



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ARTTU SAARI
LÄHETTÄMÖN LAYOUT-MUUTOKSEN SUUNNITTELU

Kandidaatintyö

Tarkastaja: Ville Toivonen
Palautettu: 10.4.2018

TIIVISTELMÄ

ARTTU SAARI: Lähettämön layout-muutoksen suunnittelu
Tampereen teknillinen yliopisto
Kandidaatintyö, 32 sivua, 3 liitesivua
Huhtikuu 2018
Konetekniikan koulutusohjelma
Pääaine: Kone- ja tuotantotekniikka
Tarkastaja: Ville Toivonen
Avainsanat: layout-suunnittelu, lean, 5s, materiaalivirrat

Tela-alustaisia kivenmurskauslaitoksia valmistavan Metso Minerals Oy:n tuotanto oli kokemassa uudistuksen, jonka myötä linjakokoonpanosta valmistuisi tuotteita aiempaa tehokkaammin. Kokoonpanon tuottavuuden kasvaessa muutoksia oli tehtävä myös prosessissa kokoonpanon jälkeen tuleville toiminnoille. Tämän tekniikan kandidaatintyön tarkoituksena oli parantaa tuotannon loppupään tehokkuutta layout-muutoksen avulla. Koska tiloja ei voitu laajentaa entisestään, oli käytettävissä olevien tilojen käyttö suunniteltava mahdollisimman tehokkaaksi. Tämä työ keskittyy tuotantoprosessin viimeisen osan, lähettämön, layoutin uudelleensuunnitteluun. Lähettämön oli siirryttävä pois laajentuvan koekäytön tieltä, koska koekäyttö ei olisi kyennyt vastaamaan kasvaneeseen tuotantoon silloisella kapasiteetillaan. Layout suunniteltiin uusiin tiloihin, jotka oltiin määriteltävä etukäteen. Ongelmana oli uusien tilojen rajoitettu pinta-ala sekä ongelmallinen muoto. Lisäksi usien tilojen silloiset rakennustekniset ominaisuudet eivät vastanneet lähettämön tarpeisiin.

Työn teoria jakautuu kahteen osaan, jotka ovat layout-suunnittelu sekä lean. Työssä esitellään nämä teoriakokonaisuudet siinä laajuudessa, jossa niitä on käytetty tämän työn soveltavassa osassa. Layout-suunnittelu käsittelee suunnittelun merkitystä sekä sen tavoitteita ja vaiheita. Lisäksi se käy läpi yleisimpiä layout-tyyppejä ja materiaalivirtojen suunnittelua. Lean-ajattelu on otettu osaksi jokapäiväistä toimintaa Metso Minerals Oy:ssä, ja se vaikuttaa myös oleellisesti tämän työn layout-suunnitteluun. Lean käsittelee lean-filosofian määrittelemiä hukkia, 5s:ää sekä leanin vaikutuksia layout-suunnitteluun.

Työn käytännön suoritus yrityksessä on kuvattu yhtenä kokonaisuutena, joka etenee kronologisessa järjestyksessä. Aluksi on esitelty lähtökohdat, joiden jälkeen kuvataan karkea- ja hienosuunnittelu. Hienosuunnittelussa päästään myös lopullisiin tuloksiin. Työn tuloksena saatiin selkeä ja yksityiskohtainen layout-suunnitelma uudelle lähettämölle sekä työohje toteuttamista varten. Työohjeeseen kuului toteutuksen aikataulutus ja uudelle tilalle vaaditut rakennustekniset investoinnit. Lopuksi esitellään jatkotoimenpiteet layout-muutosta varten sekä parannusehdotukset, jotka mahdollistavat layout-muutoksen myötä.

ALKUSANAT

Tämä tekniikan kandidaatintyö tehtiin Metso Minerals Oy:lle osana suurempaa kehitysprojektia. Työn mielenkiintoinen aihe osui juuri sopivaan kohtaan opintojani ja se tarjosi mahdollisuuden soveltaa koulussa oppimiani asioita käytännössä, sekä antoi kokemusta teollisessa ympäristössä toimimisesta.

Haluan kiittää haastattelemani Metso Minerals Oy:n toimihenkilöitä yhteistyöstä liittyen lähettämön muuttoprojektiin. Lisäksi erityiskiitokset yrityksen puolelta työn ohjaajalleni Jukka Tahvanaiselle, joka esitteli minulle aiheen ja oli läsnä projektin käytännön asioissa. Kiitokset hyvistä neuvoista matkan varrella myös Sampo Myllymäelle, joka toimi toisena ohjaajanani yrityksen puolelta. Kiitokset kuuluvat myös lähettämön työntekijöille, jotka toivat omat mielipiteensä ja näkökulmansa suunnitteluun sekä ottivat muutoksen positiivisesti vastaan.

Tampereella, 10.4.2018

Arttu Saari

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	LAYOUT-SUUNNITTELU	2
2.1	Layout-suunnittelun tavoitteet.....	3
2.2	Layout-suunnittelun vaiheet.....	4
2.3	Eri layout-tyypit	7
2.3.1	Tuotelähtöinen layout	7
2.3.2	Funktionaalinen layout.....	8
2.3.3	Tuotantosolu-layout	8
2.3.4	Kiinteäpaikkainen layout	9
2.4	Materiaalivirtojen suunnittelu	9
3.	LEAN	11
3.1	Hukat	13
3.2	5s	14
3.3	Lean layout-suunnittelun tukena	15
4.	LAYOUT-MUUTOS YRITYKSESSÄ.....	16
4.1	Lähtökohdat.....	16
4.2	Karkeasuunnittelu.....	19
4.3	Hienosuunnittelu	21
4.3.1	Materiaalivirrat.....	24
4.3.2	Layout	25
4.3.3	Tilan rakentamisen aikataulus sekä hankinnat.....	26
5.	JATKOTOIMENPITEET	29
6.	YHTEENVETO	30
	LÄHTEET.....	31

LIITE A: VANHAN LÄHETTÄMÖN LAYOUT

LIITE B: UUDEN LÄHETTÄMÖN LAYOUT

LIITE C: YHDISTETTY UUSI LAYOUT

1. JOHDANTO

Nykypäivän teollisuudessa kilpailu asiakkaista on kovaa. Ei riitä, että asioita tehdään hyvin ja tilaukset saadaan toimitettua, vaan toimintaa täytyy pystyä kehittämään jatkuvasti tehokkaammaksi. Tuotannon tuottavuuden jatkuva kehitys on noussut yhdeksi tärkeimmistä kulmakivistä valmistavan teollisuuden yrityksissä. Ajoittain tehtävät, johonkin tiettyyn asiaan kohdistuvat kehitysprojektit ovat menettäneet merkitystään, ja jatkuva parantaminen on noussut merkittäväksi osaksi valmistavan teollisuuden yritysten toimintamalleja. Viime vuosina monissa teollisuuden yrityksissä, mukaan lukien Metso Minerals Oy:ssä, on otettu käyttöön alun perin Toyotan kehittämä lean-ajattelutapa, joka korostaa tekemään vain oikeita asioita. Tuotannon tuottavuutta pyritään parantamaan keskittymällä asiakkaalle arvoa tuottaviin toimintoihin ja karsimalla muu tekeminen mahdollisimman alhaiseksi (Kouri 2010. s. 6–7). Layoutien uudelleen suunnittelulla pyritään luomaan edellytykset tällaiselle toiminnalle.

Kun yrityksellä menee hyvin, asiakkaita riittää ja tilausten määrä pysyy kasvussa, on tuotannon pysyttävä vauhdissa mukana. Suunnittelu on tärkeää, kun tehdään muutoksia tuotannossa ja pyrkimyksenä on tuottavuuden parantaminen. Isoissa muutoksissa, joissa esimerkiksi tuotantolinja tai yksittäinen tuotantosolu siirretään kokonaan uusiin tiloihin, täytyy suunnitelma olla yksityiskohtaisesti kaikkien tiedossa. Kun tilojen laajentaminen ei ole vaihtoehto, täytyy tilojen layoutit suunnitella siten, että käytettävissä oleva tila käytetään mahdollisimman tehokkaasti.

Tämän työn tavoitteena on suunnitella linjakokoonpanosta valmistuvien tela-alustaisten kivenmurskauslaitosten lähettämölle uusi layout. Metson lehdistötilaisuudessa 29.1.2018 kerrotaan, että linjakokoonpanoa uudistetaan ja se siirretään uusiin tiloihin, jotta läpäisy-aikaa saadaan pienennettyä ja sitä kautta tuottavuutta lisättyä. Koska uuden linjan valmistuskapasiteetti kasvaa neljänneksellä, tarvitaan lisää koekäyttöpaikkoja. (Metso 2018) Koekäyttö laajenee nykyisen lähettämön tiloihin, jonka seurauksena lähettämön on edelleen siirryttävä pois tieltä, entisen moottorikokoonpanolinjan tiloihin. Layout-suunnitelman lisäksi työn tavoitteena on laatia työsuunnitelma muuttoprosessia varten. Työsuunnitelmassa huomioidaan muuton aikataulutuksen lisäksi vaadittavat rakennustekniset uudistukset uudessa tilassa sekä mahdolliset hankinnat.

Tämän työn toisessa luvussa perehdytään layout-suunnittelun teoriaan, joka sisältää suunnittelun tavoitteet ja vaiheet sekä tavallisimpia layout-tyyppejä. Kolmannessa luvussa käydään läpi teoriaa lean-ajattelusta, joka on noussut merkittäväksi osaksi Metso Minerals Oy:n toimintaa. Neljännessä luvussa kuvataan layout-suunnittelun toteutusta yrityksessä. Viides ja kuudes luku kokoaa yhteen jatkotoimenpiteet sekä yhteenvedon.

2. LAYOUT-SUUNNITTELU

Layout-sanalle ei ole keksitty sopivaa suomennosta, joten se on vakiintunut suomen kieleen sellaisenaan. Layout tarkoittaa fyysisten osien sijoittelua tuotantotilassa. Tällaisia osia ovat esimerkiksi koneet ja laitteet, osaprosessit, kulkureitit sekä varastopaikat. (Martinsuo et al. 2016, s.155) Layout-suunnittelu on näiden osien sijoittelun suunnittelua, eli yksinkertaisesti sen voisi ajatella olevan tehtaan pohjapiirroksen suunnittelua. Layout-suunnittelu on tärkeää, sillä huonosti suunniteltu layout aiheuttaa yrityksessä monia ongelmia, kuten ruuhkautumista, toimitusaikojen pitenemistä, huonon työympäristön ja vaikean ajanhallinnan. Nämä ongelmat kasvattavat varastoja sekä keskeneräisen tuotannon määrää, jotka lisäävät kustannuksia ja heikentävät tuottavuutta. (Tanwari & Mansour 2001)

Layout-suunnitelmaa tehtäessä lähtökohtana ovat käytettävissä oleva tila, jossa tuotantoa on tarkoitus suorittaa, ja tuotteet, joita halutaan valmistaa, sekä niiden volyymit. Tärkeintä heti suunnitteluvaiheen alussa on havainnollistaa, soveltuvatko käytössä olevat tilat vastaamaan haluttua tuotantostrategiaa ja sen tavoitteita. Suunnitteluvaiheessa on vielä mahdollista vaikuttaa esimerkiksi tilojen muotoon ja kokoon, mutta rakentamisvaiheessa suunnitteluvirheet eivät ole enää niin helposti korjattavissa. Tuotantostrategia määrää tuotannon tavoitemäärän, ja kiinteiden tuotantokoneistojen sekä laitteiden paikat määritellään siten, että tuotannon kapasiteetti saadaan vastaamaan haluttua tasoa. (Martinsuo et al. 2016, s. 156)

Syitä layoutin uudelleensuunnittelulle on monia. Syy voi liittyä valmistettaviin tuotteisiin, käytettävissä oleviin tiloihin tai ulkoisiin tekijöihin, kuten markkinoiden muutoksiin tai maantieteellisiin seikkoihin. Valmistettavista tuotteista johtuvia syitä layout-muutokselle ovat muutokset tuotesuunnittelussa tai täysin uudet tuotteet valikoimassa. Käytettävissä olevista tiloista johtuvat syyt ovat tilojen vanhentuminen, turvallisuusuhkat tai yleisesti ottaen huono työympäristö. Ulkoiset tekijät ovat etenkin valmistavan teollisuuden yrityksissä merkittävä suunnitteluun vaikuttava tekijä. Ulkoisiin tekijöihin liittyviä syitä layout-muutokselle ovat kysynnän määrän muutokset, kustannusten alentaminen tai muutokset joko sijainnissa tai markkina-alueessa. (Moore 1968, s. 95–97) Oli syy mikä tahansa, on tärkeää suunnitella layout huolellisesti ennen muuttoa. Stevenson (2011) määrittelee kolme pääsyytä layout-suunnittelun tärkeydelle. Uusiin tiloihin muutettaessa tai vanhoja tiloja muokattaessa tulee usein tarve uusille hankinnoille sekä mahdosille remonteille. Layout-suunnittelu edellyttää siis huomattavia rahallisia investointeja sekä suuren työpanoksen. Kun layout-muutokseen päädytään, täytyy siihen sitoutua mahdollisesti pitkäksi aikaa. Lisäksi layout-suunnittelulla on merkittävä vaikutus sekä kustannuksiin, jotka syntyvät uuteen layoutiin siirryttäessä, että tehokkuuteen, joka uudella layoutilla on mahdollista saavuttaa. (Stevenson 2011, s. 248)

Layout-muutosten suunnittelu voidaan jakaa karkeasti neljään luokkaan, jotka ovat järjestyksessä suuruusluokittain pienimmästä suurimpaan (Moore 1968, s. 98):

- pienet muutokset olemassa olevaan layoutiin
- olemassa olevan layoutin uudelleenjärjestely
- koko layoutin siirtäminen uusiin, jo olemassa oleviin tiloihin
- kokonaan uuden layoutin rakentaminen.

Layout-suunnittelun laajuuden vaihteluväli on hyvin laaja, kokonaan uuden tuotantolaitoksen suunnittelusta pieniin yksittäisiin järjestelymuutoksiin. Tässä työssä toteutetaan layout-suunnittelu edellisen listauksen kolmannen suuruusluokan mukaan, jossa siis olemassa oleva layout suunnitellaan uudestaan kokonaan uusiin, jo olemassa oleviin tiloihin. Tilanteessa, jossa layout suunnitellaan uusiin tiloihin, on mahdollista uudistaa myös toimintaa. Muutoksen yhteydessä on helppo tutkia prosesseja sekä menetelmiä ja korjata niissä olevia epäkohtia. (Moore 1968, s. 99)

2.1 Layout-suunnittelun tavoitteet

Layout-suunnittelun päätavoite on luoda layout, jolla on mahdollista toteuttaa tuotannolle asetettuja tavoitteita parhaalla mahdollisella tavalla. Tuotannon fyysisten osien sijoittelu pyritään suunnittelemaan siten, että se toteuttaa yrityksen määrittelemää asiakasarvoa (Martinsuo et al. 2016, s. 154–155). Stevensonin (2011) mukaan hyvä layout helpottaa työntekoa sekä lisää materiaali- ja tietovirtojen sujuvuutta yrityksessä. Stevenson on määritellyt layout-suunnittelulle seitsemän tavoitetta, jotta hyvän layoutin tunnuspiirteet täytyisivät. Nämä tavoitteet ovat seuraavat (Stevenson 2011, s. 248–249):

- Laatuun vaikuttavat seikat on otettava huomioon.
- Tilat ja työvoima on käytettävä mahdollisimman tehokkaasti.
- Tarpeettomien pullonkaulojen syntymistä on pyrittävä välttämään.
- Materiaalitoiminnot on suunniteltava tehokkaiksi.
- Työntekijöiden ja materiaalien tarpeeton liikkuminen on minimoitava.
- Tuotannon läpäisy aika on minimoitava.
- Työturvallisuus on otettava huomioon.

Laatuun vaikuttavat seikat tulee huomioida layoutia suunniteltaessa, koska tuotannossa syntyvät laatuvirheet kuluttavat turhaan materiaaleja sekä kapasiteettia ja voivat johtaa asiakastyytymättömyyteen. Laatuvirheet tai huono laatu voivat pahimmassa tapauksessa johtaa asiakkaan menettämiseen. (Kouri 2010, s. 10) Tuottavuuden maksimoimiseksi käytettävissä olevat tilat ja työvoima on käytettävä mahdollisimman tehokkaasti. Tavoitteena on minimoida prosessiin kuluva aika käyttämällä resurssit tehokkaimmalla mahdollisella tavalla (Stevenson 2011, s. 638). Pullonkaulojen syntyminen tulee välttää, jotta kapasiteettia voidaan hyödyntää kaikissa tuotannon vaiheissa. Stevenson (2010, s. 195)

tiivistää, että koko systeemin kapasiteetti rajoittuu pullonkaulaan, jolloin muiden toimintojen mahdollisesti pullonkaulaa suurempi kapasiteetti jää kokonaan hyödyntämättä. Lisäksi pullonkaulat voivat lisätä keskeneräistä tuotantoa, joka sitoo pääomaa tuottamattomaan työhön (Domingo et al. 2007).

Materiaalin turhaa varastointia loppu- ja välivarastoihin tulee välttää, koska tarpeeton varastoiminen aiheuttaa turhia lisäkustannuksia, pidentää läpimenoaikoja sekä piilottaa ongelmia (Kouri 2010, s. 11). Materiaalien ja työntekijöiden tarpeettoman liikkumisen minimointi on tärkeä osa layout-suunnittelua. Turhaa liikkumista ovat kaikki ylimääräinen liike aina tuotantolaitosten välillä tapahtuvista kuljetuksista työntekijän hyllyyn kurottamiseen. Turhat kuljetukset ovat aina olleet yksi suurimmista, ellei kaikista suurin, layout-ongelmista, sillä siihen sitoutuu paljon aikaa ja rahaa (Koopmans & Beckmann 1957). De Carlo et al. (2013) toteavat useiden lähteiden pohjalta, että tehokkaalla layout-suunnittelulla kuljetuksista aiheutuvia kustannuksia voitaisiin vähentää 10–30 %. Materiaalihalinnan osuuden kaikista operatiiviseen tuotantoon liitettävistä kustannuksista arvioidaan olevan noin 20–50 % (De Carlo et al. 2013). Tarkkaan suunnitellulla layoutilla pyritään minimoimaan tuotannon läpäisy aika. Läpäisy aika tarkoittaa sitä kalenteriaikaa, joka kuluu tuotteen valmistamisen aloittamisesta tuotteen valmistumiseen. Läpäisyajan minimointi lisää tuotannon luotettavuutta, parantaa laatua sekä kehittää toiminnan suunnitelmallisuutta. Muita etuja ovat varastoihin sitoutuneen pääoman väheneminen sekä tuottavuuden kasvu. (Kouri 2010, s. 11, 20–21)

Viimeinen Stevensonin määrittämistä tavoitteista on työturvallisuuden huomioiminen layoutia suunniteltaessa. Kouri (2010) painottaa työturvallisuuden merkitystä etenkin tuottavuuden näkökulmasta. Huonoista työolosuhteista johtuvat tapaturmat ja poissaolot ovat haitaksi tuottavuudelle, joten on sekä työntekijöiden että työnantajan etu panostaa työturvallisuuteen. Lisäksi, kun olosuhteet ovat kunnossa, voidaan keskittyä työntekoon ja yleinen ilmapiiri sekä työssä jaksaminen paranevat. Työntekijät, jotka tuntevat olevansa fyysisesti vaarassa, eivät pysty työskentelemään tehokkaimmalla mahdollisella tavalla. (Kouri 2010, s. 12–13; Stevenson 2011, s. 286–287)

2.2 Layout-suunnittelun vaiheet

Tärkeimpiä asioita layout-suunnittelussa on, että suunnittelija tuntee tarkasti suunnittelu-kohteen toiminnan, sen vuorovaikutukset muihin toimintoihin sekä valmistettavat tuotteet (Strategos). Lisäksi tärkeää on, että suunnittelu etenee loogisesti ja on järjestelmällistä. Layout-suunnittelu on yksi iso kokonaisuus, joka voidaan jakaa aina vain pienempiin ja pienempiin osiin. Suunnittelussa edetään pieni askel kerrallaan tuotantoympäristön suunnittelusta kohti pieniä yksityiskohtia. Muther (1955, s. 153) määrittelee layout-suunnittelulle neljä vaihetta, jotka ovat fyysisen sijainnin valinta, karkeasuunnittelu, hienosuunnittelu ja layoutin asennus. Ensimmäinen ja viimeinen vaihe eivät kuitenkaan kuulu varsinaisesti layout-suunnitteluun (Muther 1955, s. 153), joten työssä keskitytään pääasiassa

karkea- ja hienosuunnitteluun sekä itse toteutuksen suunnitteluun. Karkea- ja hienosuunnittelun tulee Mutherin (1955, s. 153) mukaan noudattaa tiettyä kaavaa, joka koostuu kuudesta eri vaiheesta, jotka ovat seuraavat:

- Määrittele ongelma.
- Kerää tiedot.
- Uudelleenmäärittele ongelma.
- Analysoi ja päätä.
- Toimi.
- Tarkenna.

Kun layoutin fyysinen sijainti on päätetty, siirrytään karkeasuunnitteluun. Ongelman määrittely karkealla tasolla on selkeän kuvan kehittämistä siitä, mikä on layout-muutoksen tehtävä ja mikä on tehtävän laajuus, sekä mitkä asiat layoutia suunniteltaessa tulee huomioida ja mitä ei. Aluksi on tärkeää tietää, mitä uudelta layoutilta halutaan ja miksi se suunnitellaan. Layoutia suunniteltaessa ei kannata alkaa suunnitella mitään ennen kuin on varmistunut ongelmasta, johon layoutilla vastataan. Kun ongelma on tiedossa, tulee kerätä suunnittelun kannalta oleellisia tietoja. Faktatietoa kerätään nykytilasta, tulevaisuuden suunnitelmista ja tuotantovaatimuksista, joilla tyydytetään ennusteet. Kerätyn tiedon tulee olla viimeisintä tietoa, ja sitä tulee kerätä useista eri lähteistä. Yhdestä lähteestä voi mahdollisesti kuulla vain yhden mielipiteen asiasta, joten lähteitä kannattaa ottaa monelta näkökannalta. Kerättyjen tietojen pohjalta määritellään ongelma uudelleen. Layoutmuutoksen tehtävää voidaan muuttaa kerättyjen tietojen pohjalta tai siihen voidaan esimerkiksi tehdä tarkennuksia. (Muther 1955, s. 153–155)

Seuraavaksi karkeasuunnittelussa siirrytään vaiheeseen ”analysoi ja päätä”. Nyt arvioidaan kerättyä tietoa ja määritellään layoutiin liittyvät virtaukset huomioiden niihin vaikuttavat tekijät. Kerätty tieto on muunnettava analysoitavaan muotoon, jotta siitä saadaan kaikki hyöty suunnitteluun. Jokaisen analysoinnin jälkeen täytyy muodostaa jonkinlainen päätös, joka auttaa pääsemään haluttuun lopputulokseen. Kun kerätyt tiedot on analysoitu ja niiden pohjalta on laadittu alustava suunnitelma, selkeytetään suunnitelma tarkasteltavaan muotoon, jossa se voidaan esittää eteenpäin. Tässä vaiheessa tulee olla selvillä layout-suunnitelman käytännön toteuttamiseen liittyvät asiat, kuten rakennustekniset investoinnit ja alueen muiden osien väliset suhteet uuteen layoutiin. Karkeasuunnitelma on valmis ja se hyväksytetään ylemmällä taholla, jonka jälkeen siirrytään hienosuunnitteluun. (Muther 1955, s. 153, 155–156)

Karkeasuunnittelun jälkeen siirrytään hienosuunnitteluun, joka sisältää samat edellä käydyt vaiheet kuin karkeasuunnittelu, mutta kohdat käydään läpi yksityiskohtaisemmin ja tarkemmalla tasolla. Hienosuunnittelun tuloksena täytyy syntyä niin tarkka suunnitelma, että sen pohjalta voidaan asentaa fyysinen layout. Hienolla tasolla ongelman määrittelyssä otetaan käsittelyyn alkuperäinen ongelma ja tarkastellaan, onko karkeasuunnittelun myötä ilmennyt muutoksia ongelman määrittelyyn. Karkeasuunnittelun myötä luodaan

selkeä kuva tehtävästä, vaadittavasta yksityiskohtaisuuden tasosta ja layout-suunnittelun kattamista alueista. Selkeän ongelman määrittämisen jälkeen kerätään lisää tietoa ja tarkennetaan jo kerättyjä tietoja liittyen valmistettaviin tuotteisiin, alueisiin, tuotantovaatimukseen sekä tuotantomääriin ja -aikoihin. Nyt kun tiedossa ovat lopulliset hienosuunnitelmaan vaadittavat tiedot voidaan ongelma määritellä vielä kerran. Tarkistetaan layout-suunnittelun tehtävä vielä kerättyjen tietojen ja uuden datan valossa sekä tarkastetaan riittävätkö tiedot viemään suunnittelu loppuun asti. (Muther 1955, s. 153, 156–157)

Kun kaikki tarvittavat tiedot on kerätty, on aika tehdä lopullisia päätöksiä. Analysoidaan tarkasti käytössä olevat tilat ja tiedot, joiden perusteella layout täytyy suunnitella. Määritellään ja mallinnetaan tuotteiden sekä materiaalien virtaukset, arvioidaan kerättyjä tietoja eri näkökulmista ja luodaan niiden pohjalta lopullinen layout. Tämän layoutin tulee olla yksityiskohtainen ja sen tulee kattaa jokainen alue ja kaikki toiminnot. Lopullisessa layoutissa tulee myös olla tarkkaan kuvattu layoutin yhdistyminen ympäröiviin alueisiin. Lopullinen layout tulee selkeyttää esiteltäväksi ja hyväksyttäväksi alueella työskentelevillä henkilöillä. Palautteen mukaan tehdään vielä mahdolliset viimeistelyt, jonka jälkeen layout hyväksytetään ylemmällä taholla. Lopuksi laaditaan yksityiskohtaiset ohjeet asennukseen sekä laaditaan työaikataulu layoutin rakennukseen. Layoutin valmistuessa ja etenkin valmistuttua varmistetaan vielä suunnitelmien mukainen toimivuus. (Muther 1955, s. 153, 157–158)

Kun layout-suunnitelma tehdään isommassa mittakaavassa, esimerkiksi uuteen tilaan muuttaessa, on tärkeää suunnitella ja aikatauluttaa toteutus. Jos mahdollista, layout-muutos olisi hyvä toteuttaa hiljaisena aikana, jolloin se ei sekottaisi normaalia tuotantoa. Tämä ei kuitenkaan usein ole mahdollista, joten on tärkeää, että layout-muutos toteutetaan mahdollisimman nopeasti, jotta se häiritسی tuotantotoimintaa mahdollisimman vähän. (Muther 1955, s. 266–267) Layout-muutoksen toteutus on kuvattu seitsemänvaiheiseksi prosessiksi, jonka vaiheet ovat seuraavat (Moore 1968, s. 166):

- Suunnittele.
- Hanki tarpeet.
- Valmistele.
- Muuta.
- Asenna.
- Aloita.
- Siivoa.

Valmistavan teollisuuden yrityksissä tuotannon pysähtymistä on vältettävä, jotta asiakkaiden tarpeisiin voidaan vastata ajallaan. Tästä syystä toteutus on suunniteltava tarkasti etukäteen. (Muther 1955, s. 268) Suunnittelu on tärkeää aloittaa hyvissä ajoin, jotta se ei vie aikaa toteutusvaiheessa. Suunnittelun tarkoitus on määrittää tarkat uudet paikat tavaroille, laitteille ja muille resursseille, sekä määrittää siirtojen järjestys. (Moore 1968, s. 166)

Toteuttamista varten on hankittava tarvittavat tarpeet. Etenkin, kun layout-muutoksen yhteydessä siirrytään uusiin tiloihin, vaatii tilat rakennusteknisiä uudistuksia. Nämä muutokset tarvitsevat hyvin usein tekijät yrityksen ulkopuolelta. Ulkopuolisen tekijän lisäksi muuton toteutukseen on määriteltävä tarkasti tekijöitä myös yrityksen sisältä. (Muther 1955, s. 269; Moore 1968, s. 166) Jotta muuton toteutus sujuisi ongelmitta, on käyttöön otettavat tilat valmisteltava muuttoa varten siten, että ne ovat siistit ja jokaiselle sinne tulevalle resurssille on määritelty paikka. Lisäksi paikat on hyvä merkitä myös siirrettäviin resursseihin epäselvyyksien välttämiseksi. (Moore 1968, s. 166)

Muuton aikana on yritettävä pitää tarvikkekokonaisuudet yhdessä. Tietyt valmistuksen kannalta olennaiset osat on siirrettävä yhtenä kokonaisuutena, jotta niillä voidaan toimia joko uudessa tai vanhassa tilassa muuton toteutuksen aikana. Muuttoa ja resurssien paikalleen asennusta tehtäessä on yritettävä pysyä mahdollisimman hyvin aikataulussa, jotta tuotanto saadaan pyörimään suunniteltuna ajankohtana. Lopuksi sekä uudet että vanhat tilat siivotaan huolellisesti muutosprojektin loppumisen merkiksi, ja normaali tuotantominta aloitetaan ainoastaan uusissa tiloissa. (Moore 1968, s. 167–168)

2.3 Eri layout-tyypit

Layout-muutosta suunniteltaessa aluksi pohditaan, että minkä tyyppinen layout olisi käytötarkoitukseen sopivin. Parhaan mahdollisen layoutin valinnasta on tehtävä heti alussa selkeä päätös. Valittua tyyppiä voidaan modifioida tarvittaessa jälkepäin tai siihen voidaan yhdistää muiden layout-tyyppien ominaispiirteitä. (De Carlo et al. 2013) Periaatteellisia layouteja on olemassa tietynlaisia. Niistä joko valitaan yksi, tai yhdistellään useamman layout-tyypin ominaisuuksia siten, että saadaan tarpeita vastaava layout. Käytettävissä olevat tilat sekä tuotevalikoiman laajuus ja valmistusmäärät ovat merkittävimmät layoutin valintaan liittyvät tekijät (Martinsuo et al. 2016, s. 155).

2.3.1 Tuotelähtöinen layout

Tuotelähtöisen-layoutin suunnittelussa lähtökohtana on nimensä mukaisesti tuote. Tällaisessa layoutissa fyysiset osat kuten koneet, työntekijöiden työpisteet ja varastopaikat sijoitellaan siten, että tuote etenee raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi mahdollisimman sujuvasti. Tuotteen tarpeet siis määrittävät fyysisten osien paikat. Tuotelähtöiselle layoutille on tyypillistä, että tuotteelle tehtävät työt on jaettu eri vaiheisiin ja tuote kulkee kaikkien näiden vaiheiden läpi liukuhihnamaisesti. Vaihe vaiheelta tuotetta työstetään kohti valmistusta siten, että viimeisen vaiheen jälkeen tuote on valmis. Rakenteensa vuoksi tuotelähtöisestä layoutista käytetään usein nimistystä tuotantolinja-layout. (Stevenson 2011, s. 249–250)

Tuotelähtöinen layout sopii layoutiksi, jos tuotettavissa tuotteissa on vain hyvin vähän eroavaisuuksia ja volyymit ovat suuria. Tuotelähtöisen layoutin edut ovat vähäinen keskeneräisen tuotannon määrä, tehokas pinta-alan käyttö, selkeä materiaalivirta sekä helppo

tuotannonohjaus. (Martinsuo et al. 2016, s. 164). Lisäksi etuja ovat matalat yksikkökustannukset, korkeat käyttöasteet, vakioitu prosessi sekä työntekijöiden erikoistuminen (Stevenson 2011, s. 250). Kun tuotantolinjamainen layout päätetään tehdä, se vaatii usein huomattavia rakennusteknisiä investointeja ja siksi se on hyvin pysyvä ratkaisu. Muita heikkouksia ovat tuotteiden varioinnin vaikeus, häiriöherkkyys sekä jatkuva huollon tarve. (Stevenson 2011, s. 250; Martinsuo et al. 2016, s. 164)

2.3.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa työpisteet on järjestelty samankaltaisuutensa perusteella ryhmiin, joissa tietyllä pisteellä ovat tiettyyn työvaiheeseen tarvittavat koneet ja laitteet. Näillä työpisteillä tehdään vain tietty työvaihe ja työvaihe voidaan tehdä monelle tuotteelle samanaikaisesti. Toisin sanoen työn eri funktiot on jaettu siten, että yhdellä vaiheella on oma osasto, jossa tuotetta työstetään ja josta se siirtyy edelleen seuraavalle osastolle. Funktionaalisisesta layoutista käytetään joskus myös nimitystä prosessilähtöinen layout. (Stevenson 2011, s. 251; Martinsuo et al. 2016, s. 157)

Funktionaalisen layoutin etuja ovat valmistettujen tuotteiden monimuotoisuus, työntekijöiden monipuolisempi työnkuva sekä muokattavuus (Stevenson 2011, s. 252). Lisäksi sitä on helppo ylläpitää eikä se vaadi suurta alkuinvestointia (Martinsuo et al. 2016, s. 164). Funktionaalisisessa layoutissa tuotannonohjaus voi olla haastavaa epämääräisen reitityksen vuoksi. Lisäksi koneiden käyttöasteet jäävät usein mataliksi ja toisaalta kesken-eräisen tuotannon määrä voi ajoittain nousta hyvinkin korkeaksi. Myöskin pinta-alan tehokas käyttö on haastavaa funktionaalisisessa layoutissa. (Stevenson 2011, s. 252; Martinsuo et al. 2016, s. 164)

2.3.3 Tuotantosolu-layout

Tuotantosolu-layoutissa fyysiset osat järjestetään siten, että tietty osa työstä tai jopa koko työ voidaan suorittaa yhdessä paikassa, jossa on ryhmä eri työpisteitä. Tässä layoutissa on piirteitä sekä tuotelähtöisestä että funktionaalisisesta layoutista. Työn eri vaiheet tehdään yhdessä paikassa, mutta työ valmistuu silti vaihe vaiheelta. Tuotantosolu-layout sopii hyvin esimerkiksi loppukokoonpanoon, jossa työntekijät kykenevät tekemään työvaiheen alusta loppuun asti. Tuotantosolu pystyy itsenäisesti valmistamaan tuotteiden eri variaatioita, ilman muiden tuotannon osien avustusta. (Martinsuo et al. 2016, s.161–162) Hyvä esimerkki tuotantosolusta on tässä kandidaatintyössä käsiteltävä lähettämö, jolle suunniteltiin uusi layout. Lähettämön työntekijät ovat moniosaajia, jotka kykenevät tekemään tietyn kokonaisuuden alusta loppuun.

Tuotantosolu-layoutissa on samoja vahvuuksia ja heikkouksia kuin molemmilla aiemmin käsitellyistä layout-tyypeistä, mutta sekä heikkoudet että vahvuudet ovat lievempiä. Materiaalivirrat ovat selkeitä, pinta-ala on mahdollista käyttää tehokkaasti ja investointitarve ei ole välttämättä suuri. Toisaalta tuotantosolu-layoutin ohjaus on tuotelähtöistä layoutia

haastavampaa, sekä se vaatii isomman panostuksen kuin funktionaalinen layout. Kuoritusasteet vaihtelevat huomattavan paljon tuotantosolu-layoutissa. (Martinsuo et al. 2016, s. 164)

2.3.4 Kiinteäpaikkainen layout

Kiinteäpaikkaiseen layoutiin päädytään usein, kun valmistettavaa tuotetta on vaikea tai mahdotonta liikutella esimerkiksi suuren koon tai painon vuoksi. Tällaisissa tilanteissa layout rakennetaan tuotteen ympärille. Tuote pysyy paikallaan ja tarvikkeet, työntekijät sekä koneet ja laitteet liikkuvat. Usein kiinteäpaikkainen layout on tuotteen lopullisessa käyttöpaikassa. Esimerkkejä kiinteäpaikkaisista layouteista ovat rakennukset, sillat sekä laivat. (Stevenson 2011, s. 252)

Kiinteäpaikkaisissa layouteissa kokonaisuuden hallinta on haastavampaa kuin muissa perinteisemmissä layouteissa. Usein kiinteäpaikkaisissa layouteissa osa lopulliseen tuotteeseen tulevista osista valmistetaan muualla kuin lopullisella sijaintipaikalla. Nämä osat toimitetaan osatoimituksina lopulliseen valmistuspaikkaan, jossa ne liitetään tuotteeseen. Keskeisin huomioitava asia kiinteäpaikkaisessa layoutissa toimittaessa on, että toimitusten ajoitus sekä sijoittelu suunnitellaan tarkasti. (Stevenson 2011, s. 252)

2.4 Materiaalivirtojen suunnittelu

Materiaalivirtojen tarkka analysointi ja suunnittelu ovat aina yksi oleellisimmista asioista uutta layoutia suunniteltaessa. Tämä koskee etenkin tilanteita, joissa materiaalit ja tuotteet ovat joko suuria tai painavia, tuotteita valmistetaan paljon tai kuljetus- ja varastointikustannukset ovat suuria. (Muther 1973, s. 4.1) Koska layout-muutoksella pyritään usein vastaamaan kasvaneeseen kysyntään, on tärkeää, että materiaali sekä informaatio kulkee mahdollisimman sujuvasti tuotannossa (Stevenson 2011, s. 248). Kun layout-muutoksella halutaan vastata kasvaneeseen kysyntään, pyritään fyysisten osien uudelleensijoittelulla lyhentämään tuotteiden läpäisyajoja. Läpäisyajan lyhentäminen minimiin johtaa pienimpiin kustannuksiin, lyhyimpään mahdolliseen toimitusaikaan ja parhaaseen laatuun (Liker 2006, s. 87–88). ”Tuotekohtaisesta läpäisyajasta on tavallisesti yli 99 % odottamista.” (Kouri 2010, s. 21) Kouri (2010) toteaa, että layoutia suunniteltaessa tuotannon läpäisyajan lyhentäminen perustuu erilaisten odotusaikojen poistamiseen valmistuksesta, eikä itse työtahdin kasvattamiseen.

Kolmannessa luvussa avataan tarkemmin lean-ajattelun teoriaa, mutta tiivistettynä materiaalivirtoja suunniteltaessa päätavoite on, että valmistettavat tuotteet virtaavat arvoketjussa pysähtymättä (Liker 2006, s. 87; Kouri 2010, s. 8). Materiaalien sekä tuotteiden liikkuminen tuotannossa tulisi suunnitella siten, että ne saapuvat työvaiheelle juuri silloin, kun niitä tarvitaan. Tällöin resursseja ei kulu turhaan odotteluun, eikä materiaali tai keskeneräinen tuote sido turhaan pääomaa välivarastossa (Domingo et al. 2007). Kouri (2010) toteaa, että layoutin fyysiset osat on sijoitettava siten, että työvaiheiden väliset

materiaalivirrat ovat lyhyitä ja selkeitä. Tämän lisäksi mahdollisuuksien mukaan tuotteiden siirtomatkoja lyhennetään ja välivarastoja pienennetään. Kun tuotteiden ja materiaalien virtaus on sujuvaa, vähenee keskeneräisen tuotannon määrä. Tämä helpottaa entisestään tuotannosuunnittelua ja aikataulutusta, koska häiriöt tuotannossa vähenevät, kun toiminta on selkeää. Lisäksi toiminta on joustavampaa, ja tuotannossa tapahtuvat äkilliset muutokset eivät aiheuta niin suuria kustannuksia, kun keskeneräinen tuotanto on vähäisempää. (Stevenson 2011, s. 638)

3. LEAN

Lean-filosofia on lähtöisin Toyotan autoteollisuudessa. Se on saanut alkunsa 1980-luvulta, jolloin japanilaiseen laatuun ja tehokkuuteen huomattiin liittyvän jotain erityistä. Toyota pystyi valmistamaan autoja huomattavasti nopeammin ja luotettavemmin kuin muut autovalmistajat, mutta pystyi silti pitämään hintatason kilpailukykyisenä. (Liker 2006, s. 3) Lean-toimintamalli levisi nopeasti Japanista maailmalle. Aluksi se levisi autoteollisuuteen, mutta nykyään lean-periaatteita noudattavia yrityksiä on lähes jokaisella toimialalla ja ne ovat tavallisesti johtavia alallaan. (Kouri 2010, s. 6) Leanin periaatteet on omaksuttu myös Metso Minerals Oy:ssä (Kuva 1).



Kuva 1. Metso Minerals Oy:n lean-talo (Metson sis. kuva-arkisto)

Isossa mittakaavassa leanin päätavoite on luoda tasapainoinen järjestelmä, joka on sujuva, ja jonka materiaalivirrat ovat lyhyitä ja selkeitä läpi järjestelmän. Päätavoitetta tukemaan on määritelty kolme tukitavoitetta, jotka ovat järjestelmän joustavuus sekä erilaisten turhuuksien ja häiriöiden poistaminen. Leanin ihanteiden mukainen järjestelmä voidaan saada aikaan neljän osatekijän avulla, joiden täytyy toimia yhteisymmärryksessä. Nämä neljä tekijää ovat tuotesuunnittelu, prosessisuunnittelu, henkilöstö ja tuotannonohjaus. (Stevenson 2011, s. 622–623)

Lean-ajattelun keskipisteenä on vain asiakkaalle arvoa lisäävien toimintojen suorittaminen (Womack et al. 2007). Työvaiheet ja prosessit, jotka eivät asiakkaan näkökulmasta

katsottuna tuota lisäarvoa lopputuotteelle, ovat niin sanottua hukkaa. (Liker 2006, s. 27) Yrityksen toiminnan kehittäminen leanin mukaiseksi sisältää viisi vaihetta, jotka pyrkivät poistamaan asiakasarvoa lisäämätöntä toimintaa. Nämä vaiheet ovat seuraavat (Womack & Jones 2003, s. 16–26):

- asiakasarvon määrittäminen
- arvovirran tunnistaminen
- virtauttaminen
- imuohjaus
- täydellisyyteen pyrkiminen.

Kaikki kehitys lähtee asiakasarvon määrittelemisestä. Jotta tuotteita ja palveluita voidaan kehittää, täytyy tietää, mikä niissä tuottaa arvoa asiakkaille. Kun asiakasarvo tunnetaan, voidaan määritellä ne toiminnot ja prosessit, jotka muodostavat tämän asiakkaan kokeaman arvon. Tätä toimintojen ja prosessien ketjua kutsutaan arvovirraksi, ja se alkaa työstämättömistä materiaaleista ja päättyy valmiiseen tuotteeseen, jonka asiakas saa käsiinsä. Lean-ajattelun mukaan, arvovirta täytyy tunnistaa koko tältä matkalta. (Womack & Jones 2003, s. 16–20) Näitä arvovirrassa olevia, asiakkaalle arvoa tuottavia, prosesseja tehostetaan ja lisäarvoa tuottamattomat prosessit pyritään poistamaan (Kouri 2010, s. 8). Prosesseja ja arvoja tutkittaessa on tärkeää tunnistaa myös asiakas, jolle arvoa tuotetaan. Prosessin asiakas ei ole aina kuluttaja, jolle lopputuote lopulta päättyy, vaan se voi olla myös sisäinen asiakas eli esimerkiksi tuotantolinjan seuraava vaihe (Liker 2006, s. 27; Kouri 2010, s. 9).

Kun asiakasarvoa tuottavat prosessit ovat selvillä siirrytään kehittämisessä vaiheeseen, jossa tuotteen valmistuminen tuotannossa suunnitellaan siten, että tuotteen virtaus ei pysähdy lainkaan (Kouri 2010, s. 8). Tässä kohdassa on tärkeää ymmärtää, että tuotteen pysähtymätön virtaus ei tarkoita itse tuotteen fyysistä liikkumista tuotannossa, vaan tuotteen valmistusprosessin etenemistä. Tehoton kuljettelu ei tuota lisäarvoa tuotteelle, jolloin sitä tulee välttää (Liker 2006, s. 29). Pyritään siis ideaaliseen yhden kappaleen virtaukseen, jossa tavoitteena on valmistaa tuotteita äärimmäisen nopeasti alusta asti, yhden kappaleen erissä juuri asiakkaan tarpeen mukaan. Mahdollisimman lähelle ideaalitilannetta päästään imuohjauksella, jossa osia ja tuotteita valmistetaan todellisen tarpeen tai kulutuksen mukaan, jolloin varastot pysyvät mahdollisimman pieninä (Kouri 2010, s. 9). Metso Minerals Oy:n kaltaisissa yrityksissä, joissa toiminta perustuu asiakastarpeen tahtiin, imuohjaus on paras ohjausvaihtoehto. Imuohjauksessa tuotantoketjun seuraavan vaiheen tarve määrittää aiempien vaiheiden suoritukset, jolloin seuraava vaihe toimii edellisen vaiheen asiakkaana, jolle arvoa tuotetaan. (Logistiikan maailma; Womack & Jones 2003, s. 59)

Viimeinen vaihe lean-toiminnan kehittämisessä on täydellisyyteen pyrkiminen (Kouri 2010, s. 9). Lean-kehitystoiminta ei ole projektimainen parannuskeino, jossa kehittämi-

nen tapahtuu tiettyinä ajanjaksona tiettyjen henkilöiden toimesta, vaan jatkuvaa ja systemaattista parantamista. Tärkeää on, että työnteon kehittäminen lähtee alimmalta tasolta ja on kaikkien työntekijöiden vastuulla. Täydellisyyteen pyrkiminen vaatii, että jokainen työntekijä analysoi omaa työntekoaan sekä miettii, miten voisi vaikuttaa työntekoonsa helpottaakseen ja tehostaakseen sitä. (Kouri 2010, s. 14) Kun toiminnassa pyritään jatkuvasti tyädellisyyteen, paljastuu siitä jatkuvasti uutta hukkaa, joka voidaan poistaa. Näin toiminnan kehittäminen pysyy jatkuvana. (Womack & Jones 2003, s. 25)

3.1 Hukat

Kouri (2010) määrittelee sanalle ”lean” sopivaksi suomennokseksi hoikka tai solakka. ”Hoikassa toimintatavassa ei ole mitään turhaa, vaan toiminnassa keskitytään asiakasarvon tuottamiseen.” (Kouri 2010, s. 7) Hukkien eli lisäarvoa tuottamattomien toimintojen poistaminen on lean-tuotantojärjestelmän ydin (Womack et al. 2007). Tunnistettavia hukkia on määritely kahdeksan kappaletta ja ne ovat seuraavat (Liker 2006, s. 28–29; Kouri 2010, s.10–11):

- ylituotanto
- odottelu
- tarpeeton kuljettelu
- ylikäsittely tai virheellinen käsittely
- tarpeettomat varastot
- tarpeeton liikkuminen
- viat
- työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen.

Ylituotantoa voidaan pitää leanin merkittävimpänä hukkana. Ylituotannolla tarkoitetaan, että tuotteita valmistetaan enemmän kuin mitä välitön tarve vaatii. Näin ollen keskeneräinen tuotanto kasvaa, jolloin tuotantoon syntyy helposti tarpeettomia välivarastoja, ja valmiita tuotteita joudutaan varastoimaan loppuvarastoihin odottelemaan mahdollisia tilauksia. Ylituotanto johtaa siis jo itsessään muiden hukkien syntymiseen (Kouri 2010, s. 10). Ylituotannon seurauksena syntyy tarpeettomia varastoja, jotka taas aiheuttavat turhia varastointi- ja kuljetuskustannuksia, pidempiä läpäisyajoja, tuotteiden vanhentumista sekä viiveitä. Varastot piilottavat myös tuotannon ongelmia, kuten tuotannon epätasapainoa, myöhästymisiä sekä vikoja. (Liker 2006, s. 29) Ylituotannosta johtuvan tarpeettoman varastoinnin eliminoinnilla on suora taloudellinen hyöty yritykselle.

Ylikäsittelyllä tarkoitetaan tuotteille tehtäviä työvaiheita, jotka ovat tarpeettomia eli tuotteelle lisäarvoa tuottamattomia vaiheita. Jos esimerkiksi tuotetaan laadukkaampia tuotteita kuin mitä asiakas tarvitsee, tuotteet ovat ylikäsiteltyjä, sillä asiakkaalle ei koidu lisäarvoa tarvittavaa laadukkaammasta tuotteesta. Koska ylikäsittely on hukkaa, sen aiheuttama liikkuminen ja kuljetukset ovat myös hukkaa. Ne ovat tarpeetonta työtä, jotka

eivät aiheuta lisäarvoa asiakkaalle. (Liker 2006, s. 28–29; Kouri 2010, s. 10–11) Ylikäsittely sekä siitä johtuvat muut hukat myös pidentävät tuotteiden läpimenoaikaa, mikä taas lisää keskeneräisen tuotannon määrää ja on sitä kautta monella tavalla haitaksi tuotannolle (Stevenson 2011, s. 638).

Läpimenoaikoja kasvattavat myös erilaiset viat, joita tulee joko laitteisiin tai tuotettaviin tuotteisiin. Nämä viat johtavat materiaalien sekä kapasiteetin turhaan käyttöön, joka johtaa usein odotteluun ja viivästyksiin. Odottelu ja viivästykset johtuvat vikojen lisäksi tuotannossa esiintyvistä pullonkauloista ja viivästyneistä toimituksista. (Kouri 2010, s. 10–11) Jotta systeemiä voitaisiin kehittää, on otettava huomioon työtä tekevien työntekijöiden mielipiteet ja näkemykset, sillä he tuntevat työnteon parhaiten. Työntekijöillä on usein kehitysideoita oman työnsä kehittämiseksi. Työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen on lisätty hukkien listalle jälkeenpäin, koska työntekijöiden sitouttaminen ja kuunteleminen kehityksasioissa on hyvin tärkeää systeemin toiminnan kannalta. (Liker 2006, s. 29)

3.2 5s

Yksi leanin tärkeimmistä käytännön työkaluista on 5s, jonka avulla järjestelmässä huolehditaan siisteydestä sekä kehitetään ja ylläpidetään järjestystä. 5s muodostaa työympäristöön jatkuvan kehitysprosessin, jonka avulla työnteosta tulee tuottavampaa ja laadukkaampaa. Koska 5s:n tavoitteena on muokata työympäristöstä mahdollisimman tehokas, sitä on hyvä käyttää työympäristön muutoksissa, kuten esimerkiksi uutta layoutia suunniteltaessa. (Liker 2006, s.150–151; Kouri 2010, s. 26) 5s muodostuu nimensä mukaisesti viidestä japaninkielisestä s-kirjaimella alkavasta sanasta, jotka ovat seuraavat (Ho 2014):

- Seiri (Lajittele).
- Seiton (Järjestä).
- Seiso (Puhdista).
- Seiketsu (Vakiinnuta).
- Shitsuke (Ylläpidä).

5s ei ole työkalu, jonka avulla suoritetaan kertaluontoinen siivous halutulle alueelle, vaan se on osa lean-toimintamallia, joka pyrkii systemaattisesti poistamaan hukkia. Hukkien tehokas tunnistaminen ja poistaminen onnistuu ainoastaan selkeässä ja siistissä työympäristössä. (Kouri 2010, s. 27) 5s:ssä käydään läpi työntekoon tarvittavat materiaalit, kuten työkalut, tarvikkeet ja laitteet, ja lajitellaan ne sen mukaan, tarvitaanko niitä päivittäin, harvemmin vai ei koskaan. Lajittelun mukaan materiaaleille luodaan uudet pysyvät paikat sen mukaan, kuinka tarpeellisia ne ovat päivittäisessä työssä. Esimerkiksi koko ajan käytössä olevat työkalut asetetaan näkyvälle paikalle helposti saataviksi, ja tavaroista, joita ei käytetä koskaan, hankkiudutaan eroon. Tavarat, jotka ovat tarpeellisia, mutta joita ei tarvita päivittäin, järjestetään kaappeihin ja lokeroihin pois jokapäiväisen työnteon tieltä. (Liker 2006, s. 150–151)

Usein 5s ymmärretään vain tilojen siivoamisena ja puhdistamisena, mutta se on vain osa 5s:ää. Työympäristön puhdistaminen on tärkeä osa 5s:ää, sillä se toimii eräänlaisena tarkastuksena alueen tehokkaasta toiminnasta. Puhdistuksen yhteydessä voidaan havaita normaalia poikkeavia tai jopa puutteellisia olosuhteita. Normaalista poikkeavuus näkyy usein laadun heikentymisenä, ja se voi myös aiheuttaa esimerkiksi konerikkoja. (Liker 2006, s. 150–151)

5s painottaa jatkuvan parantamisen tärkeyttä ja sitä ylläpitämään on kehitettävä selkeitä toimintaohjeita sekä järjestelmiä, jotka ohjaavat toteuttamaan kolmea ensimmäistä 5s:n toimintaohjetta (Liker 2006, s. 150; Kouri 2010, s. 27). 5s:n tärkeimmät huomioitavat kohdat ovatkin kaksi viimeistä: vakiinnuta ja ylläpidä. Hyvin usein suuret teollisuuden yritykset ottavat käyttöön 5s:n, jotta tuotanto saataisiin tehokkaammaksi. Alussa huomataan, kuinka uuden toimintamallin mukaiset tavat tuottavat tulosta ja samalla työympäristö on viihtyisämpi. 5s:ää ei kuitenkaan kyetä vakiinnuttamaan osaksi jokapäiväistä toimintaa, ja järjestelmällisyyden sekä siisteyden korostaminen katoavat työnteosta. Pahimmassa tapauksessa yritys käyttää suuria määriä rahaa toiminnan kehittämiseen, mutta koska sitä ei pystytä vakiinnuttamaan eikä ylläpitämään, palaa toiminta ennalleen. (Liker 2006, s. 151–152; Ho 2014)

3.3 Lean layout-suunnittelun tukena

Lean-toimintamalli painottaa valmistusprosessien tehokkuutta sekä jatkuvaa laadun parantamista. Layout-suunnittelulla pyritään useimmissa tapauksissa tehostamaan toimintaa, joten lean tukee layout-suunnittelun tavoitteita ja siksi lean-filosofiaa käytetäänkin usein layout-muutoksia tehtäessä (Liker 2006, s. 260). Tutkimukset ovat osoittaneet, että layoutista aiheutuvat ongelmat voidaan korjata parhaiten suunnittelemalla layout lean-toimintamallin mukaisesti (Sundin et al. 2011). Lean-tuotannon toimintaa mittaavia mittareita ovat tuottavuus, laatu, läpäisy aika, keskeneräinen tuotanto ja hukka. Parhaiten prosesseja voidaan mitata tehtaan lattiatasolla, jossa työtä voidaan konkreettisesti parantaa (Liker 2006, s. 260). Näitä mitattavia asioita parannetaan huolellisella layout-suunnittelulla sekä -toteutuksella. (Kouri 2010, s. 28–29)

Asiakkaalle lisärvoa tuottavan arvoketjun analysointi sekä sen kehittäminen ovat lean-toimintamallin perusta. Fyysistä arvoketjua analysoitaessa havaitaan helposti erialaisia hukkia, jotka esiteltiin kappaleessa 3.1. Arvoketjuun liittyvät hukat poistetaan käytännössä muuttamalla tuotannon laoutia sekä uudistamalla tuotannon ohjausperiaatteita. Lisäksi yksittäisiä työpisteitä uudelleenjärjestetään leanin periaatteiden mukaisesti sekä siistitään ja siivotaan yleisesti. Uudelleen luoduille työpisteille sekä koko layoutille asetetaan selkeät tavoitemittarit, joiden toteuttaminen pyritään vakiinnuttamaan osaksi jokapäiväistä työntekoa. (Kouri 2010, s. 9)

4. LAYOUT-MUUTOS YRITYKSESSÄ

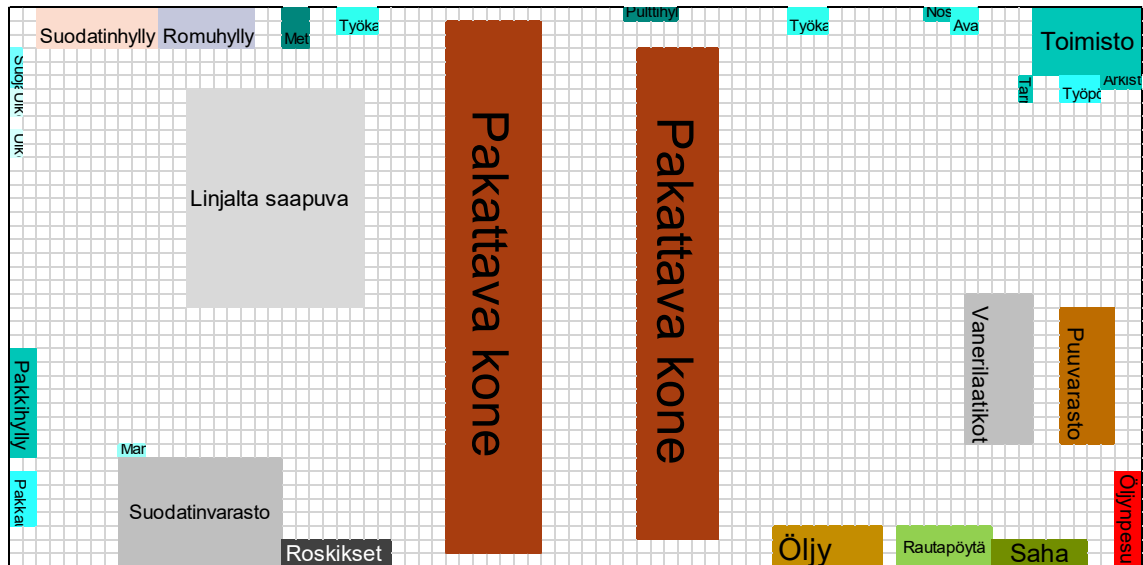
Metso on maailman johtaviin teollisuusyrityksiin kuuluva yritys, joka tarjoaa laitteita ja palveluita luonnonvarojen kestävään jalostukseen ja kulkuun kaivos-, kivenmurskaus-, kierrätys-, ja prosessiteollisuudessa (Metso). Tampereella toimiva Metso Minerals Oy valmistaa tela-alustaisia kivenmurskauslaitoksia. Tampereen tehtaalla on käynnissä koko tehtaan toimintaan vaikuttava organisaatiomuutos, jolla pyritään vastaamaan jo puolitoista vuotta kasvussa olleeseen kysyntään. Murskauslaitoksia valmistava sarjatuotantolinja uudistetaan täysin. Kokoonpano siirretään kokonaisuudessaan uusiin tiloihin, jolloin sarjatuotantolinjalle saadaan kuusi asennuspistettä aiemman viiden pisteen sijaan. Valmistuskapasiteetti kasvaa neljänneksellä, jolloin murskauslaitosten vuosittaiset valmistusmäärät kasvavat ja kokonaisläpäisyajat pienenevät merkittävästi. (Metso 2018)

Kokoonpanossa valmistettavat murskauslaitokset eivät suinkaan ole valmiita toimitettaviksi asiakkaille linjalta valmistuttuaan. Linjalta valmistuvat murskauslaitokset menevät koekäyttöön, jonka jälkeen ne siirretään maalaamoon maalattaviksi. Maalatut murskauslaitokset kuljetetaan vielä lähettämöön, jossa ne pakataan valmiiksi asiakkaille. Jotta uudistetun kokoonpanon jälkeiset toiminnot eivät muodostuisi pullonkaulaksi, vaan tuotannon loppuosa pystyisi vastaamaan kasvaneeseen tuotantoon, täytyy myös loppuosan uudistaa. Koekäyttö ei nykyisellä kapasiteetillaan pysty vastaamaan tuotannon kasvuun, joten sitä on laajennettava. Koekäyttö ja lähettämö sijaitsevat muusta tuotannosta erillään olevassa rakennuksessa. Suunnitteilla on, että koekäyttö laajenee lähettämön tiloihin, jolloin lähettämön on muutettava edelleen uusiin tiloihin. Tässä luvussa kuvataan uuden layoutin suunnittelu lähettämölle, joka muuttaa kokonaan uusiin tiloihin.

4.1 Lähtökohdat

Linjakokoonpanon lähettämö sekä koekäyttö sijaitsevat nykyisin muusta toiminnasta erillään olevassa Kaarihallissa, joka näkyy kuvan 3 oikeassa alareunassa. Kuvan mukaisesti koekäyttö käyttää noin kaksi kolmasosaa hallin tilasta ja on kuvassa hallin vasemmalla puolella. Hallin oikealle puolelle jäävä alue on nykyisen lähettämön käytössä. Nykyisen lähettämön layout on kuvan 2 mukainen. Lähettämön tilat soveltuvat loistavasti pakkaus-toimintaan, sillä ne ovat tilavat ja avarat. Työskentelyyn soveltuvaa pinta-alaa on nykyisin noin 850 neliometriä. Lähettämön nykyisissä tiloissa on myös pakkaustoimintaan soveltuva siltanosturi, jonka nostokapasiteetti on 2 x 2000 kilogrammaa eli nosturissa on kaksi nostokoukkuja, jotka molemmat pystyvät nostamaan 2000 kg:n kuorman. Nosturi on optimaalinen pakkaustoimintaan, koska se on keveärakenteinen ja siksi soveltuu kevyihin nostoihin, joita pakkaustoiminta sisältää. Lisäksi se kulkee riittävän korkealla,

jotta pakattavan murskauslaitoksen päällä on turvallista toimia samanaikaisesti, kun tavarointa nostetaan laitoksen päälle. Nosturissa on pienet ja keveät nostokoukut, joiden avulla on helppo nostella pieniä tavaroita sekä kannatella erilaisia tasoja.

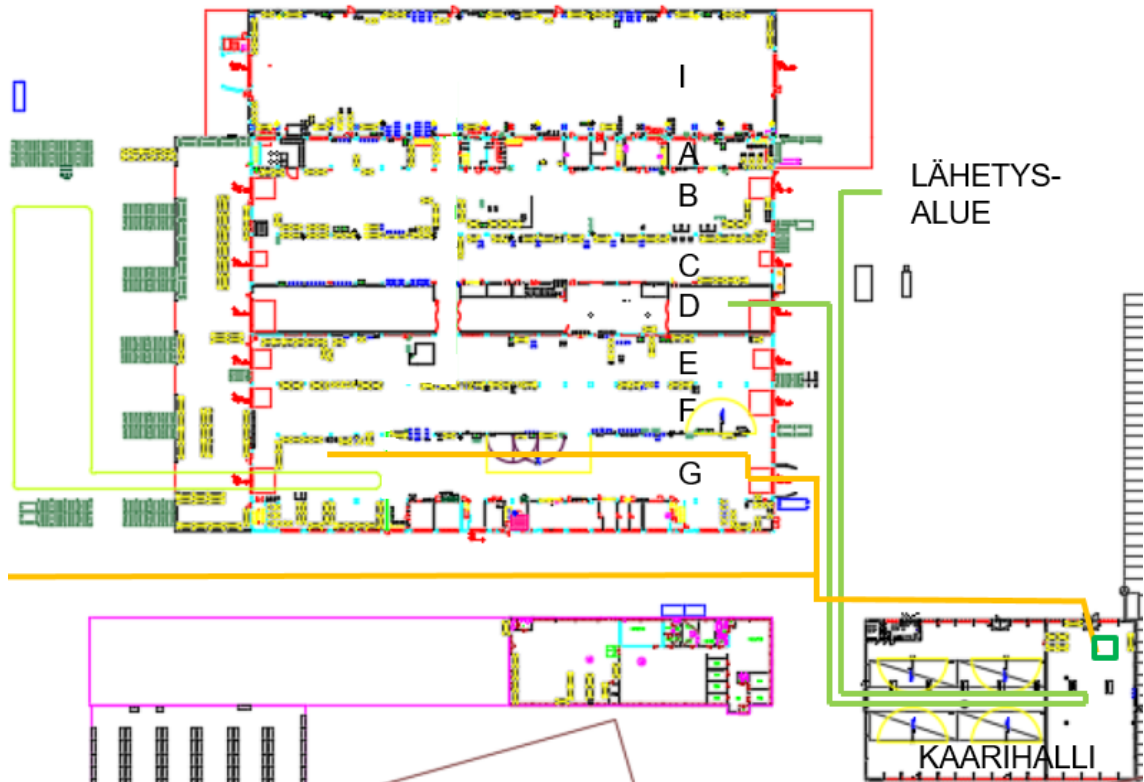


Kuva 2. Vanhan lähettämön layout. (Liite A)

Layout-muutos ei siis johdu nykyisen layoutin huonoudesta, vaan aiemmin kuvatusta organisaatiomuutoksesta. Koekäytön on suunniteltu laajentuvan koko Kaarihalliin, jolloin lähettämön on siirryttävä. Toisin kuin koekäyttö, lähettämö ei ole muodostumassa pulonkaulaksi organisaatiomuutoksen myötä. Lähettämön sijainti ei kuitenkaan ole optimaalisin tuotannon tehostamisen kannalta, joten sijainti pyritään määrittämään siten, että turhaa liikkumista tulisi mahdollisimman vähän. Lähettämön uuden sijainnin avulla vastataan kasvaneeseen tuotantoon. Valmistettavat murskauslaitokset ovat tela-alustaisia, joten niitä on helppo liikutella telojen avulla. Laitokset liikkuvat kuitenkin kohtalaisen hitaasti ja pitkiin matkoihin kuluu huomattava määrä aikaa. Lisäksi ne ovat suuria ja vaativat kääntymiseen paljon tilaa, ja kun tontilla on paljon myös muuta liikennettä, aiheutuu turhasta edestakaisesta liikuttelusta ruuhkaa.

Murskauslaitosten mukana asiakkaalle lähtee suuri määrä erilaisia komponentteja, jotka vaihtelevat eri laitosten välillä. Näiden komponenttien pakkaaminen laitoksen mukaan tehdään lähettämössä. Osa pakattavista komponenteista liikkuu laitoksen mukana G-hallin (Kuva 3) linjakokoonpanoa pitkin, ja laitoksen valmistuttua kokoonpanosta nämä kuljetetaan lähettämöön. Lisäksi komponentteja tulee lähettämöön yrityksen päävarastoalueelta, joka sijaitsee tehtaan ulkopuolella kilometrien päässä. Materiaalivirrat ovat pitkiä ja ne sisältävät paljon kuljettelua ulkona. Lähettämön pakkaustoiminta on tilaus-toimintusprosessin viimeinen osa ennen asiakkaalle lähettämistä, joten on tärkeää, että tuotteet ovat siistejä ja hyväkuntoisia, kun ne lähtevät lähettämöstä asiakkaalle. Suomen vaihtelevien sääolosuhteiden vuoksi laitosten sekä pakattavan materiaalin liikuttelua ulkona tulisi välttää mahdollisuuksien mukaan. Etenkin talvisin laitokset keräävät suuren määrän

lunta teloihin ja päällensä, jolloin sisälle tullessaan lumi sulaa vedeksi. Hallissa ei ole kaivoja, joten sisälle tullut hiekka ja vesi muuttuvat kuraksi, joka likaa laitoksia, kun niiden päälle kiipeillään. Murskauslaitosten asiakaskatselmukset suoritetaan lähettämössä, joten sen tulee olla siistissä kunnossa, jotta asiakkaat saavat hyvän kuvan yrityksen toiminnasta. Nykyiset materiaalivirrat ovat kuvattu kuvassa 3. Kuvassa vihreällä on esitetty koneiden kulkureitit ja keltaisella materiaalivirrat linjalta sekä tehdasalueen ulkopuolelta. Maalaamo sijaitsee D-hallissa.



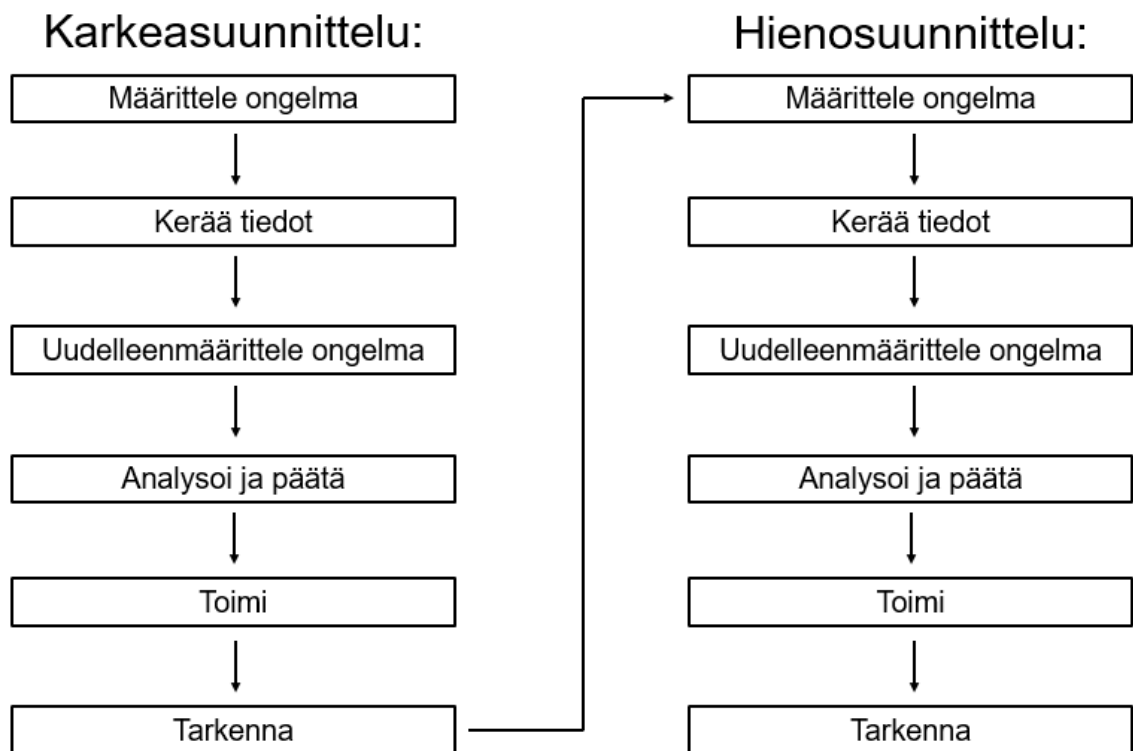
Kuva 3. Materiaalivirrat ennen layout-muutosta

Kuten kuvasta 3 nähdään, laitokset sekä pakattavat materiaalit kulkevat hyvin paljon ulkona. Laitokset tuodaan lähettämöön koekäyttöalueen läpi, mikä lisää kuljetusaikaa sekä voi aiheuttaa vaarallisia tilanteita. Koekäytössä laitteita testataan monella tavalla. Yksi testattava kohde on laitosten telat. Tela-ajot vievät paljon aikaan ja ne suoritetaan lähettämöön vievällä käytävällä. Lähettämöön saapuva laitos joutuu siis odottamaan turhaan, jos tela-ajot ovat kesken.

Linjakokoonpano siirtyy kuvassa 3 näkyvästä F-hallista G-halliin, jolloin F-halli hyödynnetään toiseen käyttöön. F-halliin suunnitellaan uusi moottoreiden kokoonpanolinja, joka toimii nykyisin C-hallissa. Uusi lähettämö suunnitellaan nykyisen moottoreiden kokoonpanolinjan tiloihin C-halliin, jolloin se on samassa rakennuksessa kuin linjakokoonpano. Samalla lähettämö siirtyy Kaarihallista, prosessiketjussa sitä edeltävän, maalaamon viereen, joka toimii siis D-hallissa.

4.2 Karkeasuunnittelu

Tässä kappaleessa kuvataan suunnittelun alkuvaiheita, jolloin suunnittelua tehtiin karkealla tasolla Mutherin (1955, s. 153) ohjeiden mukaisesti. Kuvassa 4 on kuvattu layout-suunnittelun eteneminen yrityksessä. Karkeasuunnittelun lähtökohtana oli tieto lähettämön silloisesta sekä tulevasta tilasta. Suunnittelun kannalta ongelmallisia asioita olivat uuden tilan koko ja muoto. Silloiset lähettämön käytössä olleet tilat olivat pinta-alaltaan noin 850 m², kun taas uudet tilat, johon uusi lähettämö suunniteltiin, olivat vain noin 600 m². Lisäksi silloinen tila oli enemmän neliötä muistuttavan suorakulmion muotoinen, kun taas uusi tila oli kapea ja pitkä, mikä tarkoitti, että uudessa tilassa ei voitaisi pakata kahta laitosta vierekkäin, niinkuin ennen (Kuva 2). Layout-suunnittelun tehävänä oli siis suunnitella layout, jolla uudessa tilassa pystyttäisiin suoriutumaan pakkaustehtävistä yhtä hyvin kuin silloisessa lähettämössä. Ongelmana oli siis saada yhtä toimiva ratkaisu hankalammalle muotoiselle ja huomattavasti pienemmälle tilalle.



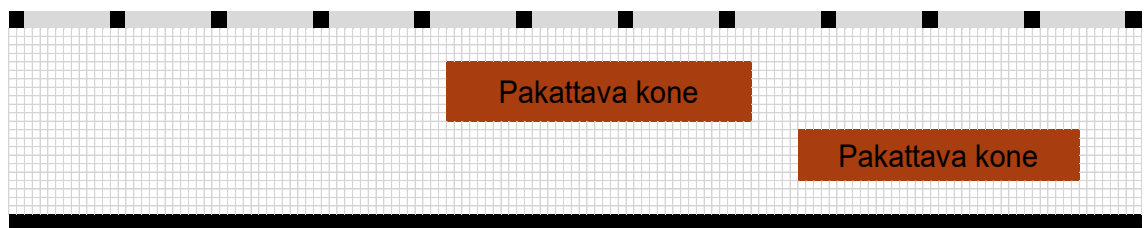
Kuva 4. Käytännön layout-suunnittelun rakenne, mukailen lähdettä (Muther 1955, s. 153)

Aluksi oli hyvä tutustua tarkemmin silloisen lähettämön tiloihin ja työtehtäviin sekä tuotteisiin, joita lähettämössä työstiin. Tietoja kerättiin tutustumalla lähettämön resursseihin sekä haastatteleamalla lähettämön työntekijöitä. Lähettämön työntekijät olivat työn ohessa miettineet alustavaa sommittelua uuteen tilaan. Näiden tietojen perusteella voitiin kartoittaa karkealla tasolla, mitä tarpeita uudelle lähettämölle oli asetettava. Tietojen perusteella pystyttiin tarkentamaan ongelmaa. Lisäksi tutustuminen tulevaan tilaan

selvensi ongelmaa entisestään. Uusi tila oli huomattavasti matalampi kuin silloinen lähettämö, mikä voisi olla ongelma pakkaustyönteolle.

Ongelman selkeytymisen jälkeen, voitiin aloittaa layoutin hahmottelu. Uuden tilan huolellinen mittaaminen oli tärkeää tilan kriittisen ulkomuodon ja koon vuoksi. Lähettämössä pakattavien laitosten koko vaihtelee huomattavasti eri mallien välillä. Tuotanto pyritään suunnittelemaan mahdollisuuksien mukaan kuitenkin siten, että suurimpia laitoksia ei aseteta linjakokoonpanon työjonoon peräkkäin, niiden pitkien kokoonpanoaikojen vuoksi. Lähettämö oli kuitenkin suunniteltava niin, että siellä voitaisiin pakata kaksi suurimman mallin laitosta yhtäaikaisesti, sillä lähetysjärjestys ei ole välttämättä sama kuin kokoonpanojärjestys. Haastetta suunnitteluun lisäsi se, että joissakin kivenmurkauslaitoksissa on sivukuljetin, jolla erotellaan jollain tietyllä ominaisuudella muusta murskeesta eroavaa kivimursketta. Pakkausvaiheessa sivukuljetin täytyy avata, jolloin se vaatii huomattavan tilan kohtisuoraan koneen pituuteen nähden. Pitkä ja kapea tila täytyi siis suunnitella siten, että sivukuljettimen omaaville koneille on mahdollisimman suuri poikittainen tila.

Layoutin suunnittelu alkoi pakattavien laitosten paikkojen määrityksellä. Ne mahtuisivat tilaan vierekkäin ulkomittojensa puolesta, mutta laitokset vaativat joka suuntaan ympärilleen noin kahden metrin työskentelytilan, jotta ne voidaan pakata. Laitokset ovat siis mahdollista ajaa toistensa ohi tilassa, jos tilassa oleva toinen pakattava laitos on niin lähellä seinää kuin mahdollista. Alustavasti laitokset asetettiin karkeassa suunnitelmassa lomittain siten, että ne eivät olleet lainkaan vierekkäin eivätkä peräkkäin (Kuva 5). Näin laitojen ympärille saatiin jäämään noin kahden metrin tila työskentelyä varten. Pakattavista koneista pienemmän paikka asetettiin lähemmäksi nosto-ovea, josta laitokset ajettaisiin sisään lähettämöön. Suuremmat laitokset, jotka mahdollisesti sisältävät aukeavan sivukuljettimen, asetettiin syvemmälle tilaan siten, että sivukuljettimen mahtuisi avamaan niin paljon kuin mahdollista.



Kuva 5. Murskauslaitosten asettelu uudessa lähettämössä

Murskauslaitosten virtaukset suunniteltiin alustavasti siten, että laitokset ajettaisiin sisään tilan eteläpäädyn nosto-ovesta, joka sijaitsee kuvan 5 oikeassa laidassa. Materiaalivirrat suunniteltiin karkeasti siten, että sekä linjalta, että ulkopuolelta tulevat materiaalit saataisiin kulkemaan sisäkautta. Jos materiaalit tuotaisiin ulkokautta, niitä ei mahduttaisi kuljettamaan isolla trukilla laitojen ohi, jos sillä hetkelle tilassa olisi kaksi pakattavaa lai-

tosta. Tällöin materiaalia kasaantuisi eteläpäädyn nosto-oven eteen, jolloin valmiita laitoksia ei kyettäisi ajamaan ulos tilasta. Tästä aiheutuisi huomattava määrä ylimääräistä liikettä, kun materiaalia liikuteltaisiin edestakaisin. Lisäksi materiaalien liikuttelua ulkona tulisi välttää, jotta ne säilyisivät säältä suojassa, ja tilat pysyisivät siistimmässä kunnossa.

Karkeasuunnitelmaan määriteltiin alustavat materiaalivirrat ja paikat toiminnan kannalta oleellisimmille resursseille. Lisäksi suunniteltiin alustavat kulkureitit ympäröiviin tiloihin. Kulkureittejä suunniteltaessa täytyi ottaa huomioon myös kulku ulkoa sisään. Nosto-ovesta, josta laitokset tuotaisiin lähettämöön, ei saisi kulkea jalan. Nosto-oven viereen olisi puhkaistava henkilökulkuovi jalankulkua varten, jotta kulku saataisiin joustavaksi. Samalla vähennettäisiin poikittaista liikettä tiloissa, mikä parantaisi turvallisuutta sekä tehokkuutta.

Suunnittelut selkeytettiin suunnitelmaksi. Tärkeää oli myös saada lähettämön työntekijöiden mielipiteet sen hetkisestä suunnitelmasta. Työntekijöiden näkemykset huomioon ottaen tarkastettiin, että karkeasuunnitelma vastaa sille määritettyyn tehtävään. Karkeasuunnitelma esiteltiin monelle ylemmän tason sidoshenkilölle, joilta haettiin eri tahojen näkemyksiä suunnitteluun.

4.3 Hienosuunnittelu

Kun karkeasuunnitelma oli valmis, siirryttiin hiensuunnitteluun. Aluksi tarkennettiin kaikki uuteen lähettämöön vaadittavat resurssit. Ongelmaksi muodostui, kuinka kaikki tarvittavat resurssit saataisiin mahtumaan huomattavasti pienempään tilaan. Tietoja uudesta tilasta tarkennettiin haastattelemalla useita tilan entiseen käyttöön liittyviä sidosryhmiä, sekä tutkimalla aluetta ja sen tarjoamia mahdollisuuksia.

Tilan ongelmallisen muodon lisäksi selvisi kaksi merkittävää ongelmaa, jotka vaatisivat merkittäviä rakennusteknisiä investointeja. Tilassa käytössä ollut siltanosturi olisi liian matala pakkaustoimintaan, ja tilan lattia ei kestäisi tela-alustaisten murskauslaitosten edestakaista liikuttelua. Jotta lähettämö voitaisiin muuttaa uuteen tilaan, oli näille seikoille suunniteltava ratkaisu.

Uudessa tilassa oleva siltanosturi oli kapasiteetiltaan 6300 kg, kun taas silloisen pakkaamon nosturi oli 2 x 2000 kg. Koska 2000 kg:n kapasiteetti olisi riittävä pakkaustoimintaan, oli uusi nosturi turhan järeä. Nosturin nostokoukku oli huomattavasti suurempi ja epäkäytännöllisempi, kuin vanha. Suurin ongelma oli kuitenkin, että uuden nosturin vapaa korkeus oli vain 4,80 m, vanhan ollessa 5,50 m. Tämä tarkoitti, että kun konien päällä toimittaisiin, jäisi työskentelytilaa pystysuunnassa vain 1,40 m, mikä olisi merkittävä turvallisuus riski. Lisäksi nostokorkeutta ei olisi tarpeeksi, jotta korkeimmat nostot voitaisiin tehdä sääntöjen mukaisesti niin, ettei nostoliinon välille syntyisi liian suurta kulmaa.

Lattia oli ongelmallinen monella tapaa. Nosto-ovesta puoleen väliin uutta tilaa oli koko hallin ainoa kohta, josta alkuperäistä lattiaa ei oltu uusittu. Loppuosasta itse lattia oli uusittu ja kelpasi siis toimintaan. Uuden tilan lattia oli kuitenkin kokonaisuudessaan päällystetty epoksinnoitteella, joka ei kestäisi kymmenien tuhansien kilojen painoisten teiloilla liikkuvien laitteiden edestakaista ajelua ja kääntelyä. Lisäksi uusimattomasta lattiasta ei tiedetty varmuudella, että kestäisikö epoksinnoitteen alla oleva lattia itsessäänkään jatkuvaa laitosten liikuttelua. Uusimaton lattia oli myös hyvin epätasainen ja muhkurainen, joten siinä työskentely, varsinkin tikkailla, olisi epämiellyttävää ja vaarallista. Näiden lisäksi lattia oli väriltään musta, mikä vaikeuttaisi öljyvuotojen havaitsemista lattialta. Tilassa ei myöskään ollut lattiakaivoja, mikä olisi ongelma varsinkin talvisin, kun laitokset tuovat suuren määrän lunta sisälle.

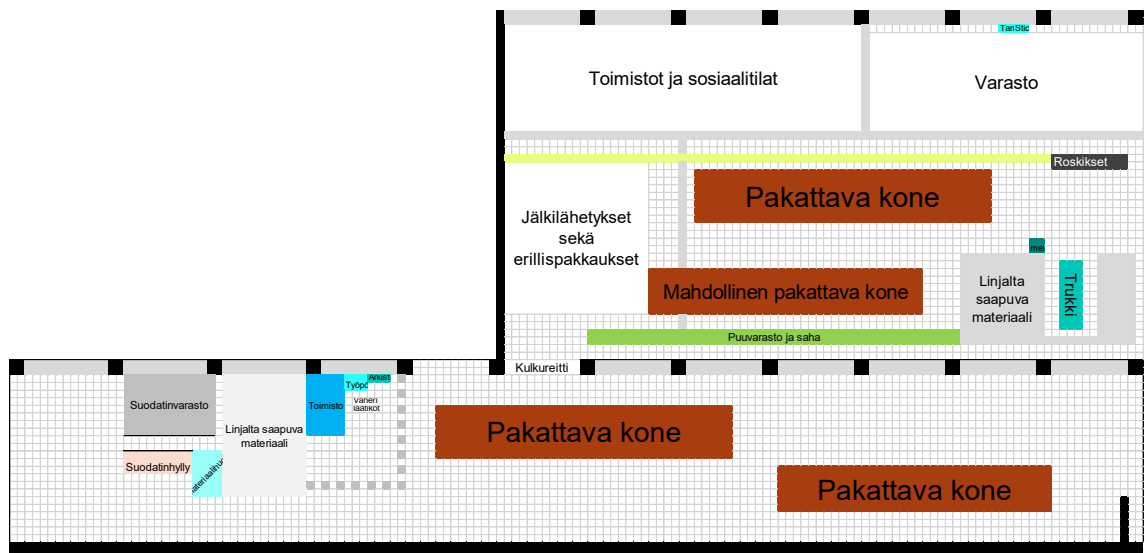
Lisää tietoa tarvittiin uudessa tilassa olevista sähköistä, mahdollisista öljyverkoista sekä paineilmoista. Sähkönsaanti uudessa lähettämössä olisi kriittistä vain sinne sijoitetun toimistokopin sekä trukin latauksen kannalta. Tilassa oli valmiiksi moottoreiden kokoonpanolinjan jäljiltä reilusti mahdollisuuksia sähköä tarvitseville osille, joten uusia sähköjä ei tarvitsisi asentaa. Trukin latauspiste sijoitettiin layoutissa lähelle oviaukkoa ja toimistokoppi toiseen päähän tilaa, vastakkaiselle puolelle.

Lähtämön tehtäviin kuuluu myös pakattavien laitosten nesteiden tarkistus. Tarkastettavia nesteitä ovat moottoriöljy, hydraulioöljy ja jäähdytinneste. Jotakin nesteistä joudutaan poikkeuksetta lisäämään vielä pakkausvaiheessa, joten lähettämössä täytyy olla nesteiden täyttömahdollisuus. Metso toimittaa murskauslaitoksia ympäri maailmaa, joten niiden lopulliset käyttöolosuhteet vaihtelevat merkittävästi. Tästä syystä hydraulioöljyä on kolmea eri laatua: standardia, kylmää ja kuumaa. Valinta öljyjen välillä riippuu asiakkaan maantieteellisestä sijainnista. Uudessa tilassa oli valmiina katossa letkuja pitkin kulkeva nesteverkko, josta olisi mahdollista tankata moottoriöljyä, jäähdytinnestettä sekä standardilaatuista hydraulioöljyä. Verkosta tulevat letkut sijaitsivat hyvässä kohdassa, noin puolessa välissä pakkaukseen varattua tilaa niin, että niistä pystyisi tankkaamaan molempia pakattavia laitoksia ilman, että niitä tarvitsisi siirtää. Uusi lähettämö tarvitsisi kuitenkin myös kuumaa ja kylmää laadun hydraulioöljyä, ja letkut tarvitsisivat alleen valuma-altaan. Asia ratkaistiin siten, että kuuma ja kylmä hydraulioöljy varastoitaisiin tilavuudeltaan kuutiometrin astioihin, jotka sijoitettaisiin valuma-altaan päälle. Jotta samaa valuma-altaasta voitaisiin käyttää myös verkosta tuleville nesteissä, sijoitettiin koko systeemi verkon ulostuoletkujen allapuolelle.

Murskauslaitosten mukaan pakataan lähettämössä paljon erikokoista tavaraa. Osa tavaroista pakataan vanerilaatikoihin, jotka kootaan lähettämössä. Lisäksi suurempien pakattavien osien, kuten tikkaiden, pakkaamista täytyy tukea erilaisilla puukehikoilla. Näiden valmistamiseen käytetään naulapyssyä, joka tarvitsee paineilmaa toimiakseen. Lisäksi paineilmaa tarvittaisiin työkalujen käyttöön molempien pakattavien laitosten yhteydessä, sillä lähettämössä joudutaan usein tekemään pieneitä asennuksia. Uudessa tilassa paineilmakeleja oli moottoreiden kokoonpanoa varten muutaman metrin välein. Moottoreiden

kokoonpanon muuttaessa osa keloista suunniteltiin vietäviksi uudelle linjalle. Koska läheittämissä kuitenkin tarvittaisiin paineilmaa, vanhaan tilaan suunniteltiin jätettävän kolme kelaa, jotka olisivat vanerilaatikoiden kokoamispöydän yhteydessä sekä molempien pakkauspisteiden kohdalla.

Linjakokoonpanon lähettämön uusi sijainti tulisi olemaan paikkakokoonpanosta valmistuvien isojen murskauslaitosten lähettämön vieressä, jolloin viereisessä hallissa suoritetaan samaa pakkaustoimintaa. Layout-muutoksen yhteydessä on hyvä tilaisuus yhdistää joitakin resursseja lähettämöiden välillä. Suunnittelussa luovuttiin silloisessa lähettämössä olleesta puuvarastosta, ja isojen laitosten lähettämön puuvarasto suunniteltiin otettavaksi yhteiskäyttöön. Lisäksi pienempiä resursseja, kuten manuaalikaapit, yhdistettiin. Toiminnan selkeyttämiseksi, toiminnot lähettämöiden välillä suunniteltiin kuitenkin tässä vaiheessa erillisiksi kokonaisuuksiksi (Kuva 6). Uusi lähettämö suunniteltiin kuitenkin siten, että lähettämöiden toiminta olisi mahdollista yhdistää tulevaisuudessa yhdeksi lähettämöksi.



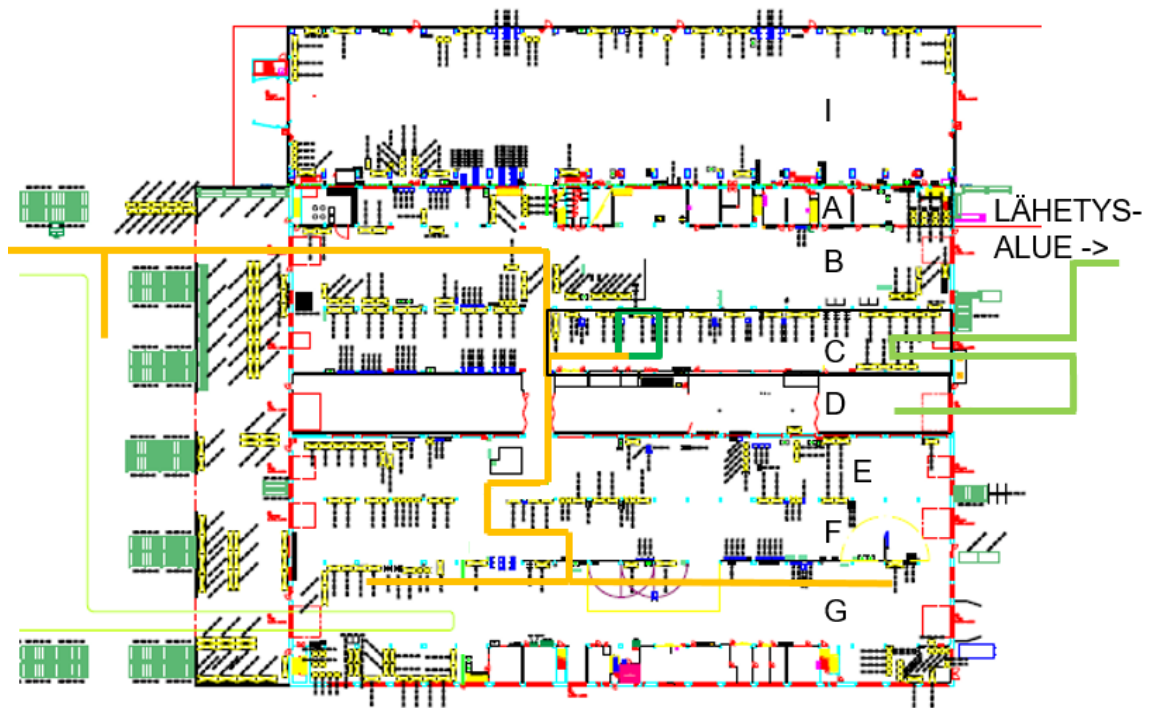
Kuva 6. Linja- ja paikkakokoonpanojen lähettämöt pelkistetty layout-suunnitelma (Liite C).

Layout-muutoksen yhteydessä oli tavoitteena parantaa myös lähettämön ja tehdasalueen ulkopuolella sijaitsevan päävaraston yhteistoimintaa. Lähettämössä pakattavien suodattimien varastointi oli ollut sekavaa viime vuosina. Silloisessa varastossa oli suhteellisen pienikokoinen suodatinvarasto, josta materiaalihuolto keräsi suodattimet pakkausta varten. Varastossa ei kuitenkaan ollut kaikkia suodatinnimikkeitä, vaan noin puolet nimikkeistä sijaitsivat ulkopuolisella varastolla. Tästä seurasi toisinaan paljonkin turhaa odottelua, kun pakkausta ei voitu suorittaa loppuun puuttuvien suodattimien vuoksi. Toimintaa oli selkeytettävä siten, että kaikki suodatinnimikkeet joko varastoitaisiin uuden lähettämön yhteyteen, tai kaikki suodatinnimikkeet olisivat päävarastolla, josta ne tulisivat yhdellä kerralla tarpeeseen. Näin voitaisiin karsia pois hukkaa, kun puuttuvia suodattimia ei

kuljettaisi yksi kerrallaan alueiden välillä. Silloisessa lähettämön suodatinvarastossa oli myös isojen laitosten suodattimia, joten kaikki suodatinnimikkeet päätettiin sijoittaa yhteen varastoon, joka suunniteltiin uuteen lähettämöön. Näin selkeytettiin sekä linja- että paikkakokoonpanojen lähettämöiden materiaalivirtoja.

4.3.1 Materiaalivirrat

Lähettämön uuden sijainnin ansiosta murskauslaitosten ajoaikaa saataisiin vähennettyä keskimäärin puolella tunnilla yhtä valmistettavaa murskauslaitosta kohti. Lisäksi turvallisuus sekä koekäytön tehokkuus paranisivat merkittävästi, kun lähettämöön ei tarvitsisi ajaa koekäyttöaluetta läpi. Pakattavat laitokset myös pysyisivät puhtaampina ja hyväkuntoisempina, kun niitä ei liikuteltaisi niin pitkiä aikoja ulkona. Samalla selkeytettäisiin tontilla olevaa jatkuvaa trukki- ja rekkaliikennettä sekä laitosten muuta liikuttelua. Laitosten uusi kulkureitti on merkitty vihreällä kuvassa 7.



Kuva 7. Materiaalivirrat layout-muutoksen jälkeen.

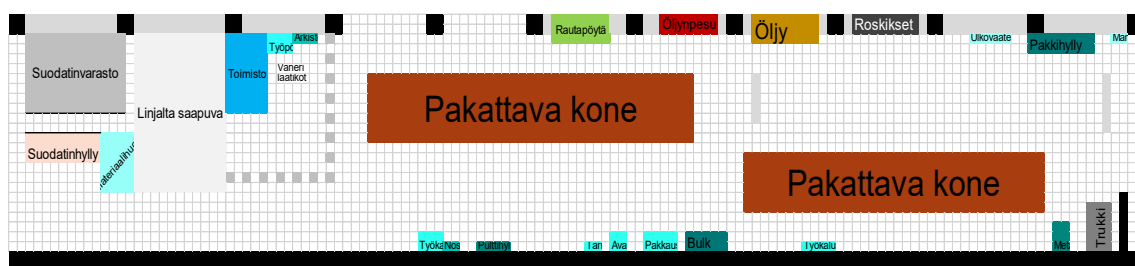
Uudet materiaalivirrat ovat merkitty keltaisella kuvaan 7. Tärkein huomioitava asia materiaalivirtoja suunniteltaessa oli, että materiaalit on saatava kulkemaan lähettämöön sisäkautta. Materiaalivirrat lähtevät sekä G-hallissa toimivalta linjakokoonpanolta, että ulkopuoliselta päävarastolta. Aluksi lähettämöön saapuville tavaroille määriteltiin selkeästi ruutu, joka näkyy tummanvihreällä kuvan 7 C-hallissa. Materiaalivirtojen suunnittelu aloitettiin linjalta saapuvasta tavarasta. Kuvan 7 linjakokoonpanoa katsottaessa vasemmalta oikealle, alkupäässä kootaan laitoksiin tulevat kuljettimet. Kuljettimien mukana vasemmalta oikealle kulkee niihin liittyvää materiaalia. Murskaulaitokset kulkevat va-

semmalta oikealle linjalla ja niiden mukana kulkee myös materiaalia, joka lähetetään laitoksen mukana asiakkaalle. Laitokset siirtyvät koekäyttöön G-hallin oikeasta päästä, mutta materiaalit täytyy saada kulkemaan eri kautta, jotta vältetään niiden kasautuminen uuden lähettämön alkupäähän. Linjalta tulevat materiaalivirrat suunniteltiin siten, että G-hallin puoliväliin suunniteltaisiin ruutu, johon koottaisiin laitoksen mukana siirtyvä materiaali. Tästä ruudusta materiaalihuolto kuljettaisi materiaalin yhtenäisenä pakettina lähettämöön, sille merkittyyn paikkaan. Linjalta saapuva materiaalivirta kulkee kuvan 7 keltaista viivaa pitkin, sisäkautta lähettämöön.

Myös tontin ulkopuolelta tulevat materiaalit oli suunniteltava kulkemaan sisäkautta lähettämöön. Paras vaihtoehto ulkopuolisille materiaalivirroille olisi tuoda ne sisälle rakennukseen B-hallin toisesta päästä. Näin materiaalit saataisiin suunniteltua kulkemaan suoraviivaisesti niille haluttuun paikkaan, ilman että pakkaustoiminta häiriytyisi. Etuna olisi myös se, että materiaali voitaisiin varastoida väliaikaisesti B-hallin vasemmassa päädyssä olevaan peltihalliin säältä suojaan.

4.3.2 Layout

Aiempien suunnitelmien ja tarkastelujen jälkeen selkeytettiin lopullinen suunnitelma kuvaksi. Lopullinen layout-suunnitelma on kuvassa 8. Kun selkeä rakenne layoutille oli suunniteltu ja päätökset toiminnan kannalta oleellisimpien osien sijoittelun kannalta tehty, oli jäljellä vanhassa lähettämössä olevien loppujen tavaroiden sijoittelu uuteen. Pienten osien, kuten työpöytien, varustekaappien ja roskisten paikat suunniteltiin yhdessä lähettämön työntekijöiden kanssa, jotta lähettämöstä saadaan mielekäs paikka työskennellä. Työntekijät tuntevat käytännön työtehtävät parhaiten, joten he tietävät, mitä tarvikkeita tarvitaan missäkin. Sijoittelu oli viisainta suunnitella siten, että ylimääräinen liikkuminen saataisiin minimoitua, jotta työnteko helpottuu.



Kuva 8. Uuden lähettämön layout. (Liite B)

Tilan ongelmallisen muodon sekä vähäisen lattiapinta-alan vuoksi, layoutin fyysiset osat sijoiteltiin tilan laidoille. Koska poikittaissuuntainen tila täytyy saada mahdollisimman suureksi, ei koneiden ja hallin reunojen väliin asetettu leveitä tavaroita. Sijoittelussa täytyi myös huomioida tarkasti hallin reunoilla olevat sähkö- ja vesipisteet. Kuvan 8 yläreunassa näkyvät mustat neliöt kuvaavat hallin tolppia. Jotta tilat saatiin mahdollisimman

tehokkaasti käytettyä, asetettiin osat mahdollisuuksien mukaan tolppien väliin. Kulkureitit B-hallin isojen laitosten lähettämöön suunniteltiin kulkemaan noin tilan puolivälistä, josta olisi suora pääsy yhteiskäytössä olevaan puuvarastoon.

4.3.3 Tilan rakentamisen aikataulutukset sekä hankinnat

Merkittävänä osana työtä oli layout-suunnittelun lisäksi tehdä työsuunnitelma lähettämön muutolle. Tiedossa oli, että moottoreiden kokoonpanolinjan oli suunniteltu muuttavan C-hallista uusiin tiloihin viikkoon 10 mennessä. Lähettämön muutto voitiin siis suunnitella aloitettavaksi silloisien tietojen perusteella viikolla 11. Muuton aikatauluun merkittävästi vaikuttivat rakennustekniset investoinnit, jotka määrittelisivät pitkälti aikataulun. Investointeja oli lattian uusiminen, uusi siltanosturi ja henkilökulkuovi.

Lattian uusimisasiaa selvitettiin kunnossapidon kanssa. Oli selvää, että sellaisenaan lattia ei kestäisi edestakaista teloilla ajelua, joten jonkinlainen ratkaisu lattialle oli tehtävä. Jotta lisänäyttöä lattian huonosta toimivuudesta saatiin, käytiin uuden tilan lattiaa koeajamassa yhdellä murskauslaitoksella. Koeajo antoi tarpeeksi näyttöä siitä, että lattia oli uusittava. Kuvassa 9 näkyy, kuinka lattian pinnoite kuoriutuu ja lattia pinnoitteen alla vaurioituu. Lisäksi kuvassa näkyy kuinka laitos tuo teloissaan lunta sisälle.



Kuva 9. Uuden tilan lattian kestävyyskokeilu

Lattia katselmoitiin myös rakennusurakoitsijan kanssa, ja päädyttiin kahteen eri vaihtoehtoon. Ensimmäinen ja halvempi ratkaisu olisi ollut se, että koko lattia hiottaisiin ja oikaistaisiin suoraksi. Tämä ratkaisu olisi ollut huomattavasti halvempi, mutta se ei olisi poistanut täysin lattian epätasaisuutta eikä sulamisvesiongelmia. Lattia olisi myöskin jäänyt mustaksi, jolloin öljyvuotoja olisi vaikea havaita lattiasta. Suurin haitta ensimmäisessä ratkaisussa oli kuitenkin se, että takuita epoksinnoitteen alla olevan lattian kestosta ei ollut, jolloin tuotanto voisi keskeytyä, kun lattialle jouduttaisiin myöhemmin tekemään kokonaisvaltainen remonti.

Toinen vaihtoehto lattian uusimiseksi oli lattian toisen puolen täysivaltainen uusiminen. Tämä vaihtoehto olisi huomattavasti kalliimpi. Nosto-oven päädyistä puoleen väliin oleva vanha lattia uusittaisiin kokonaan ja loppuosasta kuorittaisiin pois epoksinnoite. Vanhaan osaan tehtäisiin uusi lattia lattiakaivoineen, jotka yhdistettäisiin vieressä olevan maalaamon lattiakaivoon. Samalla rakennettaisiin optiopotki myös viereisen tilan isojen laitosten lähettämön puolelle, jolloin uuden lähettämön toiminta ei keskeytyisi, jos tulevaisuudessa lattiakaivot haluttaisiin myös isojen puolelle. Tämän vaihtoehdon myötä turvallisuus lähettämössä paranisi, koska tasaisella lattialla on turvallisempi työskennellä tikapuilla. Lisäksi lattia ei tulvisi sulamisvedestä, koska tämä vaihtoehto mahdollistaisi lattiakaivot. Tämän vaihtoehdon myötä työturvallisuus sekä työssä viihtyvyys paransivat, pakattavat laitokset pysyisivät siistimmässä kunnossa ja työskentelyalueella olisi parempi visuaalinen ilme asiakkaiden silmissä. Suurin hyöty tästä vaihtoehdosta oli kuitenkin se, että riskiä lattian hajoamisesta ei olisi. Näiden seikkojen perusteella päätettiin unohtaa ensimmäinen vaihtoehto ja suunnitella muutto lattian kokonaisvaltaisen uusimisen kanssa.

Siltanosturin uusimista selvitettiin kunnossapidon sekä alueella toimivan nostotyökaluja huoltavan alihankkijan kanssa. Vaihtoehtoina oli, että joko silloisen lähettämön siltanosturi muokattaisiin uuteen tilaan sopivaksi tai sitten hankittaisiin kokonaan uusi nosturi. Nosturin täytyisi olla korkein mahdollinen, joka uuteen tilaan olisi mahdollista asentaa, ja sillä täytyisi pystyä nostamaan tavaraa koko tilan leveydeltä. Lisäksi nosturin olisi hyvä olla mahdollisimman kevytrakenteinen. Siltanostureiden muokkaus uusiin mittoihin ei olisi kannattava ratkaisu, koska sille olisi helposti kertynyt hintaa uudeen nosturin verran. Lisäksi nosturia ei kannattaisi poistaa silloisesta lähettämön tilasta, koska tila otettaisiin hyötykäyttöön ja siellä olisi mahdollisesti tarvetta siltanosturille.

Suunnittelussa päädyttiin uuden siltanosturin hankkimiseen. Uusi nosturi suunniteltiin siten, että se kulkisi C-hallin nykyisillä kiskoilla, jolloin säästyttäisiin uusien kiskojen rakentamiselta. Siltanosturin silta suunniteltiin korotettavaksi korotuspalkeilla siten, että koko hallin korkeus saataisiin hyödynnettyä. Nostokapasiteetiksi uudelle nosturille määriteltiin 2000 kg, sen alhaisen tarpeen mukaan. Lisäksi tarpeen tullen voitaisiin käyttää C-hallissa olevia raskaampia siltanostureita, kun uusi nosturi ajettaisiin hallin pätyyn pois toisten tieltä.

Viimeinen rakennustekninen hankinta oli henkilökulkuovi, jolla mahdollistettaisiin työntekijöiden joustava kulku tilaan. Turvallisuussyistä nosto-ovista ei saa kulkea kävelen, joten kulkuovi kävelyä varten oli suunniteltava nosto-oven viereen. Kun layout-suunnitelma oli valmis ja kaikki tarvittavat hankinnat olivat tiedossa, voitiin hankintojen hinnat ja aikataulut määrittää alihankkijoiden kautta. Näiden tietojen perusteella laadittiin Gantt-kaavio selkeyttämään aikataulua. Gantt-kaavio on Mutherin (1955, s. 271) mukaan hyvä työkalu selkeyttämään suunnitelmia. Aikataulu on alla olevassa kuvassa 10.

vko nro.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Uuden tilan tyhjennys ja siivous										
Henkilökulkuovi ja kulkureitit										
Lattian uusiminen										
Nostotyökalun uusiminen										
Tilan rakentaminen (kaapit, hyllyt, toimisto)										
Tilan viimeistely										
Pakkaustoiminnan aloittaminen uusissa tiloissa										

Kuva 10. Gantt-kaavio muuton aikataulusta.

Tiedossa oli, että lattian uusiminen voitaisiin aloittaa 5 viikkoa tilauksesta ja se kestäisi 3 viikkoa, kun lattia uusittaisiin. Lattia olisi uusittava ennen kuin tilaa voitaisiin alkaa rakentamaan layoutin mukaiseksi. Henkilökulkuovi, jonka toimitusaika oli myös 5 viikkoa, voitaisiin kuitenkin puhkaista seinään samaan aikaan, kun lattiaremonttia toteutettaisiin. Lattian uusimisen jälkeen tila rakennettaisiin mahdollisimman lyhyessä ajassa ja yhtäjaksoisesti, jotta pakkaustoiminta pysähtyisi mahdollisimman lyhyeksi ajaksi. Tämän jälkeen pakkaustoiminta jatkuisi kokonaisuudessaan uudessa tilassa ja vanha tila voitaisiin ottaa uuteen käyttöön. Uuden siltanosturin toimitusajaksi ilmoitettiin 8-12 viikkoa tilauksesta, joten pakkaustoiminta aloitettaisiin ilman uutta nosturia. C-hallin vanhalla nosturilla olisi mahdollista työskennellä väliaikaisesti sen aikaa, kun uutta nosturia odotettaisiin. Ja koska uusi nosturi asennettaisiin vanhoille kiskoille, ei sen asentaminen keskeyttäisi juurikaan pakkaustoimintaa.

5. JATKOTOIMENPITEET

Jatkotoimenpiteinä layout-muutokselle on yrityksen sisältä määriteltävä henkilöstö, joka suorittaa muuttoa, ulkopuolisen toteuttaja lisäksi. On myös määriteltävä henkilö, joka organisoii muuton kulkua. Muutto on tärkeää suorittaa siten, että pakkaustoiminta pysähtyy mahdollisimman lyhyeksi aikaa. Pakkaustoimintaa on siis voitava suorittaa joko uudessa tai vanhassa lähettämössä, eli muutto on suoritettava riipeästi yhtenä kokonaisuutena. Ehdotuksena on, että muutto suoritetaan, kun lähettämössä tiedetään olevan muutama hiljaisempi päivä pakkauksen osalta. Mahdollisesti muutto voidaan myös suorittaa viikonloppuna ylitöinä, jos pakkaustarve on jatkuvasti suuri uuden tilan lattian valmistumisajan kohtana.

Jotta muutto onnistuu riipeästi ja ilman suurempia ongelmia, on tuleva layout oltava kaikkien muuttoa suorittavien henkilöiden tiedossa. Mikäli C-halliin jää jotakin tavaraa, kuten esimerkiksi tyhjiä hyllyjä, moottoreiden kokoonpanolinjan siirtyessä, on ne siivottava pikaisesti pois, jotta lattiaremontti saadaan käyntii mahdollisimman nopeasti. On tärkeää, että lattiatyöt saadaan käyntiin ennen kesää, jolloin urakoitsijoilla on aikataulut täynnä. Kun lattiaremontti on saatu päätökseen, on tyhjään tilaan hyvä tutustua tarkemmin koko muuttohenkilöstön kanssa. Lisäksi uuteen tilaan merkitään selkeästi, mitä kuuluu mihinkään. Samat merkinnät tehdään myös siirrettäviin tavaroihin. Koska suurinosa lähettämön fyysisistä osista on kuitenkin helposti liikuteltavia, ei lopullisia lattiamerkintöjä tehdä kaikille osille ennen muuttoa. Näin liikuteltavien osien järjestystä voidaan muokata vielä lopulliseen muotoon, jos jokin ratkaisu ei tunnu työntekijöiden mielestä toimivalta ja työskenneltäessä huomataan parempi ratkaisu. Kun pienet yksityiskohdat koetaan toimiviksi, merkataan osien paikat lopullisesti.

Lähettämön työntekijät ovat omaksuneet 5s:n osaksi heidän jokapäiväistä työtä nykyisessä lähettämössä. Tämä tulee pitää osana toimintaa myös muuton jälkeen eli paikat tulee pitää siistinä ja järjestyksessä. Vain näin pystytään takamaan korkea ja yhtenäinen laatu sekä tehokas työskentely myös jatkossa.

Kun linjakokoonpanon lähettämö siirretään paikkakokoonpanon lähettämön viereen, on mietittävä lähettämöiden yhdistämistä yhdeksi kokonaisuudeksi. Vaikka uusi lähettämö suunniteltiin vielä erilliseksi kokonaisuudeksi, suunnittelun yhteydessä otettiin huomioon lähettämöiden mahdollinen yhdistyminen tulevaisuudessa. Lähettämöiden työntekijäkapasiteettia voidaan joustavasti vaihdella lähettämöiden välillä, kun ne sijaitsevat vierekkäisissä halleissa. Myös muita resursseja voidaan jakaa. Ehdotuksena on, että lähettämöt mahdollisesti yhdistettäisiin kokonaan yhden osaston alaisuuteen, kun muutto on saatu suoritettua ja toiminta normalisoitua. Näin murskauslaitosten pakkausta voitaisiin jatkossa jakaa tasaisemmin lähettämöiden välillä, jolloin vältetään tilanteet, joissa toinen lähettämö on tyhjillään ja toisessa on jonoa.

6. YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli suunnitella Metso Minerals Oy:n linjakokoonpanosta valmistuvien tela-alustaisten kivenmurskauslaitosten lähettämölle uusi layout sekä työsuunnitelma, jonka mukaan layout-muutos käytännössä toteutetaan. Työssä esiteltiin layout-suunnittelun teoriaa, johon suunnittelutyön soveltava osuus nojasi vahvasti. Lisäksi teoriaa esiteltiin lean-filosofiasta, joka on osa Metson toimintatapaa ja vahvasti vaikuttamassa myös tämän layout-muutoksen suunnitteluun. Layout-suunnittelun myötä tuotannon koko loppupään toimintaa kehitettiin merkittävästi vastaamaan lean-toimintamallin periaatteita.

Työssä suunniteltiin uudelleen jo olemassa olevan osaston layout uusiin tiloihin organisaatiomuutoksen johdosta. Tila, johon layout suunniteltiin, oli päätetty etukäteen, joten lähtökohdat suunnittelulle olivat tiedossa. Suurin ratkaistava ongelma työssä oli uuden tilan vähäinen pinta-ala sekä ongelmallinen muoto verrattuna vanhaan tilaan. Lisäksi uudessa tilassa ei suunnittelun alkuhetkellä ollut rakenteellisia mahdollisuuksia suorittaa lähettämön työtehtäviä. Työssä suunniteltiin ratkaisut näihin puutteisiin, sekä aikataulutettiin ja suunniteltiin layout-muutoksen toteutus.

Työn tuloksena saatiin selkeä ja yksityiskohtainen layout-suunnitelma uuteen tilaan sijoitetusta lähettämöstä. Layout-muutoksella saatiin käytössä olevat tilat tehokkaammin käyttöön. Layout-muutos myös lyhensi huomattavasti tuotteiden turhaa liikuttelua, odottelamista sekä turhia kuljetuksia. Laitteiden turhaa ajelua saatiin lyhennettyä laitekohtaisesti keskimäärin puolella tunnilla, ja varastointia sekä tavaroiden kuljettelua selkeytettyä eri osastojen ja alueiden välillä. Lisäksi työturvallisuutta saatiin parannettua merkittävästi, kun laitteita ei kuljeteta turhaan tontilla, jossa on paljon muuta liikennettä. Turvallisuutta lisää myös laitteiden uusi kulkureitti, joka ei kulje enään koekäytön läpi. Myös materiaalivirtoja selkeytettiin siten, että ne saatiin kulkemaan sisäkautta, jolloin laatu ei kärsi vaihtelevista sääoloista.

Tuloksena saatiin myös aikataulutus uuteen tilaan muuttamiselle. Aikataulussa huomioitiin rakennustekniset hankinnat, joiden aikataulut määrittivät alihankkijat. Lisäksi suunnitelmassa huomioitiin lähettämön työtehtävien jatkuminen layout-muutoksen yhteydessä.

Kun layout-muutos on toteutettu layout-suunnitelman ja aikataulutuksen mukaisesti, tulee ajankohtaiseksi suunnitella organisaatiomuutos, jolla siirrytään erillisistä lähettämöistä yhdeksi kokonaisuudeksi yhden osaston alaisuuteen. Näin tuotannon loppupää pystyy jatkossakin vastaamaan tehokkaasti pysyvään tuotantovolyymien kasvuun ilman, että pakkaustoimintaa täytyy laajentaa nykyisestä.

LÄHTEET

De Carlo, F., Arleo, M.A., Borgia, O. & Tucci, M. (2013). Layout Design for a Low Capacity Manufacturing Line: A Case Study, *International Journal of Engineering Business Management*, Vol. 5 pp. 35

Domingo, R., Alvarez, R., Melodía Peña, M. & Calvo, R. (2007). Materials flow improvement in a lean assembly line: a case study, *Assembly Automation*, Vol. 27(2), pp. 141-147

Koopmans, T.C. & Beckmann, M. (1957). Assignment Problems and the Location of Economic Activities, *Econometrica*, Vol. 25(1), pp. 53-76

Kouri, I. (2010). *Lean-taskukirja*, Teknologiainfo Teknova, Helsinki

Liker, J.K. (2006). *Toyotan tapaan*, Readme.fi, Helsinki

Logistiikan maailma JIT (Just-in-time) ja imuohjaus, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 19.2.2018): <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>

Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, P. & Lyly-Yrjänäinen, J. (2016). *Teollisuustalouden kehittyvässä liiketoiminnassa*, Edita

Metso Oyj:n sisäinen kuva-arkisto

Metso (2018). Metso Oyj:n lehdistötiedote 29.1.2018, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 2.1.2018): <https://www.metso.com/fi/uutiset/2018/1/uusi-nopea-tela-alustaisten-murskauslaitosten-kokoonpanolinja-kaynnistyy-metson-tampereen-tehtaalla/>

Metso Metso, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 28.2.2018): <https://www.metso.com/>

Moore, J.M. (1968). *Plant layout and design*, Repr ed. Macmillan, New York, 566 pages p.

Muther, R. (1955). *Practical plant layout*, McGraw-Hill, New York

Muther, R. (1973). *Systematic layout planning*, Second ed. Management & Industrial Research Publications, Kansas City

Samuel K. M. Ho (2014). Global Sustainable Development Through the Integrated Lean Management (Green 5-S) Model for TQM, *Nang Yan Business Journal*, Vol. 1(1), pp. 27-37

Stevenson, W.J. (2011). *Operations management*, 11th ed ed. McGraw-Hill/Irwin, New York, 908 pages p.

Strategos, Designing Workcells & Micro-Layouts 9/2007, verkkosivu. Saatavissa (Viitattu 20.2.2018): <http://www.strategosinc.com/celldesign.htm>

Sundin, E., Björkman, M., Eklund, J., Eklund, M. & Engkvist, I. (2011). Improving the layout of recycling centres by use of lean production principles, *Waste Management*, Vol. 31(6), pp. 1121-1132

Tanwari, A.U. & Mansour, A.K. (2001). Redesigning Physical Layout for Increased Efficiency, *Industrial Marketing Management*, Vol. 30(5), pp. 453-462

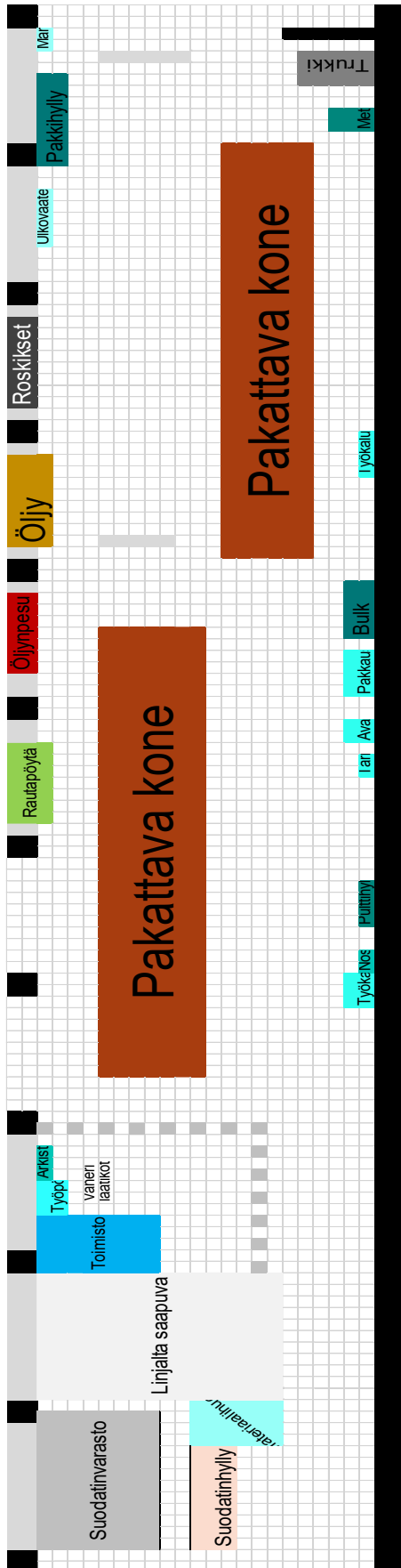
Womack, J.P. & Jones, D.T. (2003). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*, Rev. and updat ed. Free Press, New York

Womack, J.P., Jones, D.T. & Roos, D. (2007). *The machine that changed the world: how lean production revolutionized the global car wars*, New ed ed. Simon & Schuster, London, 339 pages p.

LIITE A VANHAN LÄHETTÄMÖN LAYOUT



LIITE B UUDEN LÄHETTÄMÖN LAYOUT



LIITE C YHDISTETTY UUSI LAYOUT

