritystä erilaisilta epävarmuustekijöiltä, kuten raaka-ainetoimitusten ongelmilta (aika, laatu, hinta), tuotantohäiriöiltä (esim. konerikot, lakot) sekä talouden muutoksilta (hintojen nousu, yleinen talouden epävakaus). Varastot tarjoavat mahdollisuuksia skaalaetujen hyödyntämiseen. Suuret ostoerät tuovat yleensä määräalennuksia ja alentavat yksikkökohtaisia rahti- ja käsittelykustannuksia. Tuotannossa sijaitsevien varastojen avulla voidaan tuotanto pitää tasaisena kysynnän aiheuttamista kausivaihteluista huolimatta. (Kivistö & Riuttamäki 2014.)

Varastoja voidaan luokitella monin tavoin. Valmistavassa yrityksessä on yleensä raaka-ainevarasto, puolivalmistevarasto ja lopputuotevarasto. Tarkoituspohjaisesti tai syntytavan perusteella varastot voidaan luokitella seuraaviin eri ryhmiin:

1. Syklivarastot syntyvät varastojen täydennyksistä, kun täydennyserä ylittää välittömän kysynnän. Mitä useammin ja pienemmin erin varastoa täydennetään, sitä pienempi syklivarasto on.
2. Varmuusvarastoa tarvitaan hallitsemaan kysynnän ja tarjonnan epävarmuutta. Varmuusvarastoja ei tarvita, jos kysyntä on vakio ja tuotteen saatavuus on taattu.
3. Ennakointivarastoilla voidaan varmistaa tuotteen saatavuus ja toimituskyky ennalta tiedettyjen tarjonnan tai kysynnän vaihteluiden tilanteissa, esimerkiksi kausivaihteluissa, markkinointikampanjoissa tai projektitoimitusten aikatauluennakkoissa.
4. Epäkurantti varasto syntyy tuotteen vanhetessa ja poistuessa kaupallisesta tuotannosta, esim. tuoteversion vaihduttua tai asiakaskohtaisten tuotteiden sopimuksen päätyttyä. (Kivistö & Riuttamäki 2014.)

Varastot voidaan jakaa myös aktiivi- ja passiivivarastoon. Aktiivivarastolla tarkoitetaan varaston sitä osaa, joka kulutetaan ennen uuden täydennyserän saapumista. Yhden tuotteen aktiivivarasto on pääsääntöisesti puolet saapuvien ostoerien keskikoosta. Kaikki muu varasto on passiivivarastoa, jonka yksi osa on tuotteelle määritelty varmuusvarasto. Suuret passiivivarastot syntyvät pääasiallisesti virheellisistä kysyntäarvioista ja ostohenkilön epävarmuudesta. Saapuvat ja lähtevät tavaravirrat eivät ole passiivivaraston kasvaessa tasapainossa. Varmuusvaraston ylittävä osa passiivivarastoa on täysin turha, ja siinä piilee merkittävä varastojen pienentämisen potentiaali.

Varastot jaetaan niihin kohdistuvan kysynnän perusteella riippumattoman ja riippuvan kysynnän varastoihin. Riippumaton kysyntä on asiakkaan kysyntää, johon yrityksen toimenpiteillä ei voi suoraan vaikuttaa. Mainonnalla ja kampanjoinnilla voidaan ohjata myynnin ajankohtaa ja määrää, mutta lopullisen ostopäätöksen tekee asiakas itse. Tyypillisiä riippumattoman kysynnän varastoja ovat lopputuotevarastot ja kauppojen varastot. Näiden hallinta perustuu kysyntäennusteisiin. Riippuva kysyntä kohdistuu yleensä tuotannossa tarvittaviin materiaaleihin. Raaka-ainevarastot ja

puolivalmistevarastot ovat riippuvan kysynnän varastoja. Niitä ohjataan yrityksen omilla materiaalinohjauspäätöksillä, tuotantosuunnitelmilla ja valmistusohjelmilla. Riippuva kysyntä on useimmissa tapauksissa kuitenkin johdannainen riippumattomasta kysynnästä. (Kivistö & Riuttamäki 2014.)

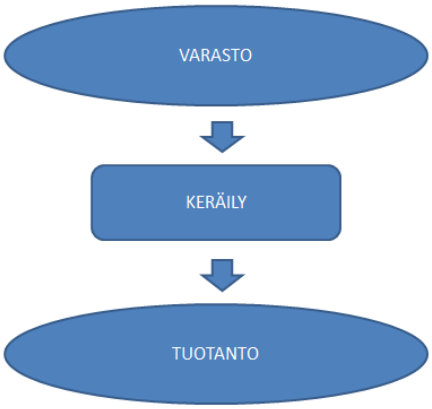
4.4 Keräily

Keräily on varastotyöskentelyn ja sisäisen logistiikan osa-alueista yksi tärkeimmistä. Laadukkaasti ja tehokkaasti toteutettu keräilyvaihe näkyy toimitusaikojen pitävyydessä ja heijastaa suoraan tuotannon tehokkuuteen.

Keräily voidaan toteuttaa joko tuote-, tuoteryhmä-, alue-, tai asiakaskohtaisesti. Tuotantolaitoksissa keräily tapahtuu tuotekohtaisesti ja keräilyä ohjaa sähköinen tuotannonohjausjärjestelmä (ERP). (Logistiikan maailma, keräily 2014.)

Tilaus, joka kirjataan ERP:hen ja vahvistetaan asiakkaalle, synnyttää impulsin keräilylle. Kuviossa 2 esitetään materiaalin kulku, jossa keräilijä kerää tilauksen mukaiset materiaalit varastosta ja ohjaa tarvekohteeseen. Keräilyä tapahtuu niin käsin kuin automaation kautta. Tässä työssä käsitellään käsinkeräilyä sekä FMS-varastoautomaatin avulla tapahtuvaa keräilyä.

Käsinkeräily on vielä tällä hetkellä yleisin tapa toimia. Syitä käsinkeräilyn suosiolle voidaan perustella automaation liittyvillä suurilla investoinneilla sekä ihmisten joustavuudella. (Logistiikan maailma, keräily 2014.)



KUVIO 2: Materiaalin kulkukaavio keräilyn kautta.

5 VARASTOJEN HALLINTA JA OHJAUS

Varastojen materiaalimääriä hallitaan Sandvim Mining and Construction Oy:ssä pääsääntöisesti tuotannonohjausjärjestelmän kautta. Tuotannonohjaajat tilaavaat materiaaleja tilauskannan perusteella ja pyrkivät pitämään tilauserät optimaalisen kokoisina, jotta varastojen koko ei olisi liian suuri, mutta toisaalta takaisi tehokkaan tuotannon ilman materiaalipuutteita. Tämä on tarkkaa tasapainottelua ja vaatii luotettavia tavarantoimittajia optimaalisten tilauserien sekä paikkaansa pitävien toimituspäivien osalta.

Nykypäivänä suurten yritysten koko sisäistä toimitusketjua hallitaan sähköisen tuotannonohjausjärjestelmän avulla ja sen reaaliaikaisuus on avainasemassa koko toimitusketjun tehokkaaseen toimintaan. Varastoarvojen ja varastossa olevien materiaalien tarkka hallinta on välttämätöntä saumattoman tuotannon mahdollistamiseksi.

Tuotannonohjaus

Tuotannonohjausjärjestelmän kautta tilataan materiaaleja joko varastoon tai suoraan työlle. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että tilattava komponentti on joko korvamerkitty tietylle laitteelle ja toimitus tapahtuu JIT-periaatteen mukaan, tai vaihtoehtoisesti ohjautuu ensin varastoon ja sieltä keräilyn kautta laitteelle tai alikokoonpanoon. Alikokoonpanoja, valmistettavia nimikkeitä, on myös suoraan työlle ohjattuja sekä varastoon valmistettavia ja niitä ohjaa samanlailla tuotannonohjausjärjestelmä. Poikkeuksena on tarpeen ilmoittava impulssi, joka ostettavien nimikkeiden osalta synnyttää ostotilauksen, kun taas valmistettavien nimikkeiden kohdalla syntyy valmistusehdotus, joka on ennalta määrätyn valmistuserän kokoinen.

Työlle ostettavat nimikkeet

Työlle ostettavat nimikkeet ovat yleisesti ottaen kalliimpia ja kooltaan suurempia nimikkeitä, jotka ohjautuvat JIT-periaatteiden mukaisesti. Ostettaessa suoraan työlle, eivät nimikkeet nouse varastosaldoihin kuin hetkellisesti ja näin varaston arvoa pystytään pitämään pienempänä. Työlle ostettavia ovat muun muassa laitteiden rungot, telat, säiliöt sekä suuret rautarakenteet kuten puomin osat. Työlle ostettavien

nimikkeiden määrää pyritään kasvattamaan, jolloin varaston kokoa pystytään pienentämään. Ongelmana ovat niiden tarkat tarvepäivät ja mahdollinen toimituksen myöhästyminen aiheuttaa pahimmillaan tuotannon seisahtumisen.

Varastoon ostettavat nimikkeet

Varastoon ostettavat nimikkeet ovat pääsääntöisesti arvoltaan halvempia ja niiden tarvemäärät yleisesti ottaen suuria. Varastoon ostettavien nimikkeiden tilauspisteitä ohjaa tuotannonohjausjärjestelmään nimikekohtaisesti määrätyt minimivarastot. Minivarasto on saldomäärä, jonka alittuessa tuotannonohjausjärjestelmä lähettää tilausimpulssin joko nimikkeen vastuuhenkilölle tai suoraan toimittajalle, riippuen nimikkeen ohjaustiedoista. Tämä toimintamalli vaatii saldojen paikkaansa pitävyyden, jotta materiaalipuutteilta voitaisiin välttyä.

Valmistettavat nimikkeet

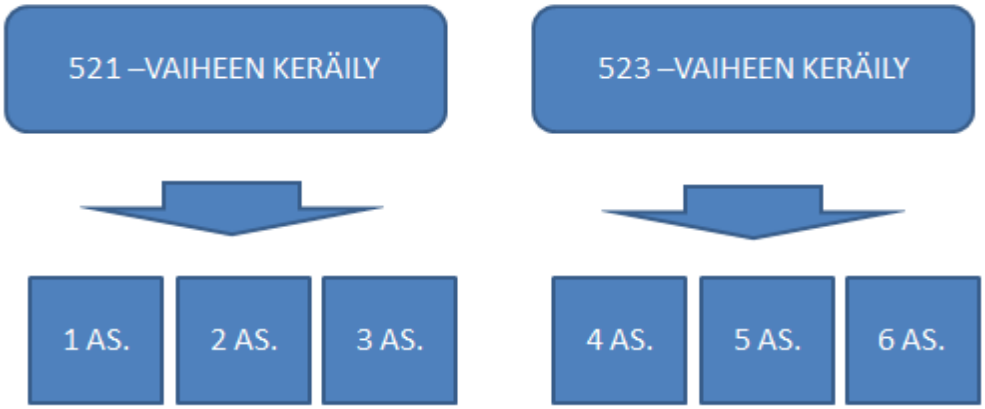
Valmistettavat nimikkeet ovat puolivalmisteita, joita valmistetaan tuotannonohjausjärjestelmän mukaisesti niin tuotannon tarpeisiin kuin varaosiksi. Pienkokoonpanot kootaan pääasiassa tuotantotiloissa sijaitsevissa osakokoonpanosoluissa, joista ne ohjataan tarvekohteeseen joko logistiikan työntekijöiden toimesta tai vaihtoehtoisesti osakokoonpanon työntekijöiden kautta. Materiaalit osakokoonpanoille tuodaan logistiikan työntekijöiden toimesta soluissa sijaitseviin varastopaikkoihin, varastonsiirtoihin impulssin luo tuotannonohjausjärjestelmä. Osakokoonpanot menevät pääasiassa tuotannon tarpeisiin ja impulssi osakokoonpanon valmistukseen syntyy tuotannonohjausjärjestelmän kautta laitetilauksien tai vaihtoehtoisesti varastoitavien osakokoonpanojen kohdalla minimisaldojen mukaan.

Tuotannonohjauksen vaihejako

Kun laitetilaus vahvistetaan tuotannonohjausjärjestelmään, syntyy impulssi joka ilmoittaa tilatun laitteen rakennemallin. Laitteen rakennemalli taas ilmoittaa mitä materiaaleja tarvitaan ja kuinka paljon, sekä ilmoittaa materiaalien jakautumisen eri vaihemallien välillä.

Kokoonpanolinjalle materiaaleja ohjaavia vaiheita on kaksi, 521-, ja 523-vaiheet. Kokoonpanolinja koostuu kuudesta eri asemasta, ja vaihe 521 kohdistaa materiaalit

asemille 1–3 ja vaihe 523 taas asemille 4–6 (kuvio 3). Vaiheet eivät siis kohdista materiaaleja yhden vaan kolmen aseman tarkkuudella, johtuen optioiden aiheuttamista muutoksista asemakohtaisiin asennusvaiheisiin. Näin saadaan pientä joustoa työvaiheille ja annettaan pelivaraa mahdollisille tuotannollisille muutoksille.

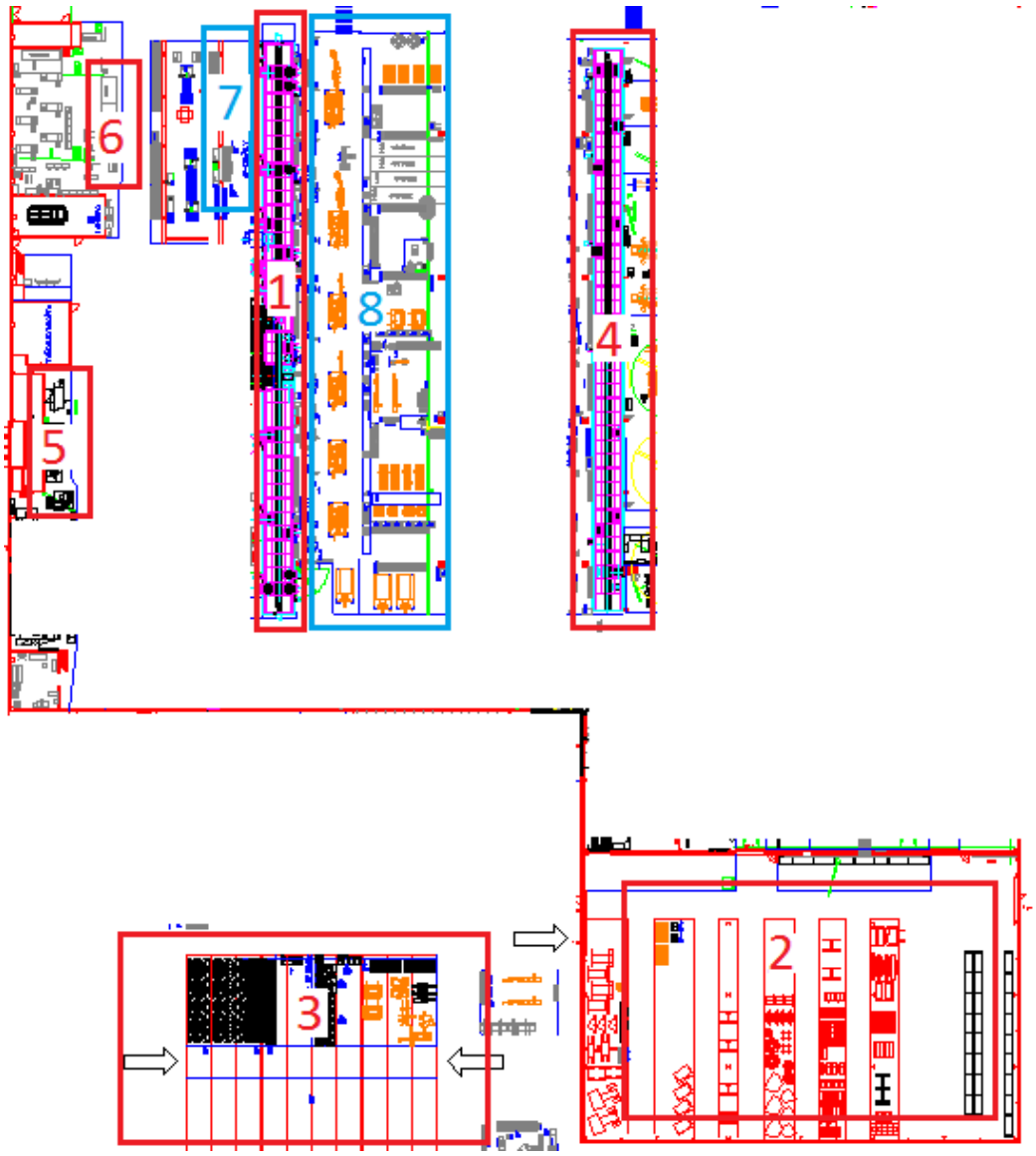


KUVIO 3: Keräilyvaiheiden kohdistus tuotantolinja asemille

Laitekohtaiset rakennemallit sisältävät paljon muitakin vaiheita, joita ovat erilaiset moduulit, suuremmat osakokoonpanot sekä mahdolliset erikoistyöt. Moduulien osalta vaiheita on 320-, 321-, 330-, 340-vaiheet, jotka pääsääntöisesti valmistetaan alihankkijalta ja niiden toimituspäivät ovat tarkasti määritetty tuotannon eri asennusvaiheiden mukaan.

Puolivalmisteille on luotu kolme omaa vaihetta laitteiden rakenteeseen, joissa valmistetaan osakokoonpano kokonaisuuksia suoraan korvamerkitylle laitteelle. Nämä vaiheet vaihtelevat 300-, 304,- ja 305-vaihetunnuksilla, riippuen laitemallista ja laitteeseen valituista optio-osista. Tuotannonohjausjärjestelmä ohjaa näiden vaiheiden tietojen avulla materiaalit tarvekohteeseen määrättyyn aikaan. Työssäni ei ole tarkoitus puuttua näiden vaiheiden toimintaan niiden nykymallin toimivuuden vuoksi.

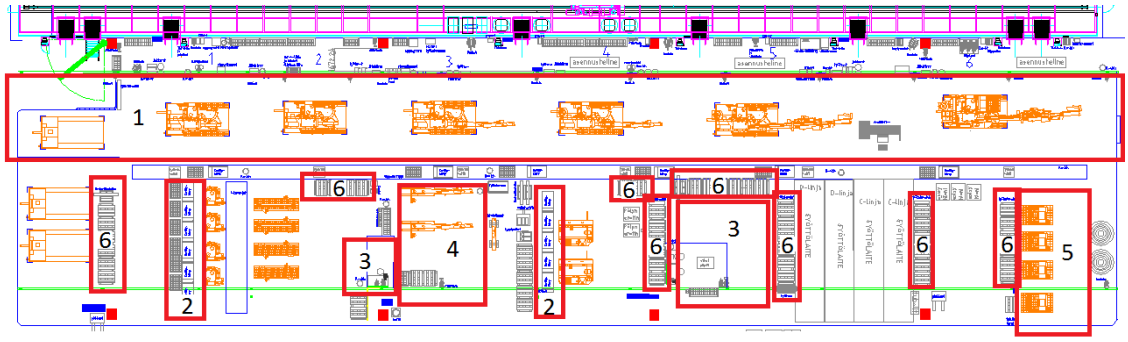
Linjavaiheet 521 ja 523 sisältävät komponentteja useasta eri varastopaikasta. Näitä varastopaikkoja ovat FMS-hyllystöhissi, korkeakeräilijä, paterit, hydraulissolu, linjavarasto, MP1-ulkoalueet, MP1-teltta ja kylmähalli. Kuvio 4 havainnollistaa varastopaikkojen etäisyyksiä toisistaan ja antaa kuvan siitä, kuinka pitkät siirtomatkat nykytilanteessa ovat. Luvuissa 7 ja 8 käydään läpi kehittämisehdotuksia näiden varastopaikkojen järkeistämiselle ja pyritään löytämään varastointiratkaisu joka parantaisi varastojen hallittavuutta ja mahdollistaisi vaihekohtaisen tehokkaan keräilyn.



KUVIO 4: Logistiikan käyttämät varastopaikat numeroituna. 1 FMS-hyllystöhissi, 2 kylmähalli, 3 MP1Teltta, 4 Korkeakeräilijä, 5 Hydraulisolu, 6 sähköpaterit. FMS-keräilyasema 7 ja kokoonpanolinja numero 8 sisältää linjavaraston.

6 NYKYINEN TUOTANTOLINJA

Tämänhetkinen tuotantolinja koostuu kuudesta eri asennusasemasta, joille jokaiselle on määritetty siinä tehtävät työvaiheet standardityöjärjestyksen mukaisesti (STD-järjestys). Laitteet liikkuvat linjaa eteenpäin paineilmatoimisten lavettien avulla ja keskimääräinen aika, jonka laite on yhdellä asemalla, on noin puolitoista työvuoroa. Kokoonpanoa tehdään kahdessa vuorossa, joten linja liikkuu eteenpäin keskimäärin kerran työpäivän aikana. STD-työjärjestyksessä on pyritty tahdistamaan linjan työvaiheet siten, että jokaisen aseman työvaiheet valmistuvat samanaikaisesti ja laitteet liikkuvat saumattomasti eteenpäin. Materiaalit ohjautuvat linjalle niille määrätyille paikoilleen ja tietyt keräilyt tulevat keräilykärryissä ja kärryt liikkuvat laitteen mukana tuotantolinjan läpi. Tuotantolinjan yhteyteen on perustettu varastopaikkoja, joihin on määritetty STD-työjärjestyksen mukaan nimikkeet lähelle tarveasemaa (kuvio 5).



KUVIO 5: Nykyisen tuotantolinjan layout. 1 kokoonpanolinja, 2 keräilykärryt vaiheittain, 3 osakokoonpanosolut, 4 puomikokoonpano, 5 hyttivarustelusolu, 6 linjavaraston hyllyt.

Tuotantolinjan yhteydessä on myös kaksi osakokoonpanosolua, joissa valmistetaan tuotantolinjalla kokoonpantaviin laitteisiin erilaisia osakokoonpanoja aina pienistä venttiileistä suurempiin vinssikokonaisuuksiin. Osakokoonpanosolujen sijainti kokoonpanolinjan yhteydessä palvelee tuotantoa ja vähentää materiaalin siirtoihin kuluvaa aikaa.

Nykyinen tuotantolinja ja sen yhteydessä sijaitsevat varastopaikat suunniteltiin yhdelle laitetyypille, mutta muuttunut tuotannollinen tilanne pakottaa muidenkin laitetyyppien valmistamisen tällä tuotantolinjalla. Tämä johtaa siihen, etteivät linjalle perustetut varastopaikat enää palvele tuotantoa parhaalla mahdollisella tavalla, ja materiaalien

hakemiseen kuluu kohtuuttomasti aikaa. Useamman laitemallin valmistaminen samalla tuotantolinjalla pakottaa muuttamaan varastointia ja luomaan sen kautta joustavuutta tuotannon eri vaiheisiin. Tuotantolinjan yhteydessä olevat hyllystöt aiheuttavat osaltaan myös epäjärjestystä. Hyllyihin kertyy sinne kuulumatonta tavaraa sekä laitteista ylijääneitä osia saatetaan nostaa tuotantolinjalta hyllyihin merkitsemättä niitä mitenkään. Näin varastot täyttyvät hukkatavarasta ja koko linjavaraston funktio menettää merkityksensä. Varastojen täyttyessä hukkatavarasta, määrätyt materiaalit eivät sinne enää mahdu ja ongelmat kertaantuvat.

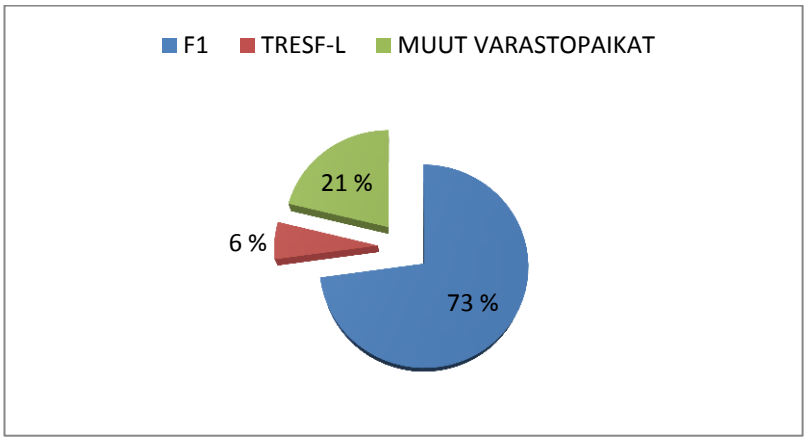
Tarkoituksena seuraavissa kappaleissa on löytää ratkaisuja tuotantolinjassa oleviin ongelmiin ja luoda materiaalivirralle sellainen prosessi, joka samalla tukee STD-työjärjestystä luoden edellytyksiä joustavalle ja tehokkaalle tuotannolle.

7 VARASTOINNIN KEHITTÄMINEN

Suurimman yksittäisen hukkatyön aiheuttaa materiaalien siirrot ja varastointi. Nämä prosessit eivät tuo lisäarvoa tuotteelle ja lasketaan pelkiksi kuluiksi. Siksi on tärkeää löytää varastointimalli ja layout, jotka mahdollistaisivat lyhyet siirtomatkat ja poistaisivat turhia käsittelykertoja.

7.1 Varastonimikkeiden jakautuminen varastopaikoittain

Eri varastopaikoista laitteille keräiltävät nimikkeet käytiin läpi viimeisen puolen vuoden ajalta. Tutkimus tehtiin tuotannonohjausjärjestelmän avulla, keräilyhistorian kautta. Tutkimuksen avulla saatiin selvitettyä eri varastopaikoilta kerättyjen keräilyrivien määrä. Keräilymäärät jakautuivat seuraavasti: FMS-hyllystöhissi 73% (kuviossa merkitty F1), linjavarasto 6% (TRESF-L) ja muut varastopaikat yhteensä 21% kaikkien kerättyjen nimikkeiden osalta (Kuvio 6).



KUVIO 6: Keräilyrivien jakautuminen varastopaikkojen välillä.

Suurimmat keräilymäärät sisältävä varastopaikka on herkin muodostamaan pullonkaulan, joka on havaittu aikaisempina vuosina tuotantomäärien ollessa korkealla. Tätä prosenttiosuutta olisi järkevä tasapainottaa tai ainakin järkeistää, jotta tuotannon nopeisiin vaihteluihin pystyttäisiin paremmin reagoimaan.

7.2 Lähtötilanteen ongelmat

Ongelmana nykytilanteessa ovat epätarkat varastopaikat sekä saldoheitot, joiden takia siirtoehdotuksia ei synny ja nimikkeiden todelliset saldot eivät täsmää tuotannonohjausjärjestelmän saldoihin. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa varastopaikka on tyhjä, mutta järjestelmän mukaan saldoa pitäisi olla. Asentajien aikaa tuhlaantuu osien etsimiseen ja tästä kertyy hukkatunteja laitteen läpimenoaikaan. Mahdollinen osapuute huomataan vasta sitten, kun osaa jo tarvitaan, mikä johtaa taas mahdollisiin tuotannon viivästyksiin ja pahimmillaan laiteen myöhästymiseen toimituspäivästä. Materiaalien hakemiseen kuluvaa aikaa on lisännyt tuotannolliset muutokset, joita käsiteltiin edellisessä tuotantolinjaa käsittelevässä kappaleessa.

Saldoheitot linjavarastossa johtuvat pääsääntöisesti asentajien vaihtelevasta aktiivisuudesta kuitata haettu nimike, sekä varastopaikkojen ja laitteiden rakenteissa tapahtuvien muutoksien vaikutuksista materiaaleihin.

7.3 Keräilyjen ohjautuminen ja kehitysehdotukset

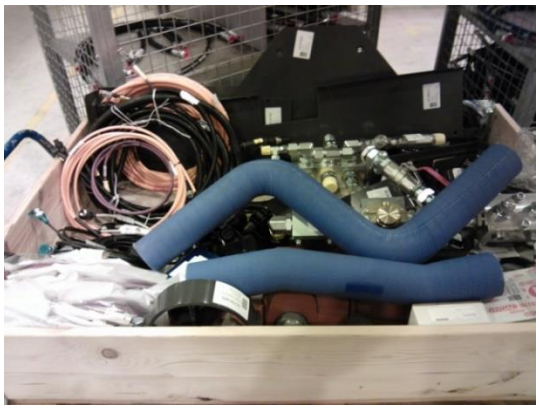
Keräiltävien nimikkeiden määrä vaihtelee laitetyypeittäin ja optioiden mukaan noin sadasta aina kolmeensataan asti. Materiaalit sijaitsevat useassa eri varastopaikassa, kuten luvussa 5 todettiin.

Jokaisen nimikkeen erillinen keräily kuormittaa työntekijöitä kohtuuttomasti. Tämä ei toteuta Lean-ajattelumallia, vaan hukkatyötä syntyy tarpeettoman paljon. Keräilyprosessiin on löydettävä sellainen toimintamalli, jolla materiaalien siirtokerrat olisi mahdollista minimoida.

Tällä hetkellä pienkomponettikeräilyihin käytetään kaksitasoisia keräilykärryjä, joissa molemmilla tasoilla on EUR-lavat (Standardikokoinen kuormalava 1200mm x 800mm). Näihin kärryihin kerätään FMS-hyllystöhissistä osat joiden koot vaihtelevat pienistä shimmilevyistä EUR-lavan mittaisiin putkiin ja metallilevyihin. FMS-automaattivaraston keräilyt tapahtuvat hyllystöhissin päädyssä, jossa on kolme asemaa mihin järjestelmä tuo tavaraa ja josta se nostetaan keräilykärryihin. Valmiit

keräilykokonaisuudet kuljetetaan kärryillä loppukokoonpanoon, josta tuotannon työntekijät ottavat ne käyttöön laitteen kokoonpanon alkaessa.

Keräilykärryt ovat olleet pitkäaikainen ongelma materiaalimäärän ylittäessä kärryissä olevan kapasiteetin (kuva 2), jolloin halutun osan etsimiseen kuluu aikaa. Pahimmillaan ylitäytetty keräilykärry aiheuttaa eräänlaisen dominoefektin, joka syntyy kun etsittyä osaa ei löydy ja se haetaan seuraavan laitteen keräilykärrystä. Tämä siirtää ongelman seuraavaan laitteeseen ja pian haetaan varastosta uusi osa, vaikka nimike olisi jossain jo kerättynä. Tämä johtaa varastosaldojen heittoon ja aiheuttaa hukkatyötä niin tuotannossa kuin varastossakin.

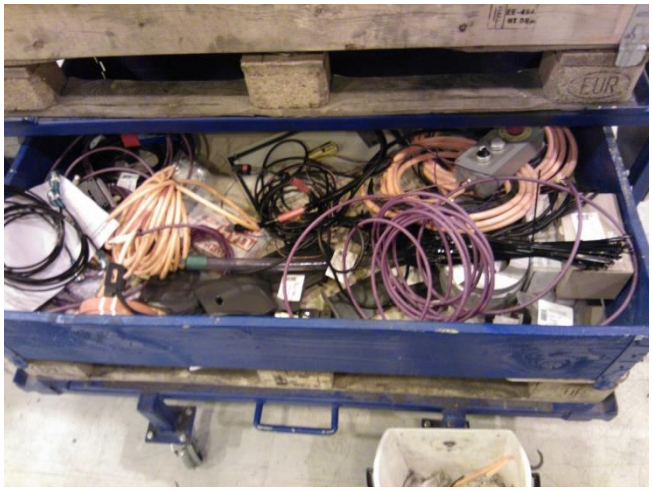


KUVA 2: Keräilykärry ylitäytettynä (Kuva: Juho Rahja 2014)

Pelkästään nykyisten keräilykärryjen pienillä muokkauksilla voidaan parantaa materiaalien saatavuutta asiakkaalle, joka tässä tapauksessa on tuotantolinjan työntekijä. Keräilymateriaaleille tehtiin erilaisia jaotteluja keräilykärryille, joiden avulla materiaalit saatiin selkeästi esille (kuva 3).

KUVA 3: Keräilymateriaalit jaoteltuna ottolaatikoihin (Kuva: Juho Rahja 2014)

Materiaalien selkeä jaottelu edistää tehokkaampaa tuotantoa ja näin osaltaan poistaa tuotannosta osien etsimiseen kuluvaa hukkaa sekä vähentää riskiä osan hukkumiselle. Kuvassa 4 nähdään minkälaiseksi keräilykärryt muotoutuvat kokoonpanolinjalla kun tarvittavia osia joudutaan etsimään toisten osien alta.



KUVA 4: Keräilykärry kokoonpanolinjan puolivälissä (Kuva: Juho Rahja 2014)

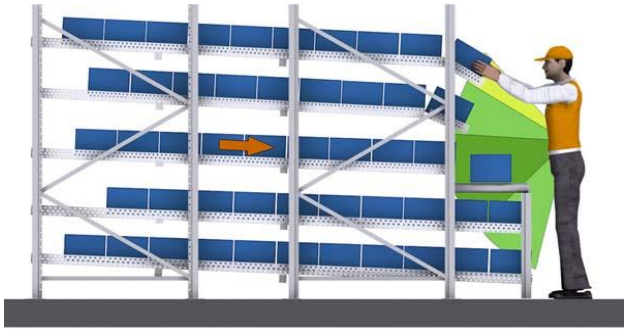
Seuraavissa kappaleissa käydään läpi kehitysehdotuksia ja vaihtoehtoja materiaalien mahdollisimman selkeälle ohjautumiselle loppukokoonpanoon. Tavoitteena vähentää asentajan osien etsimiseen kuluvaa aikaa ja poistaa turhaa liikettä.

7.4 Asemakohtainen pienkomponenttihylly

FMS-hyllystöhississä varastoidaan paljon pieniä komponentteja ja osia joita olisi mahdollista säilyttää käsitäyttöisissä asemakohtaisissa pientavarahyllyissä. Pientavarahyllyn avulla olisi mahdollista poistaa yksi varastointivaihe kokonaan ja vähentää materiaalin kohdistuvaa työkuormaa tai vaihtoehtoisesti siirtää useamman laitteen tarpeet kerralla, vähentäen keräilymäärää huomattavasti. Tämä helpottaisi myös keräilykärryissä olevaa kapasiteettiongelmaa, kun pieniä ja keskisuuria komponentteja ei enää kerättäisiin niihin. Asentajien työ helpottuisi ja selkeytyisi, koska paikat hyllyssä olisivat vakiot, eikä osia tarvitsisi etsiä ylitäysistä kärryistä. Hyllyvaihtoehtoja tutkittaessa parhaaksi osoittautui kevyt läpivirtaushylly sen visuaalisuuden ja hyvien käyttöominaisuuksien ansiosta. Hyllyssä varastoitavia materiaaleja pidetään niille sopivissa muovilaatikoissa, jotka täydennetään hyllyn takapuolelta, jolloin hyllyn käyttö

ei häiriinny täydennyksen aikana. Kaltevat tasot toteuttavat myös FIFO- periaattetta, eli ensimmäisenä laitettu otetaan ensimmäisenä käyttöön (kuva 5).

Hyllytasot mahdollistavat hyvän visuaalisuuden ja materiaalipuutteet havaitaan helposti. Tämä edesauttaa osaltaan varastojen hallintaa ja pienentää osapuutteiden mahdollisuutta.



KUVA 5: Läpivirtaushyllyn toimintaperiaate (Intolog 2014)

Asemakohtaisesti jaetut pientavarahyllyt edesauttaisivat STD-työjärjestystä ohjaamalla työjärjestyksen mukaisten työvaiheiden materiaalit kohdeasemalle. Tämä helpottaisi osaltaan laitteen valmistumisen edistymistä, kun jokainen työvaihe olisi materiaalien osalta naulattu tietyille asemille. Ongelmana asemakohtaisissa pientavarahyllyissä on joustavuuden katoaminen. Työvaiheet olisi tehtävä aina samassa pisteessä ja mahdolliset laitteiden ohitukset linjalla tai laitetyypin vaihtuminen aiheuttaisi osien hakemista ja kuljettamista toiseen asennuskohteeseen.

Kokonaiskuvaa tarkastellessa juuri nämä tuotannossa tapahtuvat suunnittelemattomat muutokset tapahtuvat materiaalipuutteiden takia. Optimaallinen tilanne on, että jokainen laite kootaan STD-työjärjestyksen mukaan. Asemakohtainen läpivirtaushlly ohjaa tuotantoa tähän suuntaan ja on varteenotettava vaihtoehto materiaalien ohjausta ajatellen.

7.5 Keräilykärryjen muokkaus

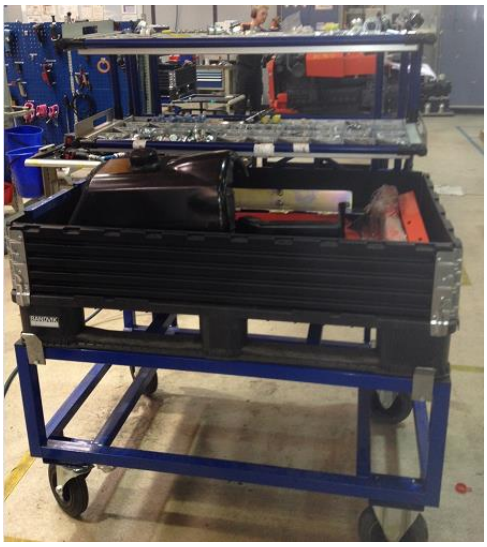
Kuten keräilyn ohjauksessa käsittelevässä kappaleessa todettiin, on keräilykärryjen muokkauksella mahdollista saavuttaa suuria hyötyjä loppukokoonpanon läpimenoajan ja materiaalien hallinnan kannalta. Tässä kappaleessa käsitellään rajausehtoja

mahdollisille keräilykärryille niin otettavuuden kuin mahdollisten kuljetettavien materiaalienkin osalta.

Keräilykärryihin keräillään tällä hetkellä pääasiassa pienkomponentteja ja muita käsin nosteltavia nimikkeitä, joita varastoidaan FMS-varastointijärjestelmässä. Kuten aiemmassa kappaleessa todettiin, on materiaalien selkeä asettelu nykyisille kärryille mahdotonta suurten materiaalimäärien vuoksi. Uusia kärryjä lähdettiin kartoittamaan tutkimalla materiaalimääriä joita kärryyn olisi tarkoitus saada mahtumaan. Määrät vaihtelevat laitetyyppien ja optiomäärien mukaan suuresti, mutta tarkoituksena olisi mitoittaa kärryt suurimman materiaalimäärän mukaisesti. Materiaalimäärät saatiin selville keräilyttämällä eri laitetyyppien osat hieman normaaliaikaa aikaisemmin, jolloin jäi aikaa tutkia ja kartoittaa tilantarvetta. Suurimmat FMS-varastointijärjestelmästä kerättävät keräilyt veivät tilaa neljän EUR-lavan verran, ja silloinkin tavarat olivat päällekäin ja vaikeuttivat osien ottamista keräilykärryistä pois.

Kärryn muokkausehdotuksia tutkittaessa todettiin suurimmaksi hyödyksi pienimpien nimikkeiden erottelun suurista nimikkeistä (kuva 3). Pienimmät nimikkeet olisi järkevä sijoittaa laatikoihin tai lokeroihin erilleen kooltaan suuremmista osista. Tämä puoltaisi hyllytasoja kärryyn, jolloin olisi mahdollista jakaa nimikkeitä usealle eri tasolle ja lokeroida ne selkeästi. Tämä vaihtoehto mahdollistaisi nykyisten keräilykärryjen hyödyntämisen, jolloin niihin yhdistettäisiin hyllymoduuli pieniä komponentteja varten.

Valmiita vaihtoehtoja vaatimukset täyttäviksi keräilykärryiksi löytyi joitakin, mutta nykyisten keräilykärryjen muokkaus voisi olla kannattavin vaihtoehto. Sandvikin Turun tehtaalla on muokattu vastaavanlaisista kärryistä monipuolisempia vaihtoehtoja putkiprofiilien avulla (kuva 6).



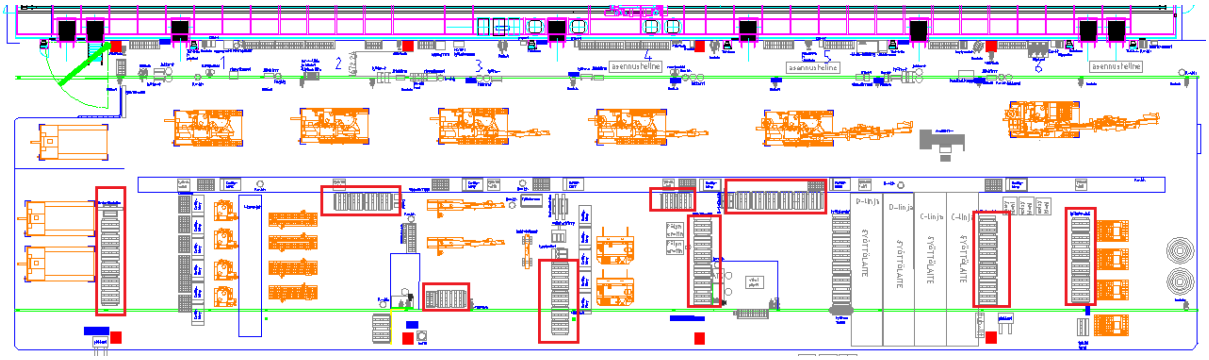
KUVA 6: Turun tehtaalla käytettävä muokattu keräilykärry. (Kuva: Sonja Pietilä 2014)

Kärryjen kehitystä jatketaan tämän työn ulkopuolella, tarkoituksena kehittää kaikkia keräilyvaiheita palveleva yleiskärry. Kärryyn suunnitellaan eri moduuleja käyttökohteen mukaan ja erimallisille osille. Myös usean keräilykärryn liittämistä junamaiseksi jonoksi punnitaan. Tällä tavoin keräily olisi mahdollista koota yhdessä paikassa, liittää keräilyt jonoksi ja kuljettaa trukilla tarveasemaan. Näin vähennettäisiin turhaa liikettä keräilypisteen ja kokoonpanolinjan välillä.

Haasteena keräilykärryjen käytössä on niiden määrä. Jos tuotantomäärät kasvavat ja laitteita kootaan kahdella tuotantolinjalla, tarvitaan materiaalien kuljetukseen useita kymmeniä kärryjä. Toisaalta taas tuotantomäärien pienentyessä ongelmaksi tulee ylimääräisten keräilykärryjen säilytys. Nämä asiat on huomioitava valintoja tehtäessä.

8 LINJAVARASTON MUUTOKSET

Linjavarasto koostuu yhdeksästä eri kuormalavahyllystä. Kuten luvussa 5 todettiin, hyllyjen toiminta ei ole toivotulla tasolla, ja niihin kaivataan muutoksia. Linjavaraston nykyisille kuormalavahyllyille on tarkoitus löytää vaihtoehtoinen malli tai mahdollisesti kokonaan uusi sijainti. Nykyisessä mallissa linjavarasto sijaitsee nimensä mukaisesti tuotantolinjan yhteydessä (kuvio 7).

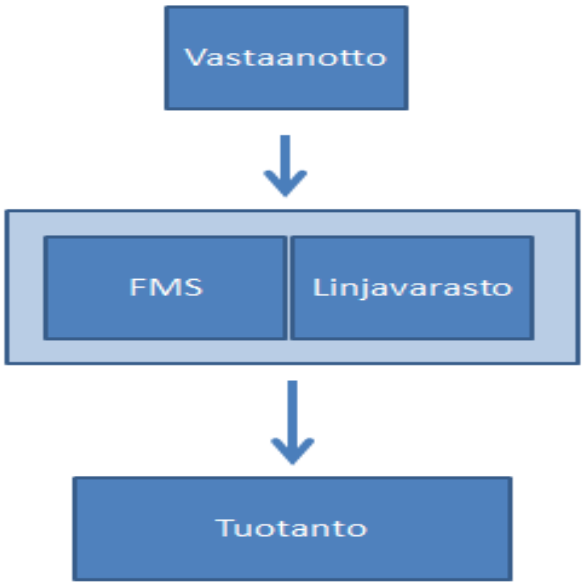


KUVIO 7: Nykyinen kokoonpanolinja, punaisella merkitty linjavaraston hyllyt

Linjavarasto vie tilaa asentajilta ja osaltaan edesauttaa epäjärjestystä. Linjan ympärillä on liian paljon hyllyä, johon asentaja tai kuka tahansa pystyy laittamaan sinne kuulumatonta tavaraa. Linjavaraston ylläpito aiheuttaa kohtuutonta kuormaa logistiikan työntekijöille. Jatkuvaan siirtoehdotusten seuraamiseen, tavaran etsimiseen ja paikoitukseen kuluu suuri määrä logistiikkaosaston rajallisesta kapasiteetistä. Tämänhetkinen kapasiteetti ei taivu nykyiseen malliin, joka on kuvattu kuviossa 8.

KUVIO 8: Sisäisen logistiikan materiaalien kulkukaavio

Ihanteellista olisi keräilyalueen keskittäminen yhteen paikkaan. Keräily tapahtuisi pienellä alueella, tavaran hakemiseen kuluva aika pienenisi, saldojen ylläpitäminen olisi tarkkaa ja vastuu varastosta olisi logistiikan työntekijöillä. Materiaalin kulun havainnollistaa kuvio 9.



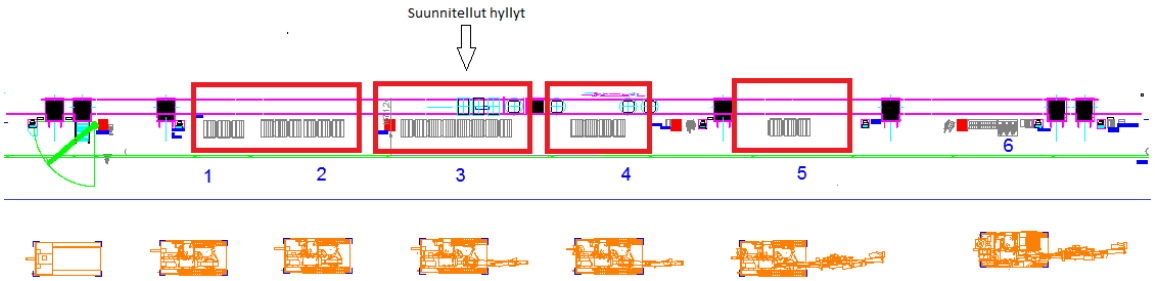
KUVIO 9: Materiaalivirran tavoiteltu kulku.

8.1 Linjavaraston komponentit

Linjavaraston siirtäminen pois tuotantolinjan yhteydestä vaatii uusia kuormalavapaikkoja 80 kappaletta. Erilaisia varastoitavia komponentteja linjavarastossa on 78 ja niiden koot vaihtelevat keskisuurista suuriin. 80 kuormalavapaikkaa vaatisivat kaksi 11 metriä pitkää kuormalavahyllyä ja niihin viidelle tasolle kuormalavapaikat. Näin saadaan 90 lavapaikkaa hyllyyn, jolloin linjavarastossa varastoitavat komponentit mahtuisivat niihin ongelmitta. Hyllyjä mietittäessä täytyy ottaa huomioon siinä varastoitavien nimikkeiden koko. Esimerkiksi äänenvaimennin tulee toimittajalta pystyasennossa, vieden tilaa enemmän korkeussuunnassa kuin useat muut nimikkeet. Hyllytasoja mietittäessä on tärkeää huomioida nimikekohtaiset vaatimukset. Tämä on tärkeää toteutuksen kannalta, ja otettava huomioon kehityspäätöksiä tehdessä.

Linjavarasto, vaihtoehto yksi

Ensimmäisenä vaihtoehtona oli sijoittaa linjavarasto FMS-hyllystöhissin seinustalle (Kuvio 10). Seinustan pituus on 80 m ja vaadittavat hyllystöt olisivat mahtuneet siihen hyvin, mutta ongelmaksi muodostui tuotantolinjan tilantarve. Hyllystöt vaatisivat edustalleen yli neljä metriä operointitilaa. Tämä tila olisi pitänyt ottaa tuotantolinjalta pois, mikä olisi luonut suuria muutoksia linjan layoutiin ja vaatinut kiinteiden työpenkkien ja asennusta avustavien pisteiden muuttamista. Myös turvallisuusnäkökulmasta varasto linjan vieressä olisi kyseenalainen lisääntyvän trukkiliikenteen aiheuttamien vaaratilanteiden takia.



KUVIO 10: Linjavarasto FMS-hyllystöhissin seinustalla

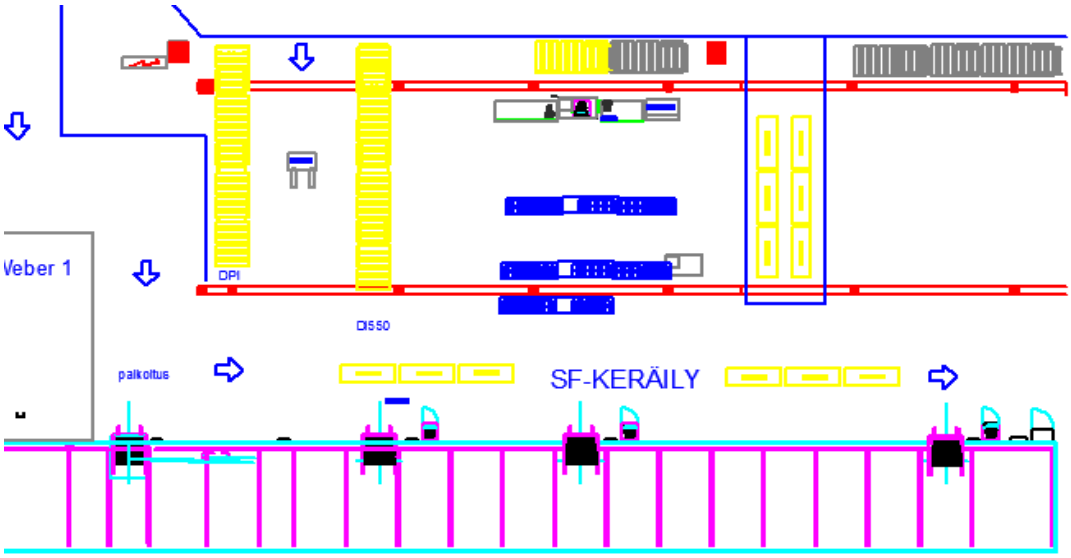
Linjavarasto, vaihtoehto kaksi

Yhtenä vaihtoehtona mietittiin linjavaraston siirtämistä jo olemassa oleviin varastopaikkoihin, joita ovat kylmähalli, MP1-teltta sekä MP3-rakennus. Tämä olisi helppo ratkaisu, eikä uusia varastopaikkoja tarvitsisi luoda. Vaihtoehto olisi vähiten työläs, mutta ei ratkaisisi ongelmaa. Materiaalien hakuun kuluisi entistä enemmän aikaa ja turha liikkuminen kasvaisi kohtuuttomasti. Jokainen komponentti pitäisi hakea joko toiselta puolelta tuotantolaitosta (kuvio 4: s.21) tai toisesta tuotantorakennuksesta. Tämä ei palvelisi tuotantoa eikä logistiikkaa ja osaltaan vain ruokkisi olemassa olevaa ongelmaa. Tämä vaihtoehto tarjoaa enemmän huonoa kuin hyvää.

Linjavarasto, vaihtoehto kolme

Kolmantena vaihtoehtona oli sijoittaa linjavarasto nykyisen SF-keräilyalueen yhteyteen (kuvio 11). Tälle alueelle on vapautumassa hyödynnettävää lattia-alaa alkukesän 2014 aikana tuotannollisten muutosten myötä. Linjavarasto olisi mahdollista sijoittaa olemassa olevan keräilyalueen välittömään läheisyyteen, mikä palvelee varaston käyttöä

logistiikan näkökulmasta. Syntyy mahdollisuus keräilyjen yhdistämiseen ja samanaikaiseen FMS-, ja linjavarastokeräilyyn , mikä vähentää logistiikan liikkumista ja selkeyttää materiaalivirtaa. Varastojen hallinta helpottuu ja saldojen ylläpitäminen ajan tasalla paranee huomattavasti. Näin varastot ovat vain logistiikan työntekijöiden käytössä, jolloin virheiden määrä vähenee ja puutteisiin päästään kiinni nopeammin. Ongelmana on kasvava keräilymäärä ja linjavaraston komponenttien suuruus. Mikäli keräilykokonaisuus kerätään liikkuville kärryille, niiden määrä moninkertaistuisi, eivätkä nykyiset kärrymäärät riittäisi palvelemaan tuotantoa. Tähän yhdeksi ratkaisumalliksi voisi toimia linjavaraston osien setittäminen asemakohtaisiin keräilypaketteihin. Keräilijä keräisi tietyllä asemalla asennettavat nimikkeet samalle lavalle ja kuljettaisi sen sinne. Näin materiaalit kohdistettaisiin tarkemmin, keräilykärryjen osamäärät eivät kasvaisi ja STD-työjärjestystä tuettaisiin entistä paremmin. Haittapuolena settiratkaisussa on keräilijän kasvava työmäärä ja liike.



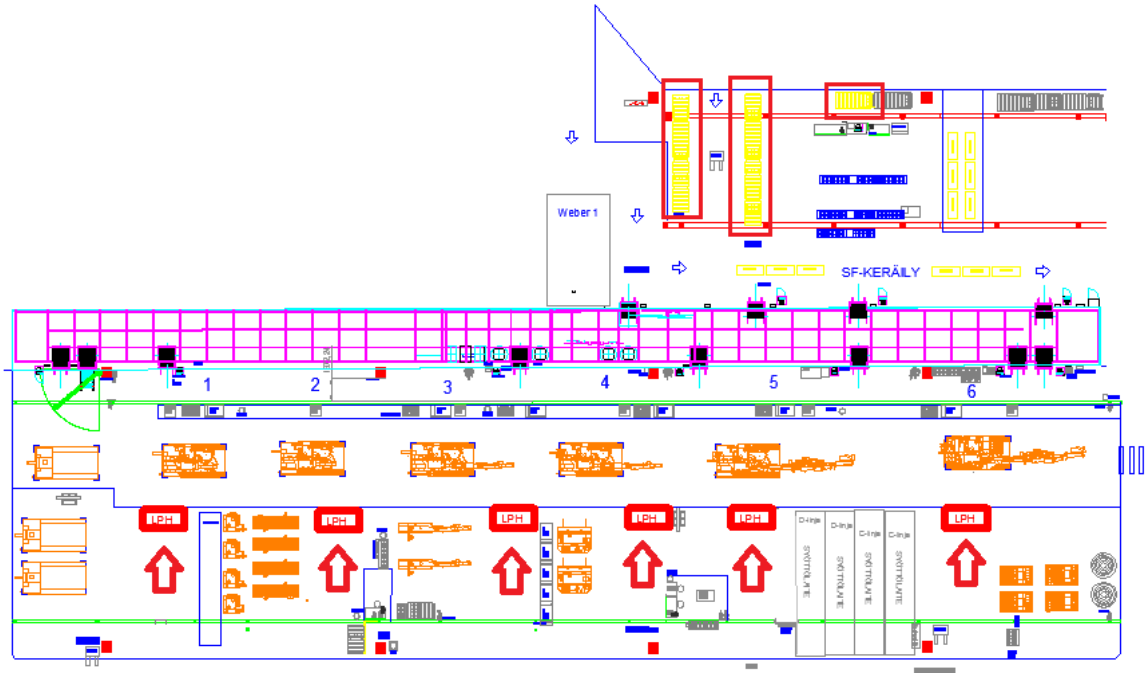
KUVIO 11: Keräilyasema linjavarastohyllyillä, värilliset hyllyt uusia kuormalavahyllyjä

Linjavarasto, vaihtoehto neljä

Neljäs vaihtoehto koostuu keräilyalueelle perustettavasta linjavarastosta sekä luvussa 7.4 käsitellystä pienkomponenttihyllystä. Linjavaraston kuormalavahyllyillä varastoitaville osille perustetaan uusi varastopaikka keräilyalueen yhteyteen (kuvio 11). Keräilyasemalla linjavaraston osat kerätään asemakohtaisiin setteihin, jotka ohjataan linjalle tarvepäiväksi. Tällä tavoin varastosaldojen hallinta pysyy logistiikan työntekijöillä ja niiden tarkkuus paranee.

Kokoonpanolinjalta poistetaan kaikki kuormalavahyllyt ja sinne asennetaan asemakohtaset pienkomponenttihyllyt (kuvio 12). Hyllyihin varastoidaan FMS-varastojärjestelmässä olevia pieniä komponentteja sekä niitä kooltaan pienempiä linjavaraston nimikkeitä. Kaikille hyllyihin tuleville osille määrätään varastopaikka asennusaseman mukaan siten, että tuetaan STD-työjärjestystä. Keräily tapahtuu asentajien toimesta, jolloin jokaisen varastopaikan läheisyyteen on saatava IT-pääte ja luotava edellytykset ongelmattomalle kuittaamiselle, jotta saldoylläpito onnistuu. Tulevaisuudessa suunnitteilla oleva MES-järjestelmä (Manufacturing Execution System) poistaisi kuittaustarpeen asentajilta.

Näillä ratkaisuilla parannettaisiin varastojen hallintaa, pienennettäisiin FMS-varastointijärjestelmän kuormaa ja vähennettäisiin huomattavasti asentajan tavaran etsimiseen kuluvaa aikaa ja liikettä. Luvussa 7 kuviossa 6 havaittiin FMS-järjestelmän olevan ensisijainen varastopaikka ja sieltä kerätään yli 70 % kaikista keräiltävistä riveistä. On havaittu, että tuotantomäärien kasvaessa juuri FMS- järjestelmä muotoutuu pullonkaulaksi keräilyn osalta. Sitä silmälläpitäen on järkevää harkita vaihtoehtoisia varastopaikkoja, sekä tasata kuormaa eri varastopaikkojen välillä.



KUVIO 12: Layout hahmotelma vaihtoehdon4 toteutuksesta. Nuolella on osoitettu pienkomponenttihyllyt, kuvassa ylhäällä rajattuna linjavaraston osille kuormalavahyllyt.

8.2 Vaihtoehtojen arviointia

Painoarvotaulukko on työkalu, jonka avulla pystytään vertailemaan eri vaihtoehtoja vaadittujen kriteerien ja ominaisuuksien kautta. Painoarvotaulukkoon kirjataan ominaisuudet, joita pidetään tärkeinä toiminnan kannalta. Kukin ominaisuus painotetaan tietyllä kertoimella, joka osoittaa sen tärkeyden. Pisteytys tapahtuu tapauskohtaisesti sovitun skaalan mukaisesti.

Linjavarastovaihtoehtoja arvioitiin painoarvotaulukon avulla asiantuntijaryhmän toimesta. Arviointikriteerit painoarvoineen olivat:

Asentajan liike = 0,2
Keräilijän liike = 0,05
Nostojen määrä = 0,1
Varastojen selkeys = 0,15
Toteutettavuus / kustannus = 0,05
Välivarastojen määrä = 0,1
STD:n tukeminen = 0,1
Turvallisuus = 0,15
Materiaalin kulkema matka = 0,1

Pisteytys tapahtui seuraavan skaalan mukaisesti:

4 = Erittäin hyvä (ideaalinen)
3 = Hyvä
2 = Riittävä
1 = Juuri Hyväksyttävä
0 = Riittämätön

Painoarvotaulukon (Liite 1.) tulos puoltaisi vaihtoehtoa, jossa linjavarasto sijoitetaan FMS-hyllystöhissin seinustalle (vaihtoehto 1). Pisteitä tämä vaihtoehto sai 2,5/4. Toiseksi korkeimmat pisteet sai vaihtoehto, jossa keräilyt keskitetään yhdelle alueelle ja toimitetaan kokonaisuuksina linjalle (vaihtoehto 3). Saadut pisteet olivat 2,45/4. Kolmanneksi korkeimmat pisteet sai vaihtoehto neljä, jossa linjavarasto siirretään

keräilyalueelle ja kokoonpanolinjalle perustettaisiin asemakohtaiset pienkomponenttihyllyt (vaihtoehto 4). Pisteet 2,35/4. Selvästi huonoimmaksi vaihtoehdoksi muotoutui vaihtoehto kaksi, jossa linjavaraston osat siirretään olemassa oleviin varastoihin. Pisteet 1,5/4.

Vaihtoehdot yksi, kolme ja neljä olivat pisteissä hyvin lähellä toisiaan ja painoarvojen pienetkin muutokset vaikuttavat tuloksiin oleellisesti. Mikäli nähdään tarpeellisemmaksi painottaa turvallisuutta enemmän kuin asentajan liikettä, saattavat tulokset muuttua oleellisesti. Painoarvotaulukko näyttää lähinnä suuntaa valinnoille ja antaa mahdollisuuden tutkia vaihtoehtoja eri kriteerien valossa.

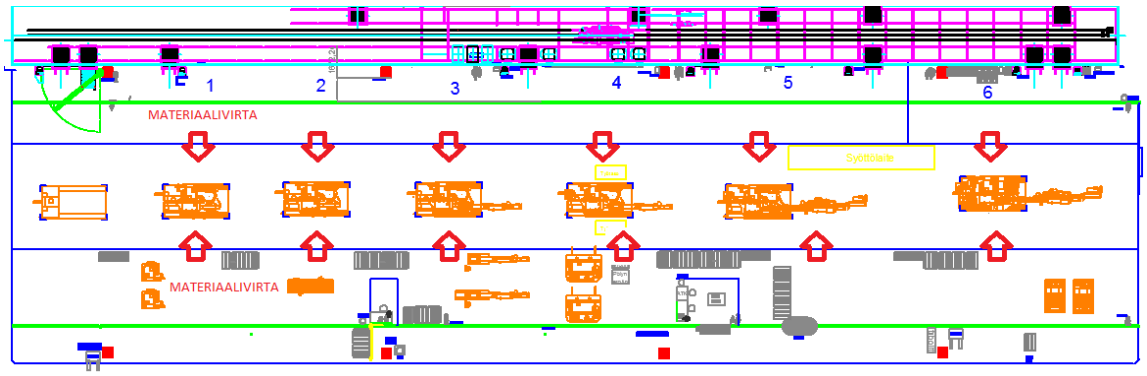
Vaihtoehdosta 4 päätettiin tehdä karkea toteutussuunnitelma (liite 2) ja sen aikataulusuunnitelma (liite 3). Toteutussuunnitelman ja aikataulutuksen avulla voidaan arvioida muutoksien tekemiseen kuluva aika ja voidaan päätellä onko se mahdollista toteuttaa tämän hetkisen kapasiteetin valossa. Toteutussuunnitelman avulla havaitaan selkeästi muutoksen eri vaiheet ja vaatimukset.

9 TUOTANTOLINJAN MUUTOSEHDOTUKSET

Nykyisessä tuotantolinjassa kaikki asennettavat komponentit ja moduulit tuodaan asennuskohteeseen laitteen oikealta puolelta. Tämä johtuu kokoonpanolinjan sijainnista ja nykyisestä layoutista, joka on mitoitettu suurimman valmiin moduulin mukaan. Tämä aiheuttaa ylimääräisiä ja joskus myös haastavia nostoja laitteen ylitse. Optimaalinen tilanne olisi, jos asennettavat komponentit olisi mahdollista tuoda asennuspuolen mukaan laitteelle. Tämä vaatisi suuria muutoksia kokoonpanolinjan layouttiin. Seuraavassa käsitellään layout- vaihtoehtoa joilla materiaalivirta olisi mahdollista kohdistaa kokoonpanolinjalle siten, että turhilta nostoilta vältytään ja siirtojen määrää voitaisiin vähentää.

9.1 Kokoonpanolinja siirtäminen

Kokoonpanolinjan siirtäminen 4,5 metriä FMS-järjestelmästä poispäin mahdollistaisi materiaalikäytävän sijoittamisen laitteen molemmille puolille (Kuvio 13). Vanhassa layoutissa määräävä tekijä, suurin moduuli syöttölaite, tuotaisiin laitteen suuntaisesti suoraan asennuskohteeseen. Tämä vähentäisi syöttölaitteen kuljetusmatkaa ja helpottaisi asennukseen vaadittavaa nostoa. Kaikki materiaalit olisi mahdollista jakaa asennuspuolen mukaan ja ohjata ne sen mukaan asennusasemalle. Tämä vähentäisi liikkeen määrää ja haastavat nostot vähenisivät.



KUVIO 13: Vaihtoehtoinen kokoonpanolinjan layout. Nuolilla kuvataan materiaalivirtaa.

Kokoonpanolinjan siirtäminen toisi valtavasti mahdollisuuksia varastoinnin kehittämiseen. Varastopaikat pystyttäisiin sijoittamaan kokoonpanolinjan molemmin

puolin tukemaan STD-järjestystä. Välivarastoinnin tarve vähenisi ja se edesauttaisi kustannustehokasta logistista prosessia. Siirto vapauttaisi käyttöön hyödyntämätöntä lattia-alaa ja FMS-hyllystöhissin käyttöä pystyttäisiin tehostamaan.

FMS-hyllystöhissistä suoritettavat laitekeräilyt tapahtuvat kokoonpanolinjan toisella puolella, eli kerätyt materiaalit tuodaan suhteellisen pitkän matkan päästä asennuskohteeseen. Siirto vapauttaisi keräilylle tilaa kokoonpanolinjan puolella, jolloin tämä olisi mahdollista toteuttaa tuotannon välittömässä läheisyydessä. Tämä vähentäisi huomattavasti materiaalien kulkemaa matkaa varastosta tuotantoon ja samalla parantaisi turvallisuutta vähenevän trukkiliikenteen myötä.

Kokoonpanolinjan siirto parantaisi luvussa 7.4 käsitellyn asemakohtaisen läpivirtaushyllyn toimintaa. Hyllyt olisi mahdollista asettaa kummalle puolelle laitetta tahansa, edistäen nimikkeen varastointia mahdollisimman lähellä tarvekohdetta. Näihin hyllyihin olisi mahdollista kohdistaa varastoitava nimike asennuspuolen mukaan ja tuotannossa osien hakemiseen kuluva aika vähenisi.

Kokoonpanolinjan layout-muutoksen avulla olisi mahdollista ohjata materiaali lähemmäs asennuskohdetta ja parantaa niiden saatavuutta tuotannossa. Tämä taas lyhentäisi läpimenoaikaa ja vähentäisi tuotannossa hukkatyön määrää.

10 POHDINTA

Tämän työn aiheeksi muodostui tutkia sekä kehittää sisäisen logistiikan osa-alueista keräilyä ja varastointia. Tutkittavia kohteita sekä kehittämiseen tarkoitettuja työkaluja lähestyttiin ensin teorian pohjalta. Teoriaan tutustuminen antoi hyvät lähtökohdat tarkastella nykyprosessia ja löytää ongelmallisiin osa-alueisiin kehitysehdotuksia ja ratkaisuja, joiden avulla mahdollistetaan sujuvampi materiaalivirta tuotannon tarpeisiin.

Suurimmat ongelmat ja hukkatyön aiheuttajat tuotannossa olivat materiaalien hakemiseen ja etsimiseen kuluva aika. Tähän vaikutti oleellisesti käytössä oleva linjavarasto, josta asentajat itse hakivat tarvitsemansa nimikkeen joko trukkia tai pumppukärryjä käyttäen. Suurena haasteena linjavarastomallissa oli varastosaldojen hallinta, sekä varaston ylläpito, koska asentajien hakiessa tarvitsemansa komponentin, ei sitä kuitattu millään lailla. Tämä johti materiaalipuutteisiin ja pahimmillaan tuotannon seisahtumiseen. Selkeää olikin, että linjalla käytettävät materiaalit täytyvät olla kuitattu, jotta saldoheitoilta vältytään.

Toinen ongelma oli pienkomponenttikeräilyt, jotka koostuivat kooltaan pienistä komponenteista. Nämä keräilyt kerätään keräilykärryyn ja toimitetaan logistiikkaosaston toimesta tuotantolinjalle. Pienkomponettikeräilyt oli aseteltu päällekäin olemassaolevan keräilykärryn mallin vuoksi, joka osaltaan hankaloitti tarveasemalla asennettavien komponenttien otettavuutta ja löydettävyyttä. Vaihtoehtoina ongelman ratkaisemiseksi tutkittiin erilaisia vaunuja keräilyille ja mahdollisuuksia lokeroida keräilyt selkeämmin nykyiseen kärrymalliin sekä kokonaan uutta toimintamallia, jossa pienkomponentit varastoitaisiin tuotantolinjalle läpivirtaushyllyihin. Työssä tutkittiin vielä tuotantolinjan layoutin muuttamista paremmin soveltuvaksi nykyiselle materiaalivirralle hyödyntäen standardityöjärjestystä.

Työssä käsiteltyjä kehitysehdotuksia arvioitiin eri menetelmin ja niistä keskusteltiin niin johdon kuin työntekijöidenkin kanssa. Tarkoituksena on tulevaisuudessa hyödyntää näitä ehdotuksia ja tutkimustuloksia ja käyttää niitä logistiikan prosessien kehittämiseen. Työn tekemisen aikana syntyneitä työkaluja, kuten painoarvotaulukkoa on mahdollista hyödyntää jatkossakin eri vaihtoehtojen punnitsemiseen.

Kannattavuuden parantaminen ei tarkoita pelkästään laitteeseen kuluvien asennustuntien vähentämistä, vaan koko tuotantoketjun tehostamista. Materiaalien käsittely ja muut tuotantoa avustavat prosessit ovat tärkeässä asemassa kannattavan tuotantolaitoksen toiminnassa ja niiden jatkuva tehostaminen on välttämätöntä kiristyvässä kilpailutilanteessa.

Tämän opinnäytetyö toimi perustana uudelle tuotantolinjalle ja työssä käsiteltyjä kehitysehdotuksia toteutettiin prosessien tehostamiseksi. Uusi tuotantolinja valmistui syksyllä 2014.

LÄHTEET

Consulting Tecnomark Oy 2013. Lean- ja logistiikka, imuohjaus.
Luettu 15.3.2014.
http://www.teconomark.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=39&limitstart=6

Inkiläinen, A. 2009. Logistinen päätöksenteko.
Helsinki: Edita

Karrus, K. E. 1998. Logistiikka, 3. painos
Juva: WS Bookwell Oy

Kevyt läpivirtaushylly, 2014, Intolog.
Luettu 23.3.2014.
http://www.intolog.fi/fi/ratkaisut+ja+esimerkit/suunnitteluohjeet/kevyt+lapivirtaushylly/

Kivistö, T & Riuttamäki, M. 2014. Osto- ja logistiikkajohtaminen. Kokoelmassa Johtamisen käsikirjat 2014. Luettu 11.5.2014.
http://johtaminen.kauppalehti.fi.elib.tamk.fi/book/osto-ja-logistiikkajohtaminen

Logistiikan maailma 2013. JIT (Justi-In-Time), Lean ja Agile.
Viimeksi muokattu 31.12.2013, luettu 15.3.2014.
http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT_%28Just_In_Time%29,_Lean_ja_Agile

Logistiikan maailma 2013. Keräily.
Viimeksi muokattu 21.3.2014, luettu 20.4.2014.
http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Ker%C3%A4ily

Länsimies, A. 2013. Standardityöjärjestyksen kehittäminen kallioporauslaitteiden loppukokoonpanoon. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotekehityksen suuntautumisvaihtoehto. Opinnäytetyö.

Ritvanen, V., Inkiläinen, A., Von Bell, A. & Santala, J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet.
Saarijärvi: Reijo Rautauoman säätiö

Ritvanen, V., & Koivisto, E. 2006 Logistiikka PK-yrityksissä, Hankinta kilpailutekijänä, Helsinki: WSOY

Sandvik Mining and Construction Oy, 2014.
Luettu 14.3.2014.
http://www.miningandconstruction.sandvik.com/fi

Six Sigma, 2014. Lean.
Luettu 17.3.2014.
http://www.sixsigma.fi/fi/lean/

Stevenson, W. 2002. Operations Management, 7th edition.
New York: McGraw-Hill

Tuominen, K. 2010a. LEAN – kohti täydellisyyttä.
Juva: WS Bookwell Oy

Tuominen, K. 2010b. LEAN – Tehoa ja laatu hukan vähentämiseen.
Juva: WS Bookwell Oy

Väisänen, J. Six Sigma, 5 ässä kehitystyökalu.
Julkaistu 15.1.2013, Luettu 15.3.2014.
http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyoekalu/

.

LIITTEET

Liite 1. Painoarvotaulukko

PAINOARVOTAULUKKO

Arvostelukriteerio	Painoarvo	Ratkaisu 1			Ratkaisu 2			Ratkaisu 3			Ratkaisu 4		
		Ominaisuus	Pisteet	Painotetut pisteet	Ominaisuus	Pisteet	Painotetut pisteet	Ominaisuus	Pisteet	Painotetut pisteet	Ominaisuus	Pisteet	Painotetut pisteet
Asentajan liike	0,2	erittäin hyvä	4	0,8	erittäin hyvä	4	0,8	erittäin hyvä	4	0,8	hyvä	3	0,6
Keräilijän liike	0,05	hyvä	3	0,15	Riittämätön	0	0	riittävä	2	0,1	hyvä	3	0,15
Nostojen määrä	0,1	riittävä	2	0,2	Riittämätön	0	0	riittävä	2	0,2	riittävä	2	0,2
Varastojen selkeys	0,15	hyvä	3	0,45	Riittämätön	0	0	hyvä	3	0,45	riittävä	2	0,3
Toteutettavuus / kustannus	0,05	juuri hyväksy	1	0,05	hyvä	3	0,15	riittävä	2	0,1	riittävä	2	0,1
Välivarastojen määrä	0,1	riittävä	2	0,2	riittävä	2	0,2	riittävä	2	0,2	riittävä	2	0,2
STD:n tukeminen	0,1	riittävä	2	0,2	riittävä	2	0,2	riittävä	2	0,2	hyvä	3	0,3
Turvallisuus	0,15	juuri hyväksy	1	0,15	juuri hyväksy	1	0,15	riittävä	2	0,3	riittävä	2	0,3
Materiaalin kulkema matka	0,1	hyvä	3	0,3		0	0	juuri hyväksy	1	0,1	riittävä	2	0,2
				0			0			0			0
				0			0			0			0
				0			0			0			0
				0			0			0			0
				0			0			0			0
				0			0			0			0
				0			0			0			0
				0			0			0			0
Yhteensä	1			2,5			1,5			2,45			2,35
	=1												

Ominaisuuden pisteytys	
Merkitys	Pisteet
erittäin hyvä (ideaalinen)	4
hyvä	3
riittävä	2
juuri hyväksyttävä	1
Riittämätön	0

Ratkaisu 1:Linjavaraston osille varastopaikat FMS-seinustalla. Logistiikka ohjaa materiaalit laitteelle

Ratkaisu 2: Linjavaraston nimikkeet siirretään kylmähalliin ja telttaan. Logistiikka ohjaa materiaalit laitteelle

Ratkaisu 3: Keskitetään varastot keräilyaseman läheisyyteen. Logistiikka ohjaa materiaalit laitteelle

Ratkaisu 4: Yhdistelmäratkaisu, varastoa tuotantolinjalla ja keräilyaseman luona, hyödynnetään pienkomponenttihyllyä. Asentaja kerää asemakohtaisesta pientavarahyllystä , logistiikka ohjaa muut materiaalit laitteelle

Liite 2. Toteutussuunnitelma. Linjavaraston kehitysvaihtoehto 4

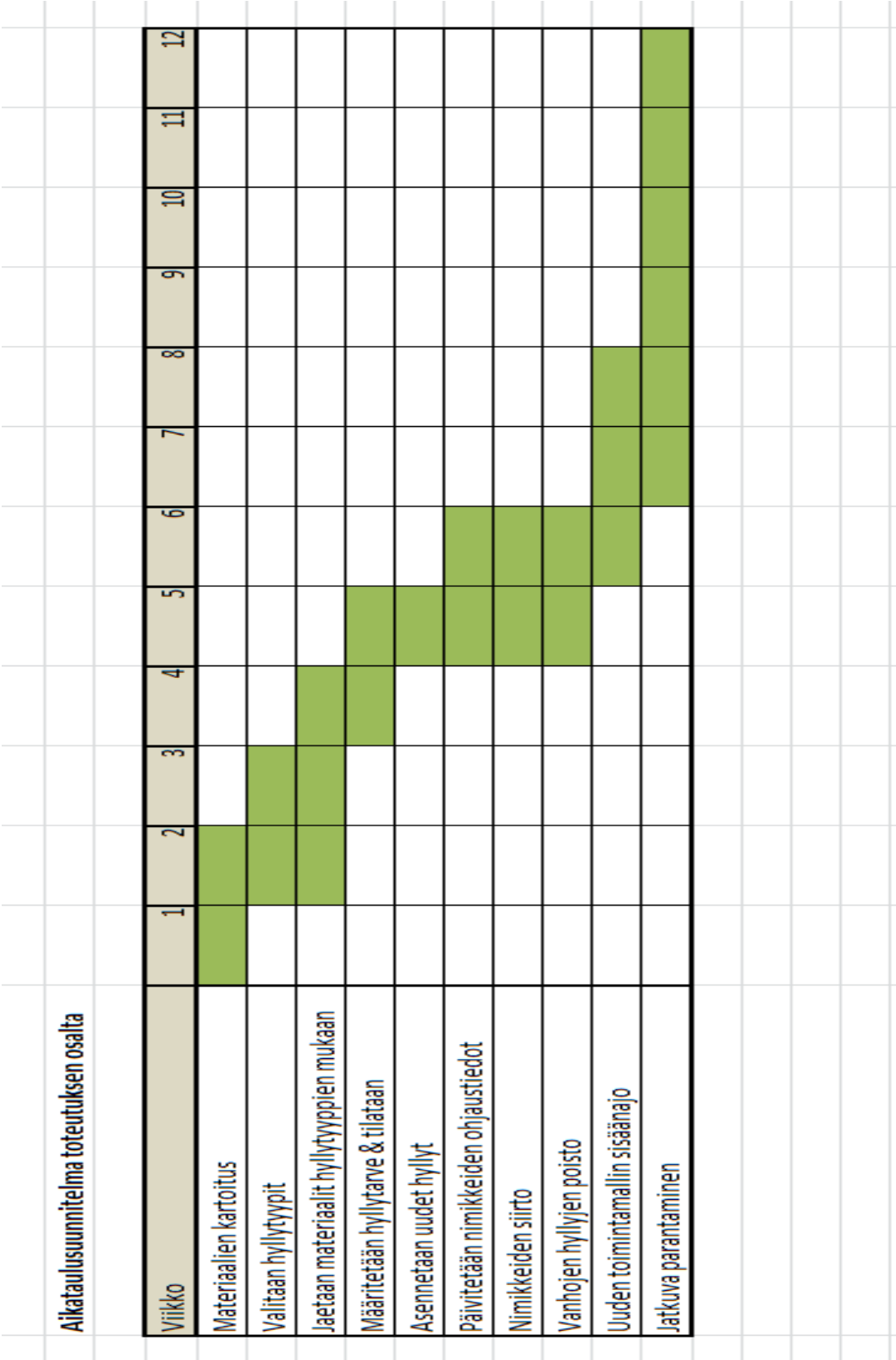
1. Listataan siirrettävät nimikkeet ja kerätään tarvittava data:
    - Fyysinen koko → siirto kuormalavahyllyyn, FMS-järjestelmään vai pienkomponenttihyllyyn
    - Tilauserän koko → selvitettävä vaaditaanko välivarastointia
    - Pienkomponenttien kohdalla määritetään asennusasema laitekohtaisesti.

2. Määritetään siirrettävien nimikkeiden hyllytarve
    - Siirrettävien nimikkeiden listasta tarvittava data: fyysinen koko, eräkoot
    - Kartoitetaan hyllyille tarkat sijainnit

3. Asennetaan uudet hyllyt paikoilleen
    - Suunnitellaan tasokorkeudet varastoitavien nimikkeiden mukaan → painavat tavarat alas, tilaa vaativille suuremmat tasovälit
    - Nimikkeiden vastuuhenkilöille listaus siirrettävistä osista ja tiedot jotka päivitettävä tuotannonohjausjärjestelmään (varastosuhteet, uusi varastopaikka)

4. Nimikkeiden siirto uusiin varastopaikkoihin
    - Nimikkeiden ohjaustiedot oltava kunnossa → varmistus ennen siirtoa
    - Siirron yhteydessä varmistetaan soveltuvimmat paikat

5. Vanhojen varastohyllyjen poistaminen
    - Hyllyt puretaan, pakataan ja kuljetetaan pois tuotantotiloista
    - Kartoitettava mahdolliset lattiapaikkaukset (kiinteistöhuolto ?)

6. Uuden toimintamallin sisäänajo
    - Ohjeistus ja manuaali asentajien kuittaamiselle → aukoton perehdytys varastosaldojen ylläpitoa varten
    - Päivittäinen seuranta
    - Jatkuvan parantamisen malli → kerätään dataa ja tarkennetaan prosessia

Liite 3. Aikataulusuunnitelma