



# **STANDARDITYÖJÄRJESTYKSEN KEHITTÄMINEN KALLIOPORALAITTEIDEN LOPPUKOKOONPANOON**

Antti Länsimies

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2013  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotekehityksen ja  
tuotantotalouden  
suuntautumisvaihtoehto

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotekehityksen ja tuotantotalouden suuntautumisvaihtoehto

ANTTI LÄNSIMIES:

Standardityöjärjestyksen kehittäminen kallioporolaitteiden loppukokoonpanoon

Opinnäytetyö 75 sivua, joista liitteitä 9 sivua  
Huhtikuu 2013

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Sandvik Mining and Construction Oy:n pintaporolaitteiden tuotannonkehitysosastolle. Opinnäytetyön aiheena oli kehittää standardityöjärjestys pintaporolaitteiden loppukokoonpanoon sekä analysoida sen tuomia etuja ja haasteita verrattuna nykyiseen kokoonpanojärjestykseen. Työssä suunniteltiin myös uusi kokoonpanolinjan layout uutta kokoonpanojärjestystä vastaavaksi.

Työn teoriaosuudessa käsiteltiin läpi tuotantolinjakokoonpanoa, läpäisyajan käsitettä, layout suunnittelua sekä standardityöjärjestyksen taustalla olevan Lean-johtamisfilosofian teoriaa. Näiden pohjalta luotiin standardityöjärjestys yhdelle laitemallille ja suunniteltiin tätä järjestystä tukeva uusi layout kokoonpanolinjalle.

Työn varsinaisessa selvitysosuudessa selvitettiin työn lähtökohtia, tuotannolle asetettuja tavoitteita ja kriteereitä standardityöjärjestykselle. Uutta kokoonpanojärjestystä verrattiin vanhaan järjestykseen läpäisyajan, pääoman sitoutumisen ja linjan tasapainon osalta. Työssä verrattiin myös kokoonpanolinjan uutta ja vanhaa layouttia keskenään sekä selvennettiin uuden layoutin ratkaisuja ja sen tarjoamia etuja. Myös turvallisuusnäkökanta otettiin huomioon työjärjestystä ja layouttia suunniteltaessa, sillä turvallisuusasiat ovat Sandvikilla erityisen tärkeitä.

Työssä tutkittu työjärjestys päätettiin ottaa käyttöön linjalla ja tuotantolinja muokattiin uuden työjärjestyksen mukaiseksi. Työjärjestyksen käyttöönoton onnistumisesta ja sen vaikutuksista ei saatu tätä työtä kirjoitettaessa vielä palautetta. Ideaalista standardijärjestystä on tarkoitus käyttää jatkossa uustuoteprojekteissa suunnittelun työkaluna, jotta erilaiset laitemallit pystytään jatkossa valmistamaan tehokkaasti samassa tuotantolinjassa.

Osa opinnäytetyöstä on luottamuksellista. Luottamukselliset kohdat on poistettu työn julkisesta versiosta.

---

Asiasanat: standardityöjärjestys, kokoonpanolinja, layout, lean

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Engineering  
Product Development and Industrial Management

**ANTTI LÄNSIMIES:**

Development of Standardized Work in Drill Rig Assembly

Bachelor's thesis 75 pages, appendices 9 pages

April 2013

---

This thesis was made for Sandvik Mining and Construction Oy. The purpose of this thesis was to develop a new standard assembly order for DPi drill rig final assembly and to design a new layout to match the new assembly order. Standardizing work is a way to ensure that each job is organized so that it is always done exactly in the same way to ensure quality regardless who is working.

The created standard assembly order was analyzed and compared to the current state of assembly. The results of the analysis showed that the new assembly order shortens the lead time and provides savings by decreasing net working capital accumulated in the production. Standardized work makes the final assembly more organized and easier to manage. The new layout was designed according to Lean principles in mind to make the assembly line more efficient.

As a result of this thesis the created assembly order and the new layout were decided to be implemented in to the production. The feedback of the new assembly order and the new layout was not yet available at the time this thesis was written. In the future standard assembly order will provide a platform for continuous improvement in the final assembly. This standard assembly order will also work as a ready-made tool for engineering department in new product development projects.

Some parts of this thesis are confidential. These parts have been removed from the public version of the thesis.

---

Key words: standardized work, assembly line, layout, lean

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY .....	9
2.1	Historia.....	9
2.1.1	Sandvik AB .....	9
2.1.2	Tamrock .....	9
2.2	Sandvik AB.....	10
2.3	Sandvik Mining and Construction .....	10
3	TYÖJÄRJESTYKSEN JA LAYOUTIN KEHITTÄMISEN TEOREETTISET PERUSTEET.....	12
3.1	Läpäisy aika .....	12
3.2	Layout-suunnittelu .....	13
3.3	Linjan tasapainotus .....	15
3.4	Lean.....	16
3.4.1	5S.....	18
3.4.2	Visuaalinen ohjaus .....	21
3.4.3	Standardoidut työtavat .....	22
3.4.4	Kaizen – jatkuva parantaminen.....	23
3.4.5	Kanban .....	24
3.4.6	JIT .....	25
3.4.7	VSM .....	26
4	TUOTANTOLINJA JA LAITEMALLIT .....	30
4.1	Vanha kokoonpanolinjan layout .....	30
4.2	Sandvik Top Hammer.....	31
4.2.1	DPI –laitesarja.....	31
4.2.2	DX –laitesarja.....	32
4.3	Sandvik DTH .....	33
4.3.1	DI550.....	33
5	UUDEN TYÖJÄRJESTYKSEN JA LAYOUTIN KEHITTÄMINEN .....	35
5.1	Lähtökohdat ja tavoitteet vakiotyöjärjestyksen luomiselle.....	35
5.2	Ideaali järjestys .....	38
5.3	Menetelmä standardityöjärjestyksen luomiseen .....	41
5.4	DPI-laitteen rakenne.....	43
5.5	Standardityöjärjestyksen luominen DPI -poralaitteelle .....	45
5.5.1	Uuden ja vanhan työjärjestyksen vertailu .....	48
5.5.2	Uuden standardityöjärjestyksen kokoonpanolinjan layout .....	55

5.5.3 Uuden työjärjestyksen käyttöönotto.....	57
5.6 Standardityöjärjestyksen hyödyt.....	58
6 JATKOKEHITYSEHDOTUKSIA.....	60
7 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	64
LÄHTEET.....	66
LIITTEET .....	68
Liite 1. Vanha layout .....	68
Liite 2. Vanha ja uusi vaihemalli DPi:lle .....	69
Liite 3. Uusi layout .....	70
Liite 4. Standardityöjärjestys DPi -laitemallin poralaitteelle .....	71

**LYHENTEET JA TERMIT**

5S	Japanissa kehitetty työpaikkojen organisointiin ja työmenetelmien standardointiin keskittyvä menetelmä
DPi	Sandvikin avolouhintaporolaitemalli
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä
JIT	Just-In-Time – Juuri oikeaan tarpeeseen
Lean	Lean on johtamisfilosofia, joka keskittyy seitsemän erilaisen tuottamattoman toiminnon poistamiseen.
NWC	Net Working Capital – Nettokäyttöpääoma
PDCA	Plan, Do, Check, Act – suunnittele, toteuta, tarkasta, korjaa
SMC	Sandvik Mining and Construction Oy
VSM	Value Stream Mapping – arvovirtakartoitus

## 1 JOHDANTO

Jatkuvasti kiristynvä maailmanlaajuinen kilpailutilanne markkinoilla luo kasvavaa painetta valmistuskustannusten pienentämiseen teollisuudessa. Länsimaat eivät pysty korkean kustannusrakenteen myötä kilpailemaan edullisella työvoimalla esimerkiksi Aasian maiden kanssa, joten vastaava työ on tehtävä tehokkaammin ja laadukkaammin.

Sandvikilla hyödynnetään Lean-johtamisfilosofiaa prosessien parantamisessa ja tehostamisessa, jolla pyritään vastaamaan kilpailutilanteeseen. Prosesseja pyritään kehittämään mahdollisimman tehokkaiksi, jotta asiakkaalle lisäarvoa tuottamaton toiminta saadaan minimoitua tai karsittua pois.

Tässä opinnäytetyössä tehdään Sandvik Mining and Construction Oy:n Tampereen tehtaan pintaporolaitetuotantoon Lean-filosofian mukainen standardityöjärjestys ja sitä vastaava tuotantolinjan layout. Kriteereiksi kokoonpanojärjestykselle asetettiin mahdollisimman pieni sitoutunut pääoma, nopein tilauksen läpäisy aika, helpoin kokoonpano ja turvallisin työskentely. Näiden kriteerien perusteella luotiin vakioitu kokoonpanojärjestys.

Työn teoreettisissa perusteissa käydään läpi työhön keskeisesti liittyvää läpäisy aikkaa sekä Lean-filosofiaa ja sen myötä standardityöjärjestyksen merkitystä tuotannossa. Lean-filosofialla on keskeinen asema tuotannonkehitystyössä Sandvikilla. Leanin työkalut toimivat apuvälineinä, joilla pyritään parantamaan kustannustehokkuutta ja tehostamaan toimintaa. Teoriaosuudessa käsitellään myös layoutsuunnittelua ja linjan tasapainottamista, jotta vakioidut työtehtävät pystytään tekemään niille suunnitellulla tuotantolinjalla ja niin, että työkokonaisuudet ovat asemittain tasapainossa.

Työn varsinaisessa kehittämisosuudessa käydään läpi työlle asetettuja lähtökohtia ja tavoitteita. Tässä osiossa käydään läpi myös menetelmää miten standardityöjärjestystä käytännössä tehtiin DPI laitteelle. Uutta kokoonpanojärjestystä verrattiin vanhaan linjan tasapainon, läpäisyajan ja pääoman sitoutumisen kannalta.

Työn pohjalta ja aikana ilmenneitä jatkokehitysehdotuksia poralaitteiden tuotantoon on käsitelty työn loppupuolella. Nämä jatkokehitysehdotukset ovat joko

standardityöjärjestyksen tueksi olevia jatkokehitysehdotuksia tai standardityöjärjestyksen mahdollistamia kehityskohteita.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada Lean-filosofian mukainen standardityöjärjestys käyttöön pintaporalaitteiden loppukokoonpanoon ja sitä kautta tehostaa tuotantoa, jotta kilpailutilanteeseen pystytään vastaamaan. Jatkossa ideaalijärjestys toimii tuotannon ohjeistuksena suunnitteluun, jotta uustuoteprojekteissa voidaan laitteet suunnitella mahdollisimman kokoonpanolähtöisesti. Kun uudetkin tuotteet voidaan koota samassa järjestyksessä vanhojen tuotteiden kanssa, toimii tuotanto joustavammin kysynnästä riippumatta.



## **2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY**

### **2.1 Historia**

#### **2.1.1 Sandvik AB**

Sandvikin perusti vuonna 1862 Göran Fredrik Göransson. Hän osti vuonna 1855 pienen rautaruukin nimeltä Högbo Bruk ja onnistui pian sen jälkeen ensimmäisenä soveltamaan Bessemer-menetelmää korkealaatuisen teräksen tuotantoon. Myöhemmin hän osti oikeudet menetelmän käyttöön tavattuun Sir Henry Bessemerin liikematkallaan Englannissa. Sandvik laajensi toimintaansa vähitellen lopputuotteisiin, kuten sahoihin ja muihin työkaluihin, reiälliseen porateräkseen ja teräsputkiin. (Sandvik 2013.)

#### **2.1.2 Tamrock**

Sandvik hankki itselleen vuonna 1997 nykyisen Tampereen tuotantotehtaan ja samalla koko Tamrockin liiketoiminnan. Tamrockin historia alkaa toisesta maailmansodasta. Toisen maailmansodan aikana tuonti Suomeen tyrehtyi ja erityisesti ulkomailla valmistettuihin kallioporakoneisiin oli haastavaa saada varaosia. Tampereella tuolloin toiminut Tampella aloitti varaosien valmistamisen vuonna 1943. (Harri 2008, 11.)

Varaosien valmistaminen johti siihen, että Tampellan aseosastossa aloitti pieni organisaatio oman porakonesuunnittelun. Ensimmäistä T10 paineilmaporakonetta valmistettiin vuonna 1952 200 kappaleen sarja. Maailmanhistorian ensimmäinen Tampereella suunniteltu ja valmistettu porakone myytiin Tampereen kaupungille joulukuussa 1952. (Harri 2008, 11.)

Aina vuoteen 1969 saakka Tamperelainen porakonetehtas kulki nimellä Tampella. 1.1.1969 Tampella muutti nimensä Tampella-Tamrockiksi ja näin alkoi paineilmaporakoneosaston uusi taival uuden nimen alla. (Harri 2008, 33.)

Tamrock sai uudet toimitilat marraskuussa 1972 Tampereen Myllypurosta. Tämä mahdollisti Tamrockille itsenäisen tuotannon ja porakonekaluston kehittämisen. Tamrock laajensi tuotantoaan 70- ja 80-luvuilla porakonekalustoihin sekä kuormakalustoihin. (Harri 2008, 49.)

Sandvik kasvatti osuuttaan Tamrockissa 1990-luvulla tasaisesti ja viimein vuonna 1997 Sandvik-konserni osti Tamrockin. Tamrock ja Sandvik Rock Tools muodostavat yhdessä Sandvik Mining and Construction -liiketoiminta-alueen, joka on nykyisin maailman johtava poraus- ja louhintakoneiden ja laitteiden, työkalujen ja palvelujen toimittaja kaivos- ja maarakennusteollisuudelle. (Sandvik 2013.)

## **2.2 Sandvik AB**

Sandvik on kansainvälinen korkean teknologian teollisuuskonserni, jonka pitkälle kehitetyt tuotteet ovat markkinajohtajia valikoiduilla erikoisaloilla. Näitä ovat metallintyöstössä käytettävät työkalut, kaivos- ja rakennusteollisuuden laitteet ja työkalut, ruostumattomat materiaalit, erikoismetalliseokset, metalliset ja keraamiset kestmateriaalit sekä prosessijärjestelmät. Vuonna 2011 konserni työllisti 50 000 henkilöä, ja sillä oli työntekijöitä ja toimintaa yli 130 maassa. Liikevaihto oli lähes 94 miljardia Ruotsin kruunua. (Sandvik 2013.)

Sandvik Ab on tehnyt monia yritysostoja, joiden pohjalta yritys on päässyt maailman parhaimpien ja johtavien yritysten joukkoon. Nykyisin Sandvikin liiketoiminta-alueita ovat Mining, Construction, Machining Tools, Materials Technology ja Ventures. (Sandvik 2013.)

## **2.3 Sandvik Mining and Construction**

SMC tarjoaa maailman laajimman tuotevalikoiman laitteita kallionporaukseen, louhintaan, murskaukseen, rikotukseen ja materiaalin käsittelyyn. Vuoden 2012 alussa Sandvik Mining and Construction jaettiin kahteen liiketoiminta-alueeseen: Sandvik Mining ja Sandvik Construction. (Sandvik 2013.)

Sandvik Mining on johtava kaivosteollisuuden laitteiden ja työkalujen sekä huolto- ja teknisten palveluiden tuottaja. Sen tuotteita ovat mm. poralaitteet, mekaanisen louhinnan laitteet, murskaimet, lastaus- ja kuljetuskoneet sekä materiaalinkäsittelyn laitteet. Vuonna 2011 liikevaihto ylitti 32,2 miljardia Ruotsin kruunua. Yhtiössä työskenteli noin 13 200 henkilöä. (Sandvik 2013.)

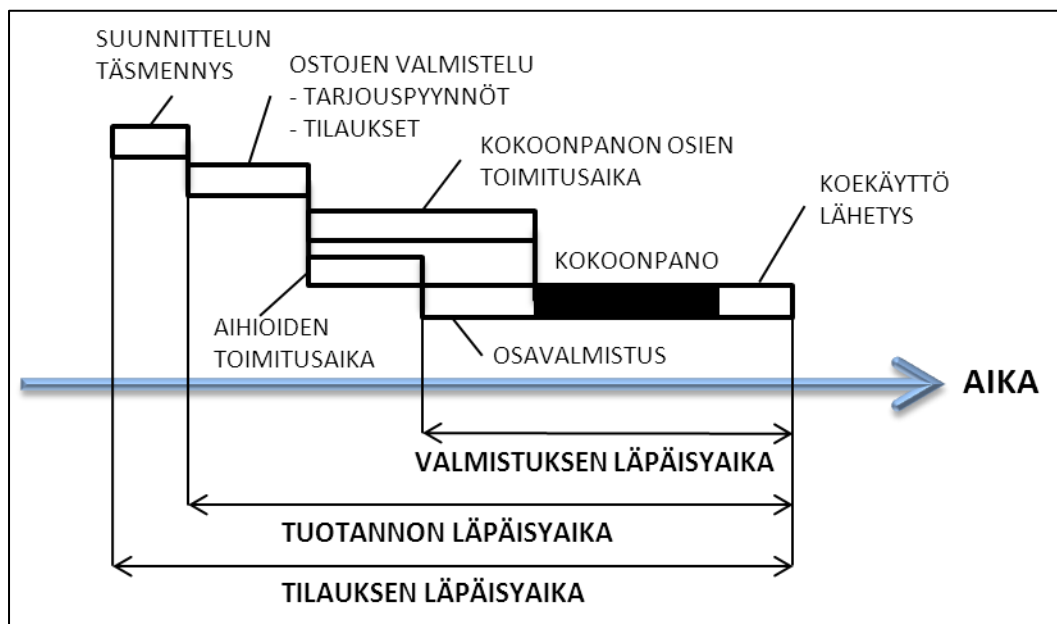
Sandvik Construction tuottaa laitteita ja niihin liittyviä palveluja ja kokonaisratkaisuja rakennusteollisuuden eri aloille, kuten kivenlouhintaan, tunnelointiin, purkuun ja kierrätykseen sekä yhdyskuntarakentamiseen. Tuotevalikoimaan kuuluvat muun muassa porakalusto, poravaunut, iskuvasarat, materiaalinkäsittelylaitteet, 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 2013.)

Tampereen tehtaalla toimii porakoneverstas, pintaporalaitteiden sekä maanalaisten poralaitteiden tuotantoyksiköt. Tampereen tehtaalla valmistetaan avolouhintalaitteita, tunnelinporauslaitteita, kaivos- ja tuotantoporauslaitteita sekä pultituslaitteita. Tampereen tehtaalla Myllypurossa toimii kaksi liiketoiminta-aluetta, joissa työskentelee noin tuhat työntekijää: Mining-alueella noin 600 ja Constructionissa noin 400. (Sandvik 2013.)

### 3 TYÖJÄRJESTYKSEN JA LAYOUTIN KEHITTÄMISEN TEOREETTISET PERUSTEET

#### 3.1 Läpäisy aika

Läpäisy aikkaa pidetään tuotantojärjestelmän tehokkuuden tärkeimpänä käsitteenä ja mittarina. Läpäisy aikkana pidetään jonkun toimintakokonaisuuden alkamisesta sen valmiiksi tulemiseen. Läpäisy aikka voidaan määrittää erilaisille kokonaisuuksille. Näitä kokonaisuuksia voi olla esimerkiksi koko tilaus, tilauksen valmistus, osavalmistus tai kokoonpano. Kuvassa 1 on havainnollistettu erilaisten kokonaisuuksien läpäisy aikoja. Tilauksen läpäisy ajan määrittävät materiaalihankintojen vaatima aika eli toimitusaika sekä oman valmistuksen läpäisy aikka. Läpimeno aika tarkoittaa suomen kielessä samaa kuin läpäisy aikka, mutta on terminä kömpelömpi. Englannin kielessä käsitteelle on kaksi sanontaa: lead time ja throughput time. Throughput timeä käytetään erityisesti ilmaistaessa valmistuksen läpäisy aikkaa ja lead time on sopiva silloin, kun läpäisy aikka sisältää useita eri toimintoja kuten hankintoja ja valmistusta. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 53.)



KUVA 1. Tilauksen läpivientiin liittyvät päätoiminnot ja niiden läpäisyajat (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, muokattu)

Lyhyt läpäisy aika on yleensä indikaattori hyvin toimivasta, joustavasta ja tehokkaasta tuotantojärjestelmästä. Läpäisy aikkaa ei yksinkertaistettuna pysty saamaan lyhyeksi

toimimalla huonosti. Lyhyt läpäisy aika antaa mahdollisuuden lyhyisiin toimitusaikoihin. Lyhyt läpäisy aika antaa myös pelivaraa tuotannon ajoitukseen ja parantaa siten ohjattavuutta. Jos esimerkiksi markkinat hyväksyvät neljän viikon toimitusajan ja oma läpäisy aika on kaksi viikkoa, toiset kaksi viikkoa voidaan käyttää tuotannon tasoittamiseen. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 54.)

Asiakasohjautuvassa tuotannossa eli tuotannossa, missä asiakastilauksen perusteella valmistetaan tuotteita, edellyttää valmistuksen läpäisyajan saamista selvästi haluttua toimitusaikaa pienemmäksi. Jos vaadittava toimitusaika ja oma läpäisy aika ovat yhtä suuret, kuormitus tehtaalla vaihtelee myynnin tahdissa, mikä ei tietenkään anna hyvää tulosta. Asiakasohjautuvassa tuotannossa ei tarvita tuotevarastoja ja puolivalmisteverastotkin voivat olla pieniä, jolloin pääomaa tuotantoon sitoutuu vähemmän. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 54.)

Työkustannukset eivät suoraan riipu läpäisyajasta, sillä läpäisyajasta suuri osa on odotusaikaa, siirtoja ja muuta arvoa tuottamatonta toimintaa. Vaihtopääoman kustannukset riippuvat sen sijaan voimakkaasti läpäisyajasta varastotarpeiden ja keskeneräisen tuotannon vuoksi. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 54-55.)

Kokoonpanon läpäisy aikaan voidaan vaikuttaa levittämällä kokoonpanotyö rinnalla tehtävissä oleviin osakokoonpanoihin. Myös osavalmistuksen kehittäminen ja osien ohjauksen saaminen häiriöttömäksi vaikuttavat kokoonpanon läpäisy aikaan. Koko tuotannon läpäisy aikaan vaikuttavat tilauskohtaisten materiaalien hankinnat oman valmistuksen läpäisyyn lisäksi. Materiaalien ohjauksen ja hankinnan osuus kokonaisläpäisyajasta voi olla merkittävä. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 58.)

### **3.2 Layout-suunnittelu**

Layout on vakiintunut termi, jolla tarkoitetaan tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien suunnittelua tehtaassa. Tuotantolinjat voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: tuotantolinjalayouttiin, funktionaaliseen layouttiin ja solulayouttiin (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 475.)

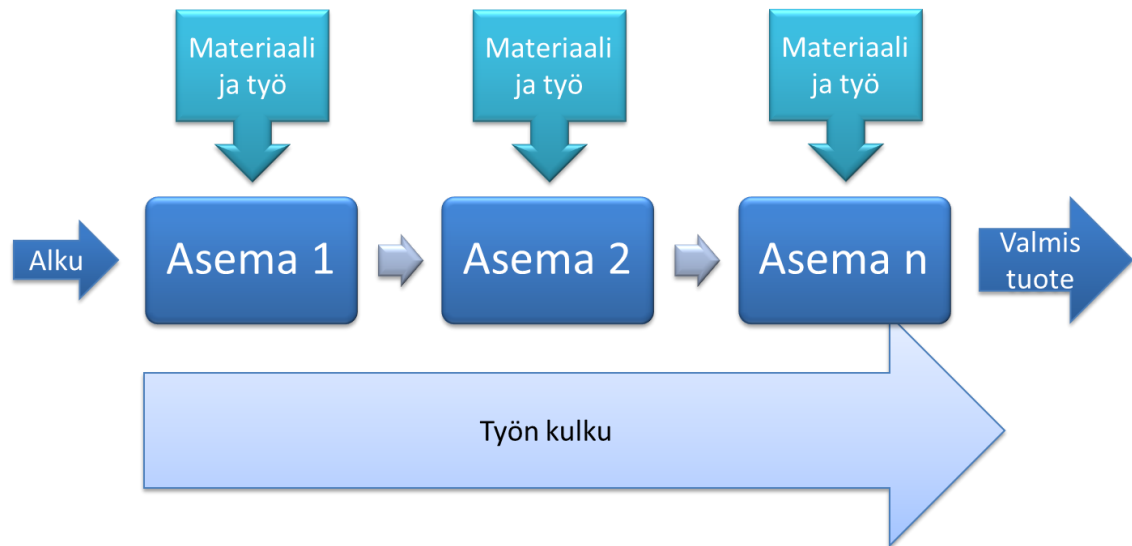
Kun suunnitellaan uutta layouttia, layoutin tyyppi valitaan tuotevalikoiman laajuuden ja tuotettavien määrien perusteella. Tuotantolinjaa käytetään, kun tuotetaan suuria määriä samankaltaisia tuotteita. Funktionaalinen layout taas soveltuu laajalle tuoteskaalalle, joiden tuotantomäärät ovat pieniä. Solulayouttia käytetään silloin, kun valmistetaan erilaisia tuotteita jatkuvasti, mutta tuotteiden valmistusmäärät ovat niin pieniä, ettei tuotantolinja ole kannattava vaihtoehto. Soluissa voidaan valmistaa tuotantolinjaa joustavammin erilaisia tuotteita. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 479.)

Layout-suunnittelun tavoitteena on materiaalivirtojen tehokas suunnittelu. Kuljetuskerrat ja matkat pyritään minimoimaan työpisteitä suunniteltaessa. Tuotannonohjauksen ja toiminnan kehittämisen kannalta on hyvä pyrkiä selkeisiin materiaalivirtoihin. Hyvän layoutin ominaisuuksiin kuuluu myös, että kaikki tila on mahdollisimman tehokkaasti käytettyä ja myös työturvallisuus ja -tyytyväisyys otetaan huomioon. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 482.)

Sandvikin pintaporolaitetuotannossa käytetään tällä hetkellä layoutmallina tuotantolinjaa. Perinteisesti tuotantolinjamallinen layout sovelletaan pitkälle automatisoituun ja korkeiden volyymien tuottamiseen. SMC Tampereen tuotanto on lähes täysin käsin tehtävää kokoonpanotyötä, joten tuotantolinja ei ole täysin verrattavissa laajalti automatisoidussa valmistavassa tuotannossa käytettävään tuotantolinjaan. Porolaitteiden kokoonpanotyössä suurin hyöty tuotantolinjamallisesta layoutista saavutetaan, kun työsisällöt asemien välillä on vakioitu ja erilaiset laitemallit pystytään kokoonpanemaan samassa työjärjestyksessä. William Stevenson (2007) toteaaakin kirjassaan *Operations Management*, että ilman korkeaa standardointitasoa menetetään tuotantolinjamallin hyödyt.

Kuvassa 2 on kaavio työnkulusta linjakokoonpanossa. Jokaiselle asemalle ohjataan materiaaleja ja asemalla tehdään työtä, joka jalostaa laitetta valmiimpaan suuntaan. Asemien määrä voi vaihdella suurestikin linjakokoonpanossa. Esimerkiksi autotehtailta tuotantolinjat voivat olla useiden kilometrien mittaisia ja tahtiajat asemilla vain muutaman minuutin pituisia. Tahtiaika tarkoittaa sitä aikaa kuinka tiheästi prosessi tuottaa kappaleen tuotetta. Tahtiaika on maksimiaika minkä jokaisen vaiheen työtehtävät saavat kestää, jonka jälkeen työ siirtyy eteenpäin. Tahtiaika määrittää täten

myös linjan outputin eli kuinka usein linjalta valmistuu valmis tuote. (Stevenson, 2007, 238-239, 251.)



KUVA 2. Tuotantolinjan työn kulkukaavio

### 3.3 Linjan tasapainotus

Linjan tasapainotus on prosessi, jossa määritetään jokaiselle työasemalle siihen kuuluvat työtehtävät, sillä tavalla, että jokaisen aseman työmäärä olisi aikamääräisesti sama. Linjan tasapainotuksessa on tärkeää pyrkiä mahdollisimman tasaiseen kuormaan työasemittain. Tasapainoinen kuorma minimoi odotusajan tuotannossa ja mahdollistaa työvoiman ja työkalujen korkean käyttöasteen. (Stevenson 2007, 250.)

Linjaa tasapainotettaessa työtehtävät asetetaan paikalleen yksi kerrallaan alkaen ensimmäisestä asemasta. Jokaisen työtehtävän valinnan jälkeen katsotaan mitkä työt jäljellä olevista on mahdollista tehdä seuraavaksi ja näistä töistä valitaan se mikä kuormitukseltaan soveltuu asemalle. Tätä prosessia jatketaan kunnes ei ole enää jäljellä olevia työtehtäviä. Työtehtävien mahdolliseen suoritusjärjestykseen vaikuttavat pääasiassa tekniset seikat. Esimerkiksi säiliön asennuksessa, asennusta ennen on kiinnitettävä runkoon säiliön kannatin, jotta säiliön asentaminen on teknisesti mahdollista. Myös turvallisuus ja työergonomia asiat tulee ottaa huomioon suoritusjärjestystä mietittäessä. (Stevenson 2007, 254.)

Käytännössä täysin tasapainotettuun tilanteeseen ei pystytä koskaan pääsemään. Jollekin asemalle syntyy väkisinkin hukka-aikaa. Tätä aikaa pystytään kuitenkin käyttämään hyödyksi esimerkiksi uusia työntekijöitä perehdytettäessä, jotka eivät vielä kykene tekemään työtä yhtä tehokkaasti kuin kokeneemmat työntekijät. Tasapainotuksessa tulee ottaa huomioon käytettävät resurssit. Työmäärä voi olla suurempi jos käytössä on jollakin asemalla esimerkiksi kaksi asentajaa yhden sijasta. (Stevenson 2007, 257.)

### **3.4 Lean**

Lean-ajattelu on johtamisfilosofia, jonka ydinajatuksena on poistaa tai minimoida seitsemän erilaista Leanin hukkaa eli asiakkaalle lisäarvoa tuottamattomia toimintoja. Lean-ajattelulla pyritään parantamaan asiakastytyväisyyttä, parantamaan laatua, pienentämään tuotannon kustannuksia ja lyhentämään tuotannon läpimenoaikoja. (Killick 2013.)

Arvoa lisäävää työtä on esimerkiksi asennustyö, joka edistää kappaleen kokoonpanoa. Tämä voi olla esimerkiksi komponenttien kiinnittämistä paikalleen. Tästä työstä asiakas on valmis maksamaan. Hukkaa on työ johon kuluu aikaa ja resursseja, mutta työ ei lisää tuotteen asiakasarvoa. Esimerkiksi komponenttien hakeminen ja etsiminen varastosta kuluttaa aikaa ja sitoo resursseja, mutta siirrot ja etsimistyö ei varsinaisesti lisää tuotteen asiakasarvoa. Nämä työt lisäävät prosessin kustannuksia, mutta asiakas ei ole valmis maksamaan komponenttien liikuttelusta tai työntekijöiden odotusajasta. Näiden lisäarvoa tuottamattomien töiden määrää tulee määrätietoisesti pyrkiä vähentämään tai poistamaan. On olemassa myös tarpeellista työtä, jota on pakko tehdä esimerkiksi lainsäädännön tai standardien mukaisesti, joka ei varsinaisesti lisää tuotteen arvoa. Tällaista työtä voi olla esimerkiksi erilaisten tarkastusten tekeminen, mikä ei edistä laitteen kokoonpanotyötä, mutta lainsäädäntö velvoittaa yrityksen tekemään kyseiset tarkastukset. (Killick, 2013.)

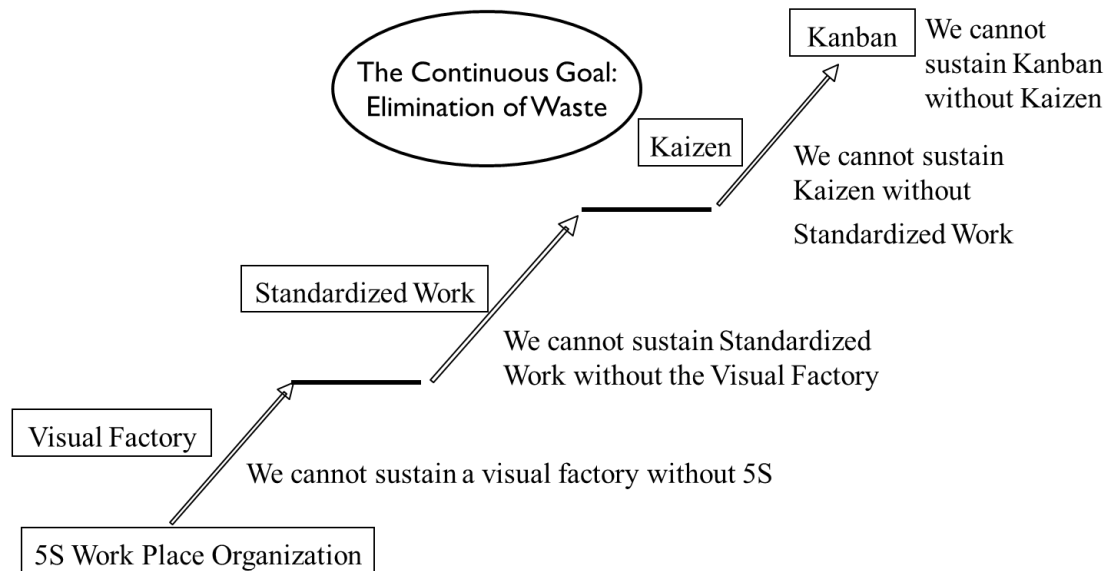


Arvoa tuottamattomat turhat toiminnot voidaan tunnistaa TIMWOOD muistisäännöllä ja niitä ovat:

- T – Transport eli kuljetukset.
- I – Inventory eli varastot.
- M – Motion eli liike.
- W – Waiting eli odotusaika.
- O – Overproduction eli ylituotanto.
- O – Overprocessing eli yliprosessointi.
- D – Defects eli vialliset tuotteet.

Näiden arvoa tuottamattomien toimintojen poistamiseen Lean tarjoaa työkaluja jatkuvaan parantamiseen, työalueen järjestämiseen ja virhemahdollisuuksien prosessista eliminoimiseen. (Killick 2013.)

Kuvassa 3 on esitetty Lean-polku mitä pitkin on edettävä, jotta Leanin käyttöönotossa voidaan onnistua. Jokaista uutta vaihetta edeltävän vaiheen on täytyttävä, jotta seuraavalle vaiheelle toimia on edellytykset olemassa. Ilman edeltävien vaiheiden olemassaoloa, on seuraavien vaiheiden käyttöönotto ja ylläpito lähes mahdotonta. Lean-polku alkaa työympäristön organisoinnilla, johon käytetään 5S-työkalua. Tämän jälkeen seuraavana toimenpiteenä on visuaalisuuden ja visuaalisen ohjauksen käyttöönotto prosessissa. Visuaalisuus lisää ja helpottaa seurattavuutta. Kun visuaalisuus ja 5S on toiminnassa, voidaan vakioda työsisältö. Jokainen asia tehdään samassa järjestyksessä, samalla tavalla ja samalla välineellä. Tällöin havaitaan helposti laatuvirheet, työn tekemisen oppii helpommin ja työn seurattavuus helpottuu huomattavasti. (Killick 2013.)



KUVA 3. Lean-polku (Killick, 2013)

### 3.4.1 5S

5S on jatkuva toimintatapa työympäristön pitämiseksi järjestyksessä ja siistinä. 5S:n tarkoituksena on luoda kulttuuri, joka kannustaa ja palkitsee kaikkia työntekijöistä johtoon asti. 5S:n tarkoituksena on, että kaikille työkaluille ja materiaaleille on määriteltä paikka, jossa niiden tulee olla puhtaina ja valmiina käytettäviksi. Yhdessä visuaalisen työohjauksen kanssa 5S mahdollistaa ongelmakohtien nopean löytämisen. (Killick 2013.)

Kun työympäristö organisoidaan 5S menetelmillä, saadaan siitä hyötyä mm. työturvallisuuden ja ergonomian paranemisena. Myös työkalujen ja materiaalien etsimiseen kuluva aika vähenee huomattavasti. Kokonaisvaltaisesti työn laatu paranee, kun asiat tehdään samalla tavalla ja ongelmat havaitaan työympäristössä helpommin jos tarvikkeet ovat oikeilla paikoillaan. 5S:n käyttöönotto mahdollistaa myös kerran saavutetun järjestyksen ylläpitämisen. Järjestyksen ylläpitäminen on vaikein asia 5S:n käyttöönotossa ja se vaatii ihmisten sitoutumista ja jatkuvaa seuranta. (Killick 2013.)

5S termi tulee viidestä japaninkielisestä sanasta, jotka kuvaavat 5S:n viittä eri vaihetta.

Sanat ovat suomennettuna:

- Lajittele (Seiri).
- Järjestä (Seiton).
- Siivoa (Seiso).
- Standardoi (Seiketsu).
- Ylläpidä (Shitsuke).

Lajittelussa on tärkeää, että kosketaan konkreettisesti kaikkiin esineisiin alueella ja kyseenalaistetaan tarvitaanko kyseistä esinettä työympäristössä. Tämän jälkeen poistetaan kaikki, mikä ei ole välttämätöntä. (Killick 2013.)

Järjestä-vaiheessa määritellään pysyvä paikka tarvittaville työkaluille ja materiaaleille. Tällöin valitaan esineille oikea varastointitapa ja paikat merkitään niin, ettei tule epäselvyyksiä mikä esine paikalle kuuluu. Kun jokaiselle esineelle on selkeästi merkityt paikat ja ne on selvästi nähtävissä yhdellä silmäyksellä, huomataan helposti jos puutteita ilmenee. Kuvassa 4 voidaan nähdä esimerkki oikein järjestetystä työkalujen säilytystelineestä. Telineessä on vaahtomuoviin tehty jokaisen esineen muotoinen paikka, jolloin tyhjän kohdan muodosta voidaan jo päätellä, mikä esine sopii mihinkin paikkaan. (Killick 2013.)



KUVA 4. Esimerkki työkalujen järjestämisestä

Siivoa-vaiheessa siivotaan alueet ja kehitetään tapoja pitää alue siistinä. On tärkeää saada alueiden ja paikkojen siivoaminen osaksi jokapäiväistä toimintaa. Siivoamiseen

kuuluu lian, pölyn, öljyn ja roskien poistaminen. Kun alue on siisti, helpottuu ongelmien havaitseminen huomattavasti. Kuvassa 5 nähdään miten helposti öljyvuoto erottuu, kun alue on siisti. Jos alue olisi epäsiisti, öljyläikät sulautuisivat muun sotkun sekaan ja näin ollen ongelman havaitseminen vaikeutuisi. (Killick 2013.)



KUVA 5. Öljyvuodon erottuminen muuten siistissä ympäristössä

Standardoi-vaiheessa merkitään paikat työkaluille ja materiaaleille. Paikkojen käyttämiseen tulee kehittää seurantajärjestelmä, jotta toiminta vakioituu ja tätä kautta 5S:stä muodostuu yleinen käytäntö. Standardien tulee olla näkyviä, jotta kaikki normaalista poikkeava on helposti havaittavissa ja tunnistettavissa. Standardoinnissa poistetaan ylimääräiset varastointipaikat ja pöytätasot, joihin tavaraa voisi kertyä jos niille ei ole päivittäisessä toiminnassa käyttöä. (Killick 2013.)

Ylläpidä-vaiheessa kehitetään viikoittainen seurantamenetelmä yhdessä työntekijöiden kanssa. Tämän toteuttamiseksi käytetään tarkastuslistoja, joissa näkyy päivittäiset ja viikottaiset aktiviteetit, jotta järjestys pysyy yllä. Johdon tulee näyttää esimerkkiä työntekijöille ylläpito vaiheessa ja osallistua aktiivisesti, että 5S kulttuuri saadaan iskostettua lujasti koko työpaikalle. Ajan kanssa toiminnasta tulee rutiininomainen lisä työpäiviin. Vastuu 5S:n ylläpitämisestä täytyy olla sekä työntekijöillä että johdolla. (Killick 2013.)

Onnistunut 5S käyttöönotto vaatii johdon aktiivista tukea. Jatkuva kouluttaminen ja avoin keskustelu kaikkien työntekijöiden välillä kuuluu osana 5:n käyttöönottoa ja ylläpitoa. 5S ei tule toimimaan jos vain ylempi johto ja toimihenkilöt keskenään

päättävät, millä paikoilla työntekijät tarvitsevat työkaluja ja materiaaleja, vaan työntekijöiden tulee kehittää itse oman työympäristönsä 5S ja olla vastuussa sen noudattamisesta ja kehittamisestä. Jotta 5S:n käyttöönotto onnistuu on tarpeen seurata kuukausittain 5S-tunnuslukuja. (Killick 2013.)

### **3.4.2 Visuaalinen ohjaus**

Visuaaliset ohjaustavat ovat menetelmiä, joilla pyritään muuttamaan prosessien ja päivittäisten toimintojen vaatimat tiedot yksinkertaiseen ja selkeään muotoon, sekä ajoittamaan toiminnot tarkasti. Visuaalisen ohjauksen tarkoituksena on nopeuttaa poikkeavien asioiden havaitsemista ja seurata prosessin tilannetta reaaliajassa nopeasti ja näkyvästi. Visuaalisen ohjauksen avulla voidaan nähdä yhdellä vilkaisulla prosessin tai varastotason tilanne ilman, että tarvitsee tarkistaa toiminnanohjausjärjestelmästä mitään tietoja. (Killick 2013.)

Visuaalisen ohjauksen hyötyjä on esimerkiksi tuotannon tilan nopea havaitseminen yhdellä vilkaisulla sekä kommunikation parantuminen. Poikkeavuudet on helppo havaita nopeasti. Esimerkiksi painemittariin merkitään vihreällä alue hyväksyttävälle painetasolle, jolloin kuka vaan voi nopeasti nähdä jos painetaso on liian matala tai liian korkea. Visuaalisessa ohjauksessa tuottamattomat toiminnot tiedostetaan ja havaitaan paremmin. Visuaalisen ohjauksen hyötynä voidaan pitää myös sitä, että se luo painetta toiminnan kehittämiseksi. (Killick 2013)

Kuvassa 6 on visuaalisella ohjauksella toteutettu materiaalin varastotasojen hallinta ja täydennysimpulssin toteutus. Kun ollaan vihreällä tasolla, varastotaso on hyvä. Jos tämä taso ylitetään, nähdään, että varastoa on liikaa. Jos ollaan keltaisella alueella, pystytään havaitsemaan, että varastotaso on laskenut ja lisää on tilattava heti seuraavalla kierroksella. Jos varastotaso on laskenut punaiselle tasolle, ollaan alle määritetyn minimitason, jolloin materiaalia on tilattava välittömästi lisää. Yleisesti ottaen visuaaliset merkit maksimi- ja minimivarastotasoista voivat ilmaista tilauspisteen, ongelman materiaalin hallinnassa tai liian suuren varaston. (Killick 2013)



KUVA 6. Visuaalisella ohjauksella toteutettu varastointi

### 3.4.3 Standardoidut työtavat

Shigeo Shingo käsittelee tutkimuksessaan toimintatapojen vakiointia, jolla tarkoitetaan sitä, että työohjeiden avulla on määritetty vakio toimintatavat, joiden mukaan työvaiheessa toimitaan. Näin toimimalla pyritään siihen, että kaikki työntekijät tekisivät työn samalla tavalla ja ennen kaikkea samassa järjestyksessä, jolloin työn jälki on yhtenäistä ja tätä kautta korkealaatuista. Vakioituilla toimintatavoilla on näin ollen myös merkittävä vaikutus laatuun, sillä tällöin poikkeamat havaitaan helpommin ja ongelmat ovat helpommin nähtävissä. (Shingo 1989.)

Standardoitujen toimintatapojen käyttö ei saa muodostua rasitteeksi työntekijälle, vaan toimintatapojen avulla tulisi pystyä motivoimaan työntekijöitä antamalla heille mahdollisuudet itse kehittää työtapoja ja sitä kautta koko prosessia. Vakio toimintatapojen käyttöönotossa on tärkeää löytää tasapaino tarkkojen toimintaohjeiden ja työntekijöiden vaikutusmahdollisuuksien välillä. Toisin sanoen toimintaohjeiden tulisi olla sopivan tarkkoja, jotta niitä voidaan seurata ja hyötyä, mutta toisaalta tarpeeksi avoimia sitten, että ne jättävät varaa joustavuudelle. Työntekijät tulisi osallistuttaa vakio toimintatapojen kehittämiseen. Jos työntekijät laativat itse toimintatavat, he myös paljon todennäköisemmin seuraavat niitä. (Liker 2004, 147.)

Les Killickin (2013) Lean-koulutusmateriaalin mukaan standardoidut työtavat ovat tapa varmistaa, että jokainen työ on määritelty niin, että se tehdään aina samalla

tehokkaimmalla mahdollisella tavalla. Tällöin varmistetaan myös korkea laatu siitä huolimatta kuka työn tekee. On tärkeää muistaa olla sekoittamatta ”mitä tehdä” ja ”kuinka tehdä” käsitteitä työhjeita dokumentoitaessa. Näiden ohjeistuksien tulisi olla toisistaan erillisiä, jotta työhjeesta ei muodostu liian monimutkainen ja vaikeasti hyödynnettävissä oleva.

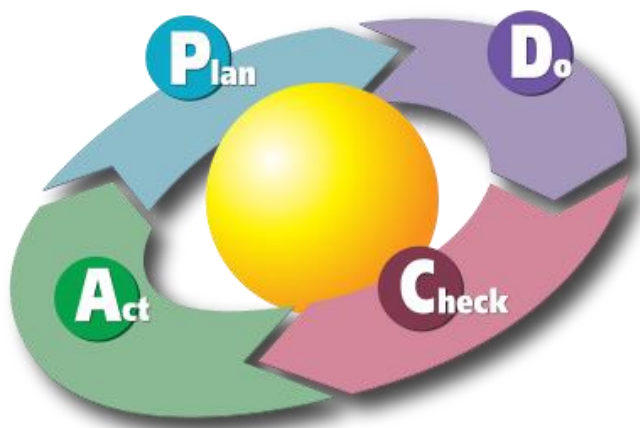
Työhjeet voidaan laatia todella tarkalle tasolle, jossa työntekijöiden liikkeet työalueella on tarkasti määritelty ja jopa kumpaa kättä käytetään missäkin työvaiheessa. Aluksi on hyvä lähteä liikkeelle kuitenkin karkean tason työhjeistuksesta standardoitaessa työtapoja. Kun tietylle tasolle on päästy vakioinnissa, pystytään työhjeistusta tarkentamaan. Kuten jo aikaisemmin todettiin, on tärkeää, että työntekijät osallistuvat työhjeen luomiseen, jotta heidät saadaan sitoutumaan työjärjestyksen noudattamiseen. (Killick 2013.)

#### **3.4.4 Kaizen – jatkuva parantaminen**

Kaizen on japanin kielen sana, joka tarkoittaa parantamista tai muutosta parempaan. Tällä sanalla viitataan usein jatkuvan parantamisen filosofiaan, jota käytetään prosessien parantamisessa. Kaizen on toimenpide, jolla tähdätään Leanin arvoa tuottamattomien toimintojen poistamiseen tai niiden minimointiin. Kaizeniin sisältyy muutosten tekeminen, niiden analysointi ja analyysin mukaiset jatkotoimenpiteet. Kaizeniin liittyy myös olennaisesti ongelmien juurisyiden etsiminen ja niiden ratkaiseminen. (Killick 2013.)

Muutosnopeuden kasvaessa ja kehityksen nopeutuessa, on yritysten kehitettävä ja parannettava toimintaansa jatkuvasti, jotta yritys pystyy pysymään kilpailukykyisenä. Kuvassa 7 on Demingin laatuympyrä, joka kuvaa PDCA-mallia (Plan, Do, Check & Act). PDCA on jatkuvan parantamisen malli, joka soveltuu kaikentyypisille organisaatiotasolle ja se on hyödynnettävissä kaikenlaisessa toiminnassa (Lecklin 2006, 49). Ensimmäisessä vaiheessa (plan) tunnistetaan ongelmat ja etsitään niille ratkaisut. Toisessa vaiheessa (do) valitaan ratkaisuvaihtoehdoista parhaat ja toteutetaan ne. Kolmannessa vaiheessa (check) analysoidaan toteutus ja kirjataan analyysin tulokset talteen. Neljännessä vaiheessa (act) tehdään edellisen vaiheen havaintoihin perustuen parannustoimenpiteet sekä varmistetaan, että toimintatavat pysyvät yllä. Lopulta

aloitetaan Demingin laatuympyrän mukainen sykli alusta ja tätä kautta saadaan aikaan jatkuvaa toiminnan parantumista. (PDCA 2013.)



KUVA 7. PDCA ympyrä (PDCA, 2013)

Jatkuva parantaminen on koko henkilöstön yhteinen toimintatapa tuottavuuden kehittämisessä ja prosessien tehostamisessa. Ne yritykset, joissa ei ole jatkuvan parantamisen kulttuuria menettävät auttamatta kilpailukykyään kilpailijoille. Työntekijöiden osallistuminen on avainkohta päästä jatkuvan parantamisen päämäärään. Jokainen tuntee parhaiten oman työnsä ja on näin ollen myös paras kehittäjä. Jokaisen työntekijän tulee osallistua jatkuvaan parantamiseen eikä vain pelkästään kehitysorganisaation. Osallistuminen takaa paremman sitoutumisen, paremman priorisoinnin ja paremmat ratkaisut. Samalla käyttöönotto on kitkatonta ja nopeampaa. Jatkuvan parantamisen kulttuurin juurruttaminen yritykseen onkin Leanin haastavin osa. (Killick 2013.)

### 3.4.5 Kanban

Kanban on Lean-periaatteen mukainen tuotannon ohjaus- ja ajoitusjärjestelmä, jonka avulla pystytään määrittämään mitä pitää tuottaa, milloin ja millaisissa määrissä. Sana kanban tulee japanin kielestä, jolla tarkoitetaan signaalia. Kanban mahdollistaa Just-In-Time (JIT) tuotannon. Kanban liittyy visuaalisiin työkaluihin jotka kuvaavat jonkun tarkasteltavan asian todellista tilaa. Sitä käytetään imujärjestelmässä signaloimaan koska tuotannon tulisi alkaa. Kanban ei ole pelkästään varastonhallintamenetelmä, vaikka sen vaikutukset näkyvät myös varastonhallinnassa. (Kanban 2013.)



Kanbanin toiminnassa käytetään yleensä Kanban-kortteja viestintämekanismina, joka kertoo, että komponentteja on kulutettu ja että lisää voidaan nyt valmistaa tai hakea varastosta käyttöön. Yksi esimerkki Kanban-järjestelmästä on monilaatikkojärjestelmä, jossa esimerkiksi on kaksi laatikkoa tiettyä nimikettä, jolloin yhden laatikon tyhjennyttyä syntyy impulssi tuoda tai tilata paikalle toinen laatikko. Tällöin käytössä on koko ajan komponentteja ja täydennys toimii kulutuksen mukaan, jolloin varastotasot pysyvät siedettävänä. Muita kanbanin muotoja ovat esimerkiksi taulut ja valot, jotka kuvaavat tuotannon tilaa. Kanban voidaan toteuttaa myös sähköisenä ERP-järjestelmään integroituna. (Stevenson 2007, 681.)

### 3.4.6 JIT

Just-In-Time (JIT) on teollisuudessa käytetty johtamisfilosofia. Se on logistinen varastonhallinta- ja tuotannonohjausstrategia, jonka perimmäisenä tarkoituksena on tehostaa tuotanto- tai myyntiprosessia. Menetelmän nimi tulee englannin kielen "juuri ajoissa" tarkoittavasta termistä. Suomessa käytetään JIT-lyhenteen sijasta joskus termiä JOT, joka tulee sanoista "Juuri Oikeaan Tarpeeseen". JIT-mallin perusideana on toimittaa ainoastaan niitä raaka-aineita ja tuotteita asiakkaalle silloin, kun niitä tarvitaan ja vain sen verran, kun niitä tarvitaan. Asiakas tässä tarkoittaa sekä loppuasiakasta että prosessien sisäisiä asiakkaita, kuten esimerkiksi prosessin seuraavaa työvaihetta. (Just-In-Time 2013.)

JIT-menetelmä on suunniteltu minimoimaan komponenttivarastoja. Leanin mukaan varastot ovat hukkaa ja varastoilla on usein taipumus toimia puskureina, jotka yleensä piilottavat toistuvat ongelmat ja näin ollen ongelmia ja näiden juurisyytä ei ikinä päästä ratkaisemaan. JIT menetelmällä pyritään vähentämään varastotasoa asteittain, jotta ongelmat tulevat esiin. Kun ongelmat ovat näkyvissä ja ratkaistu, pystytään tätä kautta varastotasoa laskemaan yhä enemmän kappaleessa 3.4.4 käsitellyn jatkuvan parantamisen mallin mukaan. (Stevenson 2007, 688.)

JIT-menetelmä on omiaan vähentämään tavaroiden varastoissa viettämää aikaa ja näin pienentämään varastokustannuksia. Menetelmän vaatimat tiheätahtiset kuljetukset tekevät siitä kuitenkin soveltumattoman yrityksille, jotka pyrkivät minimoimaan logististen kuljetusten aiheuttamaa kuormitusta ympäristölle. (Just-In-Time 2013.)

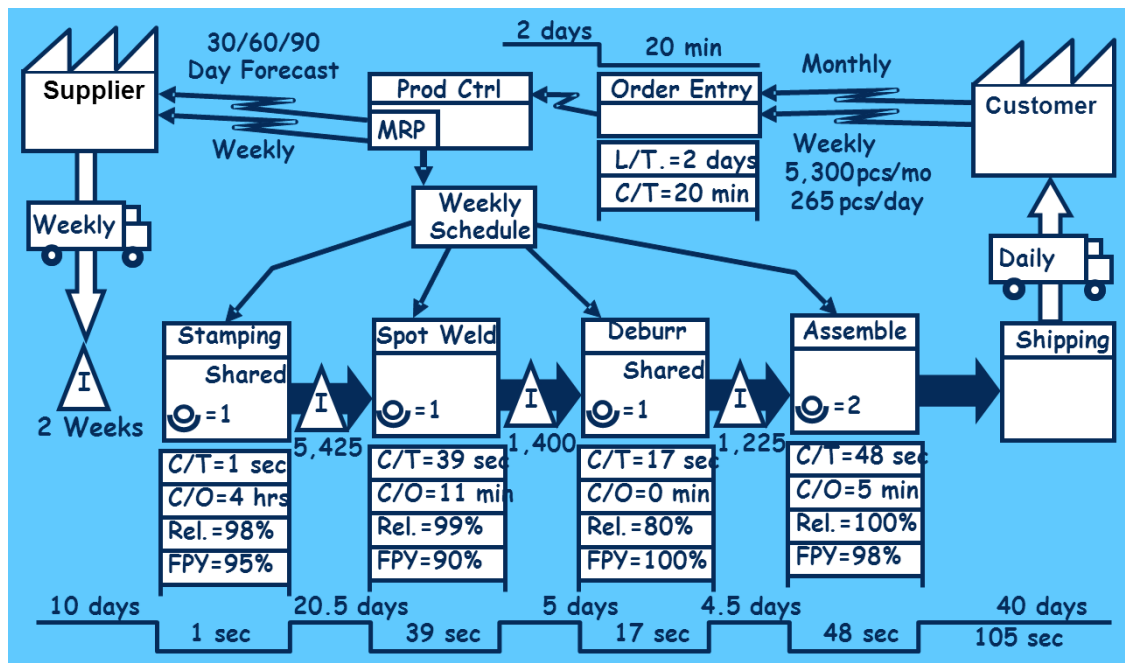
Käytännössä menetelmä tarkoittaa sitä, että oikea määrä oikeita resursseja, kuten laitteita, materiaaleja ja henkilöitä on saatavilla juuri oikeaan aikaan. Materiaalien oikeanaikainen ohjaus toteutetaan usein kappaleessa 3.4.5 läpikäydyn Kanban-menetelmän avulla. Kanbanin avulla seuraava työvaihe viestittää edelliselle, että se tarvitsee lisää komponentteja (esimerkiksi moduuleja). Signaali on siis visuaalinen merkki tuotoksen puuttumisesta tai vähenemisestä. (Stevenson 2007, 697-698.)

### 3.4.7 VSM

VSM tulee sanoista Value Stream Mapping ja suomennettuna se tarkoittaa arvovirtakuvausta tai arvovirtakartoitusta. VSM on Lean -johtamisfilosofian mukainen työkalu, jolla voidaan analysoida ja suunnitella materiaalien ja informaation virtausta, kun tuote tai palvelu tuotetaan asiakkaalle. Asiakkaalla tarkoitetaan tässä yhteydessä niin loppuasiakasta kuin sisäistäkin asiakasta. Arvovirtakartoitusta voidaan hyödyntää lähes kaikkiin arvoketjun prosesseihin niin tuotteen valmistukseen kuin esimerkiksi muutosehdotusprosesseihin. (VSM 2013.)

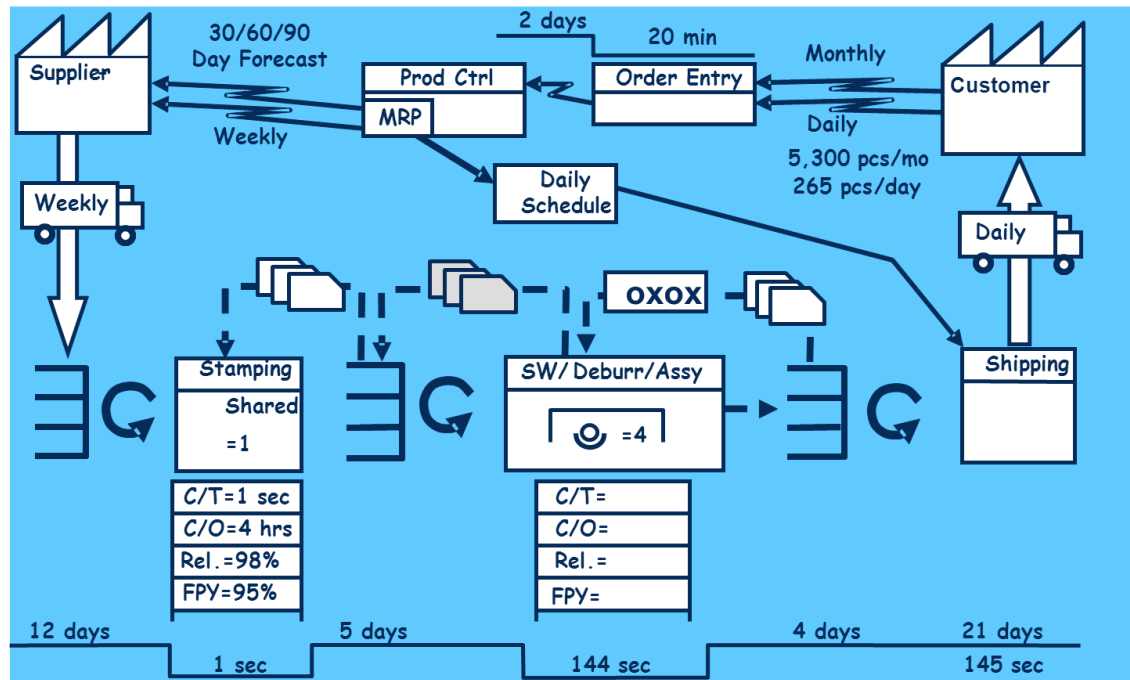
Arvovirtakartoituksessa pyritään visualisoimaan prosessin eri tasojen toimintaa. Kartoituksen avulla on helposti nähtävissä prosessin läpikulkeva virtaus ja missä kohtaa virtausta ei ole. Näin ollen arvovirtakartoituksella voidaan havaita prosessissa piilevät pullonkaulat. Kartoituksella pystytään myös havaitsemaan missä kohtaa prosessia ja miten paljon on arvoa tuottamatonta toimintaa. (Killick 2013.)

Arvovirtakartoituksen käyttöönotossa on neljä askelta. Ensimmäisenä askeleena on määriteltävä tuoteryhmä, jolle kartoitus tehdään. Tämän jälkeen kyseiselle tuoteryhmälle laaditaan nykytila-analyysi. Kuvassa 8 on nähtävissä esimerkki millaiselta nykytila-analyysi näyttää valmiiksi laadittuna. Kuvan alaosassa oleva porrastettu viiva näyttää arvoa tuottamattoman ja arvoa tuottavan toiminnan suhteen. Esimerkkitapauksessa tuotteen valmistamiseen käytetty arvoa tuottava aika on 105 sekuntia ja arvoa tuottamaton aika on 40 päivää, joka tässä tapauksessa on pääasiassa materiaalin varastossa viettämää aikaa. (Killick 2013.)



KUVA 8. Esimerkki nykytilanteen arvovirtakartoituksesta (Killick, 2013)

Seuraavana vaiheena arvovirtakartoituksessa on luoda tulevaisuuden tilanteen kartoitus, jossa luodaan visio siitä mihin ja miten toimintaa halutaan kehittää. Kuvassa 9 on nähtävissä tulevaisuuden tilanteen arvovirtakartoitus, kun tarvittavat kappaleessa 3.4.4 käsitellyt Kaizen toimenpiteet on tehty. Kuvasta nähdään, että kolme viimeistä työvaihetta päätettiin yhdistää, jolloin käytettävissä olevat työntekijät työskentelevät kaikki samassa solussa. Välivarastojen määrä on saatu supistettua ja käytössä on markettihyllyt, jotka toimivat imuohjausperiaatteella. Markettihyllyissä tavaroille on tietyt määrät paikat ja aina kun kyseisen tavaran paikka on tyhjä, on se osavalmistukselle impulssi valmistaa tuotetta lisää. Kuvasta nähdään, että arvoa tuottavan ajan määrä on lisääntynyt 145 sekuntiin, mutta arvoa tuottamattoman ajan määrä on supistunut reilusti 21 päivään, jolloin prosessin hyötysuhde on jo huomattavasti parempi. (Killick 2013.)



KUVA 9. Esimerkki tulevaisuuden tilanteen arvovirtakartoituksesta (Killick 2013)

Neljäs ja viimeinen vaihe on luoda suunnitelma, miten tulevaisuuden tilanteeseen päästään. Tässä vaiheessa määritellään toimenpiteet, joilla nykytilanne pystytään muuttamaan visioituun tulevaisuuden tilanteeseen. Kun toimenpiteet on suoritettu ja tavoitteeseen on päästy, toimii tulevaisuuden tilanteen arvovirtakartoitus uutena nykytilanteen arvovirtakartoituksena ja näin jatkuvalla parantamisella prosessia tehostetaan edelleen. (Killick 2013.)

Yleensä arvovirtakartoitusta tehdään usean eri osaston ihmisten muodostamissa tiimeissä, joissa on ihmisiä eri organisaatiotasoilta. Olisi myös hyvä jos joukossa on mukana myös yksi henkilö, jolle arvovirtakartoitusta ei ole tuttu menetelmä. Tällaisella henkilöllä on usein täysin erilainen ja uusi näkemys käsittelyssä olevaan asiaan. Tiimissä tulisi olla vähintään kolme ihmistä, mutta ei enempää kuin kymmenen ihmistä. Kartoitustiimiä tulisi johtaa VSM:n käytössä rutinoitunut henkilö. Tuloksena kartoituksessa tulisi aina olla arvoa tuottamattoman ja arvoa lisäävien toimintojen löytäminen ja havaitseminen prosesseista.

Arvovirtakartan avulla saadaan selvitettyä miten paljon missäkin prosessin vaiheessa tehdään hyödyllistä työtä ja kuinka paljon prosessissa on tuottamatonta aikaa esimerkiksi viiveiden ja tavaroiden etsimisen muodossa. Tehollisen työn ja

tuottamattoman työn suhde on prosessin hyötysuhde, jota organisaation kannattaa pyrkiä optimoimaan tuottamattomien tekijöiden eliminoinnilla. (Killick 2013.)

## **4 TUOTANTOLINJA JA LAITEMALLIT**

### **4.1 Vanha kokoonpanolinjan layout**

## 4.2 Sandvik Top Hammer

Sandvikin top hammer avolouhintaporauslaitteet on varusteltu hydraulisilla porakoneilla, jotka tekevät sekä isku että pyöritystyön. Top hammer poralaitteita on saatavilla useita eri malleja niin kevyistä kumipyöräalustaisista aina raskaisiin telaketjutraktoreihin saakka. Tässä kappaleessa käsitellään tarkemmin DX ja DPi laitemalleja. (Sandvik 2013.)

### 4.2.1 DPi –laitesarja

Sandvikin DPi laitesarjan laitteet ovat älykkäitä väyläohjattuja avolouhosporakonelaitteita. Laitteet on varusteltu uuden sukupolven älykkäillä poralaitteistoilla, jotka tuottavat tietoa esimerkiksi millä säädöillä poraus ja työstö tulisi suorittaa. Älykkään porausparametrin käyttö, koneen yksinkertainen käyttöliittymä, kehittynyt ROPS / FOPS-sertifioitu turvaohjaamo ja älykäs vianetsintä tekevät porauksesta sujuvaa ja tehokasta. Laitteita on tarjolla eri teholuokissa ja tehokkain malli on DP1500i. Muita laitesarjan laitteita ovat DP1100i, DP900i ja DP800i. Kuvassa 10 on DP1500i laitemalli, jossa syöttölaite on nostettu ajoasentoon. (Sandvik 2013.)



KUVA 10. DP1500i poralaite (Sandvik, 2013)

DPI laitesarjan laitteita myydään Tier 3 sekä Tier 4 päästöstandardit täyttävinä malleina. Eri päästöstandardit täyttävissä laitteissa on rakenteellisia eroja ja hieman erilaisia komponentteja. Suurin ero löytyy laitteiden voimayksiköistä ja moottoreihin liittyvistä jälkikäsittelylaitteista.

#### 4.2.2 DX –laitesarja

Sandvikin DX-porauslaitteet ovat itsenäisiä tela-alustaisia avolouhosporalaitteita, joissa on kääntyvä ylävaunu. Poralaite on vakaa myös epätasaisessa maastossa. Laitteella voidaan porata 12 tuntia tauotta. Laitteessa on suuri imukykyinen pölynerotin ja kehittynyt puomin muotoilu. Poralaitteessa on ergonominen ohjaamo, tehokas hydraulinen porakone ja koneellistetut kangenkäsittelijät. DX:n kääntyvä ylärakenne ja laitteen tehokkuus, tarkkuus ja monipuolisuus tekee laitteesta erinomaisen valinnan rakennus-, louhinta- tai kaivostoimintaan. DX laitteita on saatavilla eri teholuokista ja eri porakalusto vaihtoehdoin: DX500, DX680, DX700, DX780 ja DX800, joista viimeiseksi mainittu on tehokkain. DX laitteita myydään myös sekä Tier 3 että Tier 4 päästöstandardit täyttävinä versioina. Kuvassa 11 on Sandvik DX780 porausvalmiudessa. (Sandvik 2013.)



KUVA 11. DX780 poralaite (Sandvik, 2013)



### **4.3 Sandvik DTH**

Sandvik DTH (Down The Hole) porauslaitteet eroavat Sandvikin muista pintaporalaiteista sillä, että niissä ei ole normaalia porakonetta, joka tekee sekä iskun että pyöritystyön. Laitteissa on pyöritysmoottori, joka tekee pyöritystyön ja iskutyön tekee uppoasara, josta laitetyypin nimikin juontaa. DTH-avolouhintaporauslaitteet on varusteltu tehokkailla down-the-hole-porakoneilla, jotka on suunniteltu suuren kapasiteetin kallionporauksiin louhoksiin, avolouhoksiin ja rakennushankkeisiin. Laitteet ovat erittäin tuottavia, luotettavia ja laitteilla on matalat elinkaarikustannukset. (Sandvik 2013.)

#### **4.3.1 DI550**

Sandvik DI550 on ensimmäinen uuden kehittyneen DTH-porauslaitteiston edustaja. Poralaite on itsenäinen tela-alustainen avolouhintaporalaite. Laitteissa on tehokkaat pölynerottimet ja erinomaisen näkyvyyden tarjoavat turvaohjaamot. DI550 on suurten ja keskisuurten louhosten ja urakoitsijoiden valinta. DI550 omaa korkean suorituskyvyn ja tuottavuuden, joiden lisäksi laitteella on ensiluokkaisia ratkaisuja porauksenhallintaan. Laitteella on pienet käyttökustannukset, alhainen polttoaineen kulutus sekä moderni ja tarkka ohjausjärjestelmä. Kuvassa 12 on DI550 laite porausvalmiudessa. (Sandvik 2013.)



KUVA 12. DI550 poralaite (Sandvik, 2013)

## **5 UUDEN TYÖJÄRJESTYKSEN JA LAYOUTIN KEHITTÄMINEN**

### **5.1 Lähtökohdat ja tavoitteet vakiotyöjärjestyksen luomiselle**





## 5.2 Ideaalijärjestys







### **5.3 Menetelmä standardityöjärjestyksen luomiseen**



## 5.4 DPi-laitteen rakenne



## **5.5 Standardityjärjestyksen luominen DPi -poralaitteelle**





### **5.5.1 Uuden ja vanhan työjärjestyksen vertailu**















## **5.5.2 Uuden standardityöjärjestyksen kokoonpanolinjan layout**





### **5.5.3 Uuden työjärjestyksen käyttöönotto**

## 5.6 Standardityjärjestyksen hyödyt



## 6 JATKOKEHITYSEHDOTUKSIA







## **7 JOHTOPÄÄTÖKSET**





## LÄHTEET

Harri, H. 2008. Tamrock, Through the rock. Tampere: Kirjapaino Hermes Oy. Julkaisija: Sandvik Mining and Construction Oy.

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous, 5. painos. Tampere: Tammer-Paino Oy

Heiskanen, V. & Karttunen, S. 2010. Käyttöpääoma ja nettokäyttöpääoma eri teollisuudenaloilla. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknistaloudellinen tiedekunta. Kandidaatintyö.

Just-In-Time, 2013, luettu 27.2.2013.  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Just-In-Time>

Kanban, 2013, luettu 22.3.2013.  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kanban>

Killick, L. Senior manager. 2013. Lean koulutusmateriaali 13-15.3.2013. Sandvik Construction.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät, 1. painos. Porvoo: WSOY

Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä, 5. painos. Hämeenlinna: Talentum Media Oy.

Liker, J. K. 2004. The Toyota Way. New York: McGraw-Hill

Liljaranta, P. VP supply, 2013. Esitysmateriaali standardityöjärjestyksestä (esitys: 20.2.2013). Sandvik Construction.

Luoto, J. 2012. Sisäisen logistiikan kehittäminen. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kone – ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, modernien tuotantojärjestelmien suuntautumisvaihtoehto. Opinnäytetyö.

Nurmi, V, 2012. Sähköisen dokumentaation kehittäminen kokoonpanossa. Tampereen teknillinen yliopisto. Tuotantotekniikan laitos. Diplomityö.

PDCA, 2013, Luettu 27.3.2013.  
<http://en.wikipedia.org/wiki/PDCA>

Sandvik Mining and Construction Oy, 2013. Luettu 26.2.2013.  
<http://www.miningandconstruction.sandvik.com/fi>

Savolainen, H. Rakennekäsittelijä. 2013. Haastattelu 6.3.2013. Haastattelija Länsimies, A. Sandvik, Tampere.

Shingo, S. 1989. A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint. English translation.

Stevenson, W, 2007. Operations Management. International Student Edition with Global Readings, 9<sup>th</sup> edition. New York: McGraw-Hill

VSM, 2013, luettu 22.3.2013.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Value\\_stream\\_mapping](http://en.wikipedia.org/wiki/Value_stream_mapping)

**LIITTEET**

Liite 1. Vanha layout

Liite 2. Vanha ja uusi vaihemalli DPi:lle

### Liite 3. Uusi layout

Liite 4. Standardityöjärjestys DPi -laitemallin poralaitteelle

1(6)







4 (6)

5 (6)

6 (6)