

Jere Salminen

UPS-tuotantolinjan toimitusvarmuuden parantaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

31.08.2017

Tekijä Otsikko	Jere Salminen UPS-tuotantolinjan toimitusvarmuuden parantaminen
Sivumäärä Aika	27 sivua + 2 liitettä 31.08.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Manufacturing Manager Paavo Törmänen Lehtori Esko Tattari
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia mahdollisia toimenpiteitä UPS:iä valmistavan tuotantolinjan aikatauluongelmien vähentämiseksi ja poistamiseksi sekä selvittää keinot joilla tuotantolinjan toimitusvarmuutta voidaan parantaa. Tämän lisäksi kartoitettiin toimenpiteitä, joilla päästäisiin puuttumaan ongelmien jälkeiseen liian hitaaseen palautumiseen.</p> <p>Insinööriyössä tutkittiin yhden tuotantolinjan nykytilannetta sekä niitä asioita jotka johtivat tuotannossa esiintyneisiin ongelmiin ja miten niitä voitaisiin vähentää tai miten niistä päästäisiin kokonaan eroon. Tutkimuksen painopiste oli työaikamittauksissa, joiden tarkoituksena oli selvittää kuinka kauan kullakin työpisteellä menee aikaa kunkin työvaiheen suorittamiseen.</p> <p>Lean-ajattelu on käytössä myös Eatonilla, eli kyseessä on johtamisfilosofia, jonka tarkoituksena on yksinkertaistaa prosesseja, vähentää ja eliminoida usean eri hukan määrää prosessissa. Ylituotanto, tarpeettoman suuri varastointi materiaaleille, kuljetus ja tavaroiden siirtely, prosessointi, toiminta joka aiheutuu viallisesta tuotteesta, odottaminen ja tarpeeton liike ovat kaikki sellaisia hukkia, joita lean-ajattelulla pyritään vähentämään ja eliminomaan. Työssäni juurisyy selvittämisessä oli apuna Leaniin pohjautuva A3 eli visuaalinen ongelmanratkaisutyökalu.</p> <p>Työn lopputuloksena tuotantolinjalle tehtiin uusien mittaustulosten pohjalta balansointi. Tällä toimenpiteellä linjan työkuorma saatiin työntekijöiden välillä tasapainoon. Toimitusvarmuuden osalta toimenpiteillä oli toimitusvarmuutta kasvattava vaikutus tuotantolinjaan.</p>	
Avainsanat	lean, balansointi, A3, tahtiaika

Author Title	Jere Salminen UPS production line reliability improvement
Number of Pages Date	27 pages + 2 appendices 31 August 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Paavo Törmänen, Manufacturing Manager Esko Tattari, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to investigate possible measures to reduce and eliminate the scheduling problems of the UPS production line and to explore ways to improve the supply reliability of the production line. In addition, measures were identified to address the too slow recovery after the problems.</p> <p>The thesis investigated the current state of a single production line and the issues that led to problems in production and how to reduce or eliminate them. The focus of the study was on working time measurements to determine how long each workstation will take time to complete each work stage.</p> <p>Lean thinking is also in use with Eaton, that is, a management philosophy aimed at simplifying processes, reducing and eliminating the number of different loopholes in the process. Overproduction, unnecessary storage of materials, transportation and goods transfer, processing, resulting from a defective product, waiting and unnecessary movement are all the losses that Lean thinking is intended to reduce and eliminate. In my work, the A3, based on the Lean-based visual problem-solving tool</p> <p>As a result of the work, balancing was done on the production line based on new measurement results. With this measure, the workload of the line was reached in the balance between employees. As far as reliability of supply is concerned, measures have had an increasing effect on the production line on reliability of supply.</p>	
Keywords	lean, balancing, A3 problem solving, cycle time

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Työn standardointi ja Lean-filosofia	2
3	Toimitusvarmuuden ylläpito	5
	3.1 Tutkimuksen tausta	5
	3.2 Lähtötilanne	6
	3.3 Muutostarpeen syyt	10
	3.4 Toimitusvarmuus	11
	3.5 Tutkimusstrategiat ja -menetelmät	12
4	Toimenpiteissä käytetyt työkalut	14
5	Ongelmien kartoitus ja toimenpiteet	19
6	Johtopäätökset	22
7	Yhteenveto	24
	Lähteet	27
	Liitteet	
	Liite 1. Linjan kulkukaavio	
	Liite 2. Työaikamittauslomake	

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä tutkitaan mahdollisuuksia parantaa tuotantolinjan toimitusvarmuutta, aikataulussa pysymistä ja sitä kautta samalla tuottavuuden parantamista. Insinööriyö on tehty Eaton Power Quality Oy:lle jonka tehdas sijaitsee Espoossa. Tehtaalla on useampia tuotantolinjoja, joiden on tarkoitus toimia täydellä kapasiteetilla.

Työn tavoitteena on löytää ja toteuttaa lyhyen ajan toimenpiteet, joilla kysyntävaihteluiden aiheuttamiin kapasiteettitarvepiikkeihin pystytään vastaamaan niin, että toimitusvarmuus saadaan pidettyä korkealla tasolla. Tuottavuuden kasvu on toissijaisena tavoitteena eikä työturvallisuuden ja tuotelaadun osalta saa tehdä kompromisseja.

Riittävän lyhyt aika UPS-laitteen tilauksesta sen saapumiseen asiakkaalle on tänä päivänä aina vain tärkeämpää, minkä takia tuotannon valmius valmistaa laitteita siinä järjestyksessä, kun niitä on tilattu nousee suureen arvoon. Materiaalien ja resurssien varmistaminen ennen tuotannon aloitusta on entistäkin tärkeämpää jatkuvasti kasvavan asiakastarpeen vuoksi.

Käsittääkseni vastaavanlaisissa yrityksissä on samantapaisia ongelmia mm. käytettävissä olevat resurssit, raha, tilan tarpeen jatkuva kasvu sekä yhteistyökumppanit ja alihankkijat.

Koska Eatonilla räätälöidään laitteita myös asiakkaiden toivomusten mukaisesti, aiheutuu tästä ylimääräistä viivettä vaikka mitään varsinaista ongelmatilannetta ei olisikaan. Viive voi johtua esim. siitä, että pienellä menekillä olevia harvemmin tarvittavia komponentteja ei ole kustannustehokasta pitää varastossa eli ne tilataan erikseen.

Tuotantolinjalla jo pidempään jatkuneiden aikatauluongelmien ja heikon toimitusvarmuuden vuoksi on päätetty aloittaa korjaavien toimenpiteiden kartoitus asioiden korjaamiseksi. Työssä käydään läpi tuotannon tämän hetkistä tilannetta ja siinä esiintyviä ongelmakohtia. Etenkin toimitusvarmuutta on nostettu esille uudella

tavalla vuodelle 2017 ja sen seuranta pidetään entistäkin tärkeämpänä. Yrityksen sisäiset tavoitteet painostavat toimenpiteisiin ja muutoksiin.

Eaton yrityksenä

Eaton Power Quality Oy on maailmanlaajuinen yritys jonka pääkonttori sijaitsee Irlannissa. Eatonin tuotteisiin kuuluu häiriöttömän sähkönsyötön ratkaisujen (UPS) lisäksi sähköhallinnan tuotteita, kuten ylijännitesuojat, virranjakoyksiköt, kaukovalvonta- ja UPS-ohjelmistot, rakit lämmönhallinnalla- ja tekniset palvelut. Suomen tehdas sijaitsee Espoon Koskelossa, ja se valmistaa pääasiassa UPS-laitteita useammalla eri tuotantolinjalla aina 8 kVA:sta 1200 kVA:han saakka.

UPS on häiriöttömän sähkönsyötön laite, jonka tehtävänä on taata tasainen virransyöttö lyhyissä katkoksissa tai syöttöjännitteen epätasaisuuksissa. UPSit voivat syöttää virtaa suojaamilleen laitteille lyhyiden verkkokatkoksien ajan. Käyttökohteita on aina yksittäisestä tietokoneesta kiinteistöihin, teollisuuteen, infrastruktuurin sovelluksiin ja muihin kriittisiin järjestelmiin.

2 Työn standardointi ja Lean-filosofia

Työn standardointi

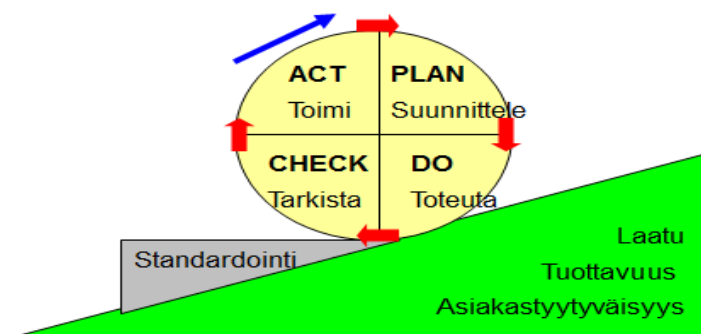
Työn standardoinnilla tarkoitetaan sitä, että työlle tai prosessille on laadittu jokin tietty toimintatapa, jolla maksimoidaan prosessin tuottavuutta ja tehokkuutta. Standardointi tukee tehokasta aikatauluttamista, antaa informaatiota helposti ymmärrettävässä muodossa, toimii työkaluna uusille työntekijöille sekä luo pohjan jatkuvalla parantamiselle, jota kutsutaan nimellä kaizen. Standardoitu työ vakiinnuttaa riippuvuuden tahtiajan ja vaiheajan välille eliminoidakseen hukkan määrää prosessissa. Tahtiaika on ajanjakso, jonka välein yksi tuote saadaan valmiiksi ja vaiheaika on yhdellä työpistellä yhtä työvaihetta kohtaan käytetty aika [1.]

Standardoitu työ perustuu niin sanottuihin eläviin dokumentteihin, joita päivitetään jatkuvasti ja jotka keskittyvät kehittämiseen eikä kaavamaisiin sääntöihin. Taiichi Ohnon [2] mukaan ”Siellä missä ei ole standardeja sitä ei voida parantaa”.

Kun työ tehdään standardoidusti, sen riskit tiedostetaan, jolloin työturvallisuus paranee. Standardointi parantaa prosessia itsessään organisoimalla työn eri vaiheet jouhevaan järjestykseen toisiinsa nähden. Standardointi on pohjana kontrolloiduille prosessille jolloin työnteko ja työn johtaminen helpottuu, jolloin saavutetaan nopeampi reagointi ongelmiin. Prosessin vaihtelevuuden vähenevät kokoonpanossa työntekijästä riippumatta yhteisen toimintatavan eli standardin vuoksi ja lisäksi hukan määrä työssä vähenee. Tästä nostaisin esimerkkinä linjan työohjeet. Kaikki toimivat yhtenäisesti sovitulla tavalla. Kun linja toimii yhtenäisesti, saadaan aikaan tuottavampi prosessi.

Jatkuvassa parantamisessa tavoitellaan laatua, tuottavuutta ja asiakastytyvyyttä. Standardoimalla tehdyt muutokset estetään PDCA:ta vyörymästä takaisin vanhaan vaan se kiilautuu paikalleen. PDCA on lyhyesti käännettynä ongelman ratkaisumalli ja kehittämismenetelmä, josta kuva 1 alla. Ideat toteutetaan hallittuina muutoksina eikä mitään oteta välittömästi käyttöön vaan aina on oltava paluureitti edelliseen tilaan. Muutoksen vaikutuksia analysoidaan, jonka jälkeen ne todetaan joko hyväiksi ja implementoidaan tuotantoon, tai huonoiksi, jolloin niitä pyritään kehittämään lisää tai ne hylätään kokonaan.

Parannuksien standardoinnilla estetään paluu vanhoihin totuttuihin toimintamalleihin ja -tapoihin. Kuvan 1 mukaan jatkuvilla muutoksilla päästään kohti parempaa laatua, tuottavuutta ja asiakastytyvyyttä. Jokainen muutos nostaa pyörää ylemmäs ja standardointikiila estää sen valumisen kauemmaksi tavoitteista.



Kuva 1. PDCA-kaavio [3].

Lean Eatonilla

Toimistoprosesseilla on suuri vaikutus tuotantoon, esim. huono ennustaminen johtaa siihen, että materiaalia on liikaa tai liian vähän. Liian vähäiset materiaalit vaikeuttavat ja hidastavat laitteiden valmistumista, mikä ajaa tuotantoa tekemään ylitöitä. Toisaalta, jos materiaalia on liikaa, se nostaa varastojen arvoja ja vie turhaa tilaa, josta puolestaan aiheutuu turhaa tavaroiden siirtelyä. Tuotantoprosessilla niin ikään on suuri vaikutus toimistoon, esim. laite ei valmistu ajoissa puutteellisten materiaalien vuoksi. Lähetystä joudutaan siirtämään ja tuloksena on tyytymätön asiakas [1.]

Lean-ajattelu eli johtamisfilosofia, jonka tarkoituksena on yksinkertaistaa prosesseja, vähentää ja eliminoi usean eri hukan määrää prosessissa. Jotta lean toimii tuotannossa, on vähennettävä arvoa tuottamattomia toimintoja ja hukkia. Asiakkaiden tarve ohjaa tuotantoon hankittavien materiaalien määrää. Tällä tavalla ei synny liian suurta varastoa eikä siitä aiheudu siirtelyn myötä hukkaa [4.]

Tavaroiden liika varastointi aiheuttaa turhaa liikettä, siirtelyä ja nostaa varastoarvoa. Kokoonpanotyössä lean parantaa tuotteiden läpimenoaikoja, vähentää laatuvirheitä ja niistä aiheutuvia korjauksia.

Ylituotanto, tarpeettoman suuri varastointi materiaaleille, kuljetus ja tavaroiden siirtely, prosessointi, toiminta joka aiheutuu viallisesta tuotteesta, odottaminen ja tarpeeton liike ovat kaikki sellaisia hukkia, joita lean-ajattelulla pyritään vähentämään ja eliminoimaan.

Edellä mainittuja lean-tuotantoon liittyviä hukkia vähennetään Eatonilla seuraavasti. Ylituotantoa ei pääse syntymään, koska kaikki laitteet valmistetaan aina vain tilausta varten. Lisäksi materiaalit hankitaan tilausten ja valmistettavien laitteiden määrien mukaan joko päivä- tai viikkotasolla. Laitteiden rungot ja isompi mekaniikka sekä päivittäin käytetyt komponentit tilataan kotiinkutsulla raakamateriaalivarastolta. Kotiinkutsu on materiaalien mekaanista tilaamista.

Tällä tavalla ylimääräistä varastoa pääsee harvoin syntymään, jolloin vältetään turhalta liikkeeltä, materiaalien siirroilta ja prosessoinnilta. Viallisen materiaalin pääsy tuotantoon estetään vastaanottotarkastuksilla, kun taas odottamista ja tarpeetonta

liikettä eliminoidaan muutamilla olennaisilla keinoilla, joita käsittelen insinööriyössäni myöhemmin yksityiskohtaisesti.

3 Toimitusvarmuuden ylläpito

Tässä luvussa esittelen tuotantolinjan tämänhetkisen tilanteen ja nykyisen prosessin syventymättä kuitenkaan liikaa eri osakokoonpanojen tarkempaan kuvaukseen ja työvaiheiden selventämiseen. Tämän lisäksi kerron taustoja työn tarkoitukselle sekä siitä, miksi muutoksia tarvitaan ja mitä niillä halutaan saavuttaa.

3.1 Tutkimuksen tausta

Espoon tehtaalla on seitsemän eri tuoteperhettä useammalla eri tuotantolinjalla, joista tutkimuksen kohteena olevalla linjalla tehdään suuremman teholuokan laitteita. Tutkimuksen pohjana on tuotantoaikataulussa pysyminen kyseisiä laitteita valmistavalla linjalla.

Vuoden 2016 aikana tuotanto kärsi pahoista toimitusvarmuusongelmista, joihin insinööriyössäni lähden kartoittamaan vaadittuja toimenpiteitä. Toimitusvarmuudella on jatkuva korkea tavoitetaso, mutta nyt se on nostettu merkittävämmiin esille vakauden ylläpitämiseksi. Asiakastyytyväisyyden ja toimitusvarmuuden vuoksi on ryhdyttävä toimenpiteisiin, joiden avulla tavoitteisiin päästään ja niissä pystyttäisiin pysymään palaamatta takaisin lähtötilanteeseen. Jotta saataisiin mahdollisimman realistinen kuva tavoitteiden onnistumisesta ja niiden saavuttamisesta, on päätetty, että toteutuksen tuloksia aletaan seuraamaan vasta, kun tuotantolinjalle vaaditut toimenpiteet on saatu täytäntöön.

Kokoonpanolinjalla laitteiden mukana kulkee seurantalomake, josta työntekijä halutessaan voi tarkistaa laitteen tavoitellun valmistumisajankohdan. Tässä kohtaa työntekijän halu, kiinnostus ja motivaatio nousee melko suureen arvoon. Tietysti näitä asioita käsitellään päivittäispalaverissa, mutta jos linjaesimies ei saa kokoonpanijoille tehtyä selväksi linjan tämän hetkistä tilannetta ja sitä millä aikataululla laitteiden tulisi valmistua, se tuottaa ongelmia. Tilauskannan tulkinta esimiehen näkökulmasta on

melko olennaista. Sen perusteella voidaan miettiä, kuinka paljon eri materiaaleja, kuten kaapeleita ja mekaniikkaa, tarvitaan kyseisellä viikolla.

Materiaaleja ohjataan imuohjauksella, joka tarkoittaa sitä, että kysynnän lisääntyessä materiaalien tarve kasvaa. Tämä on toteutettu siten, että jokaiselle materiaalille on oma laatikko, jossa materiaalit kulkevat toimittajan ja tehtaan välillä. Näitä laatikoita kutsutaan kanbaneiksi, jotka lähtevät tyhjinä tehtaalta toimittajalle ja palautuvat tietyn kiertosyklin mukaisesti täysin tehtaalle. Laatikon lähtöä ja saapumista seurataan erillisen tietokonepohjaisen seurantaohjelman avulla.

Kanban on myöhästyneessä tilassa vasta tietyn ajanjakson jälkeen eli silloin, kun kanban on ollut toimittajalla liian pitkään. Materiaalien todellinen tarve voi olla esimiehellä tiedossa, mutta kanbankierron idea ei ole se, että kysellään jokaisen laatikon perään erikseen vaan ideaalitulanteessa niiden tulisi kiertää ongelmitta ja olla kokoajan ajallaan. Jos häiriöt kanbankierrossa ovat kriittisiä, työn standardoitu eteneminen vaikeutuu, jolloin kokoonpanoaika kasvaa. Yksittäistä laitetta ei voida valmistaa normaalilla työllä loppuun osapuutoksen vuoksi, joten sen siirtely ja laitteelta toiselle liikkuminen on asiakkaalle arvoa tuottamatonta hukkaa.

Tilattavien laitteiden vaihtelevuus saattaa seisottaa jotain tiettyä kanbania monta päivää tai viikkoa. Tällä hetkellä kanbaneille on merkitty omat paikat. Mikäli näitä muutetaan jatkuvasti, se sekoittaa työntekijöitä. Jotkin mekaniikka- tai kaapelisetit ovat painavampia kuin toiset mikä pitkälti määrittää niiden lukumäärät kanbaneissa sekä kanbanien määrät rullakoissa käytännöllisyyden rajoissa. Kanbanien lukumäärä on suoraan verrannollinen tehtaalle saapuvan materiaalin määrään. Näihin muutamiin syihin vedoten kanbaneja ei voi olla mielettömiä määriä kierrossa. Suuri määrä erilaisia materiaaleja on myös haitaksi tuotannon työntekijöille, koska oikean materiaalin löytämisessä kestää enemmän aikaa joka lisää hukkaa. Lisäksi kommunikointi työntekijöiden kesken häiriintyy näköesteiden vuoksi.

3.2 Lähtötilanne

Tuotannossa tehdyt asennus- tai huolimattomuusvirheet sekä erinäiset laatuviat vaikeuttavat aikataulussa pysymistä. Laitteen hajoaminen testissä pysäyttää tuotannon testauksen päässä, koska testaaja alkaa selvittämään vikaa, jolloin laitteita ei valmistu

tai niitä ei saada eteenpäin seuraaviin työvaiheisiin. Tästä huolimatta linjakokoonpanijat jatkavat kuitenkin työntekoa normaalisti, mikä kasaa laitteita testausjonoon. Näin ollen testaukseen kasaantuu liikaa kuormaa, ja jos vikoja on useammassa laitteissa peräkkäin, kasvaa työkuorma testauspuolella niin suureksi, että laitteiden korjaaminen ja aikatauluun takaisin pääseminen tulee olemaan melko hankalaa normaalin työajan puitteissa.

Kun tilauksia tulee paljon verraten linjan kykyyn valmistaa laitteita, niin yleensä laitteiden valmistuminen on materiaalien saatavuudesta kiinni eikä siitä, etteikö linja pystyisi niitä tuottamaan. Tällöin kokoonpanossa tarvittavien osien kysyntä ylittää toimittajan tuotantokapasiteetin.

Tilausmäärän noustessa riittävän korkeaksi harkitaan ylitöiden tekemistä tai toimitusajan pidentämistä, jotta tilaukset saadaan seuraavalle viikolle ja tilauskanta purettua. Sovittua lyhyemmällä toimitusajalla luvatut, usein yllättäen tehdyt tilaukset sotkevat toimitusaikatauluja. Vähemmän kiireelliset tilaukset siirretään myöhemmäksi ja priorisoidaan tärkeitä tilauksia.

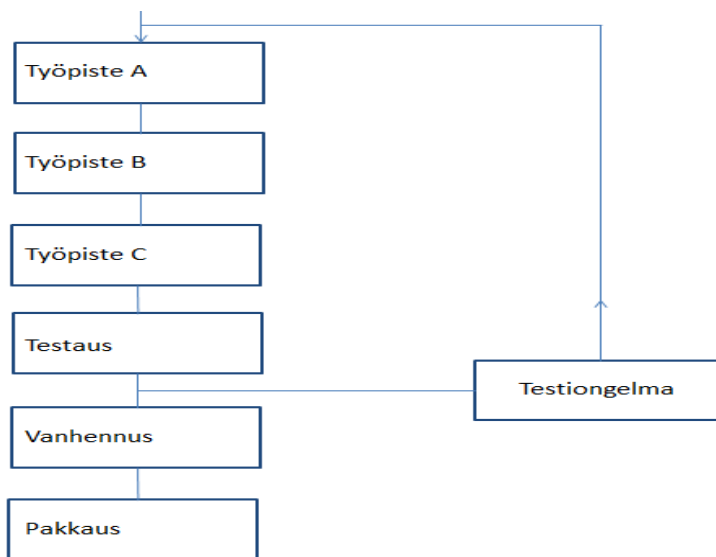
Kuvassa 2 on esitettyä linjan vuokaavio. Vuokaavio on yksinkertaistettu todellisesta tilanteesta eikä siinä kerrota tarkemmin kokoonpanovaiheita eikä työpisteiden nimiä. Työpisteiden välissä on tuotannon alkuvaiheella tehty osakokoonpanojen testausta. Näin on estetty viollisen komponentin pääseminen laitteen lopputesteihin. Testeistä on luovuttu vähäisten laatupoikkeamien tai lähes olemattoman pienen viollisen materiaalin määrän vuoksi. Komponenteille ja muulle tuotannossa käytetyille materiaaleille tehdään kuitenkin satunnaisia vastaanottotarkastuksia tarpeen niin vaatiessa. Tämän lisäksi tuotantolinjalla työskentelevät henkilöt tekevät jatkuvaa visuaalista tarkastusta kokoonpanojen yhteydessä.

Kun laite on osakokoonpanoista valmis, sille tehdään toiminnallinen testi. Testin jälkeen laitetta käytetään vaaditun ajan verran kohtuullisella kuormalla, josta se menee pakattavaksi.

Osakokoonpanon kannalta materiaalien on oltava sijoiteltuna siten, että niiden hakemiseen ei kulu liikaa aikaa ja että ne ovat optimaalisessa paikassa.

Materiaalimies hoitaa kaikki kokoonpanossa vaadittavat osat linjalle työntekijöiden saataville. Kanbanrullakot, muut komponentit ja materiaalit on sijoitettu siten, että ne ovat työpisteen välittömässä läheisyydessä, josta ne on osakokoonpanijan helppo hakea niitä tarvittaessa.

Vuokaavion ulkoasua on muokattu helpommin tulkittavaksi ja sitä voidaan lukea eri tavoilla. Testeissä kiinni jäänyt viallinen laite ei suinkaan mene tuotannon alkuun hidastamaan uusien laitteiden valmistusta vaan se otetaan sivuun jatkotutkimuksia varten. Laite otetaan uudelleen testiin, kun vika on paikannettu ja korjattu.



Kuva 2. Linjan vuokaavio.

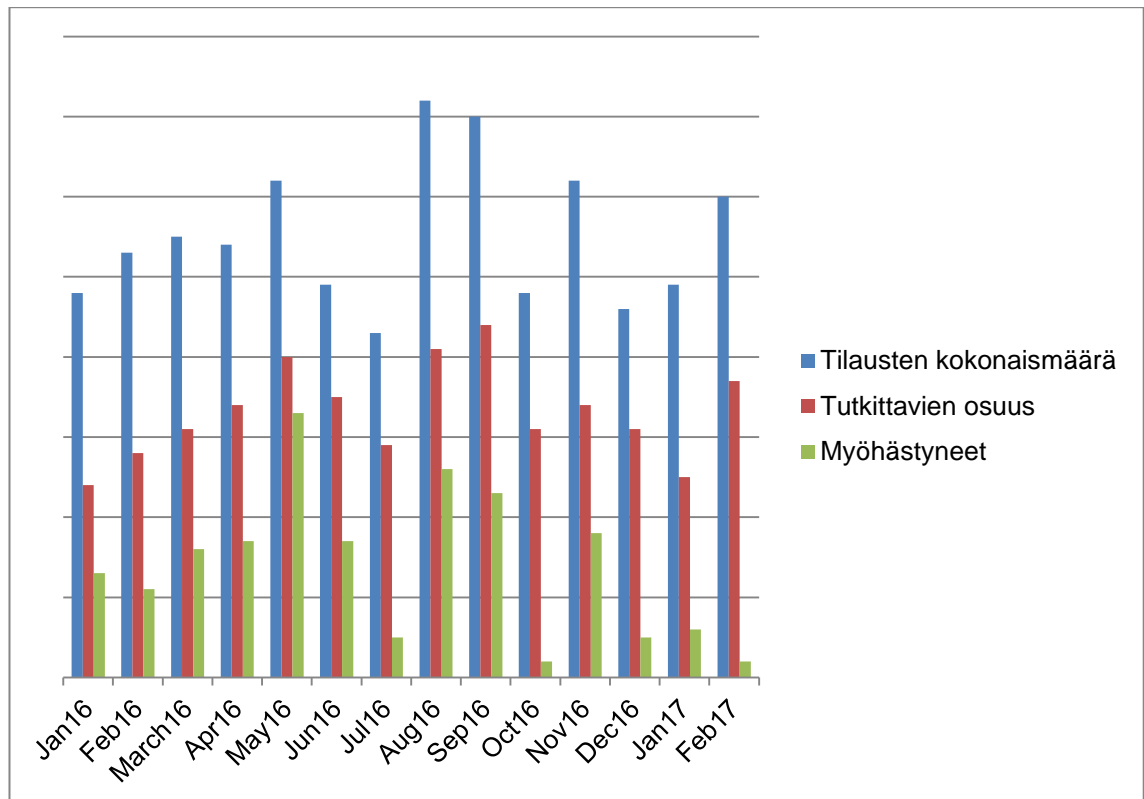
Kuvassa 3 on vertailtu koko 2016 vuoden tilausmääriä sekä vuoden 2017 alun tilausmääriä.

Tilastoon on otettu mukaan vertailun vuoksi kaikkien sisään tulleiden tilausten määrä, joka näkyy sinisellä värillä. Näin pystytään paremmin hahmottamaan opinnäytetyön tutkimuksen kohteena olevien tilausten osuus, jota merkitään punaisella. Tilauksia joita ei ole saatu ajallaan valmiiksi on kuvattu kuvan vihreässä palkissa.

Vihreätä palkkia tarkasteltaessa tulee huomioida, että se sisältää muista tuotantolinjoista johtuvat myöhästymiset. Laite on saatu linjalta ajallaan valmiiksi, mutta

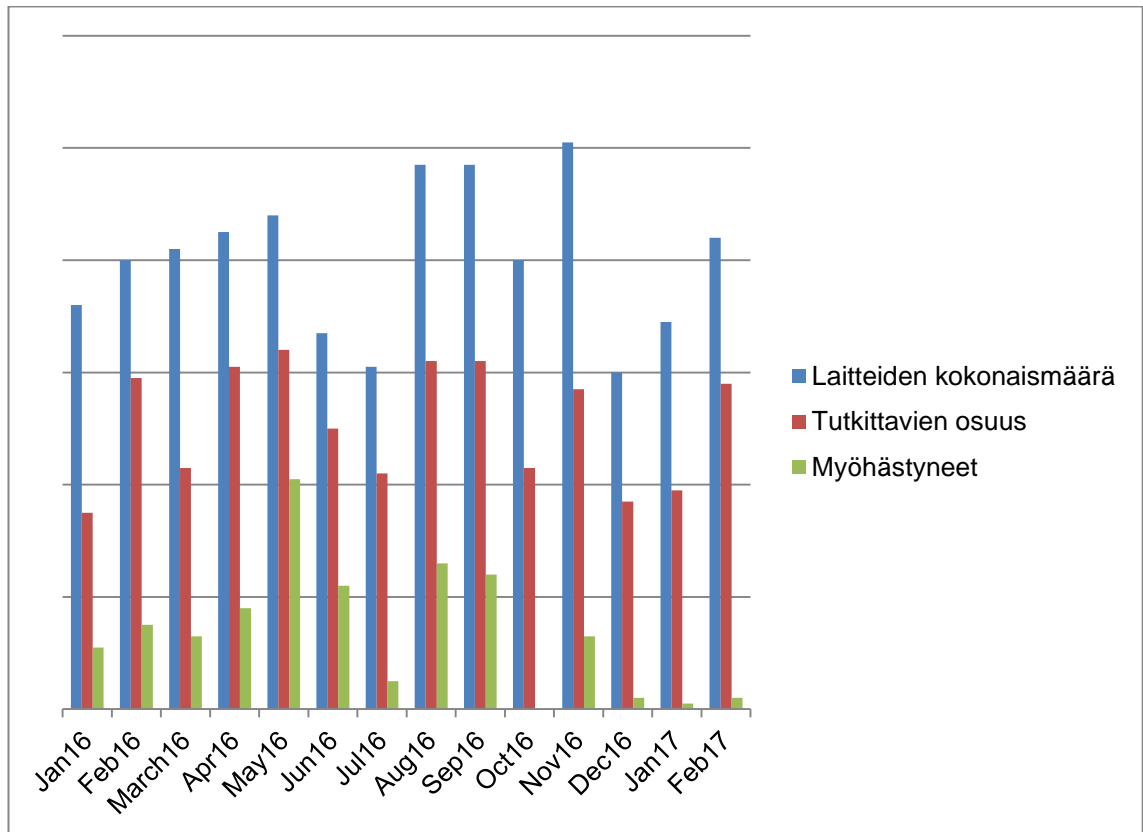
samalta tilaukselta puuttuu muiden linjojen valmistamia laitteita, jolloin koko tilausta siirretään ja se näkyy myöhästyneenä.

Koska tämä opinnäytetyö käsittelee yksittäisen tuotantolinjan aikataulussa pysymistä, johon kuitenkin vaikuttavat monet linjasta riippumattomat tekijät, voisi ajatella, että kehitettäisiin menetelmä, jonka avulla seurattaisiin vain linjakohtaisesti tehtyjä tilaustensiirtoja riippumatta muiden linjojen aiheuttamista viiveistä.



Kuva 3. Tilausmäärät [5].

Kuvassa 4 on esitetty tammikuu 2016 - helmikuu 2017 väliseltä ajalta kaikki valmistetut laitteet kuukausittain. Sinisellä näkyy kaikki tutkimuksen kohteena olevat kuukauden aikana valmistetut laitteet yhteensä. Siniseen pylvääseen verraten punaisella on merkitty aikatauluongelmaa koskevan tuotantolinjan valmistamat laitteet ja niiden osuus kaikkien määrästä. Vihreässä pylväässä on tilauksessa olleiden myöhästyneiden laitteiden osuus. Yleensä, jos joku laite ei valmistu ajallaan, niin koko tilausta siirretään eikä yksittäisiä laitteita lähetetä jälkitoimituksena.



Kuva 4. Laitteiden määrät [5].

3.3 Muutostarpeen syyt

Tuotantolinjan aikataulu koostuu kahdesta päivästä, jotka ovat tehtaan päivä, jolloin laitteen olisi tarkoitus olla valmiina tehtaalla, ja sisäinen toimituspäivä eli päivä, jona laitteen on tarkoitus lähteä ulos tehtaalta. Toimitusajat kullekin linjalle määritetään aina sen hetkisen kapasiteetin mukaan. Aina toimitusajat eivät kuitenkaan ole kiinni kapasiteetista vaan myös muut tekijät, kuten materiaalien myöhästyminen tai osapuutokset alihankkijoilla, pitkittävät toimitusaikoja. Suuremmat tilaukset katsotaan erikseen tapauskohtaisesti eikä niitä voi aikatauluttaa tavallisilla toimitusajoilla. Silloin kun näin ei ole, logistiikka-osasto vahvistaa toimitusajan tuotannon linjaesimieheltä. Toimitusaika koostuu tehtaan päivästä ja lähtöpäivästä. Tehtaan päivän ja lähtöpäivän välillä on yksi päivä, jonka aikana hoidetaan tuotteen lähettämistä varten hoidettavat asiat, joihin kuuluvat pakkaaminen, valmiin tuotteen kerääminen, kyydin tilaaminen ja

tilauksen kirjaaminen ulos järjestelmästä. Tämän pitäisi riittää kattamaan mahdolliset ongelmatilanteet ja siirrot, mikäli muuten ollaan aikataulussa.

Tehtaalle on asetettu muutamia eri tavoitteita, joita seurataan kuukausitasolla. Yksi näistä on toimitusvarmuus. Toimitusvarmuutta halutaan nostaa ja pitää korkealla tasolla sekä tehtaalle asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi että asiakastytyvyyden parantamiseksi.

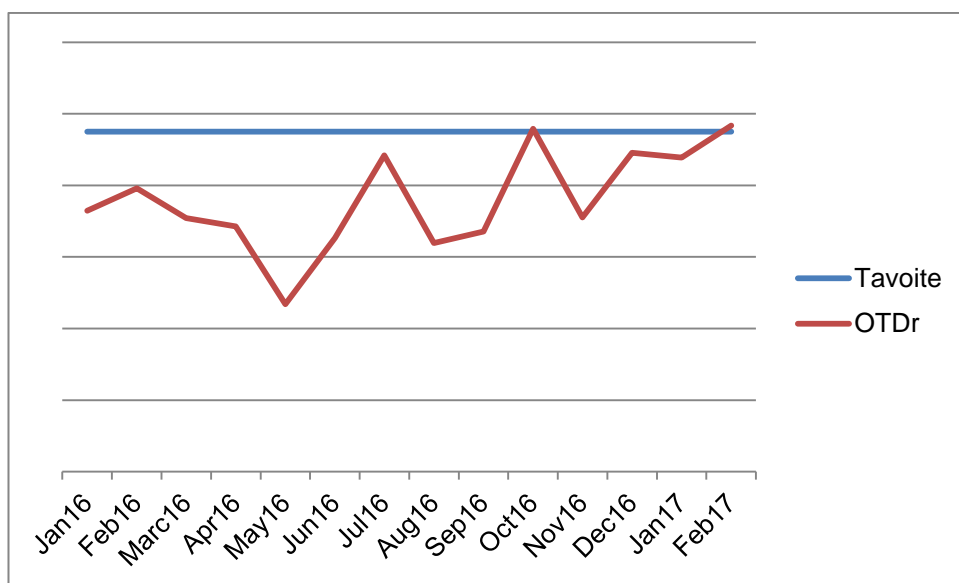
Toimitusten myöhästymisiä ja alhaista toimitusvarmuutta on seurattu jo pidemmällä aikavälillä. Kaikki toimitusten siirrot eivät välttämättä johdu tutkittavan tuotantolinjan omista viivästyksistä. Niihin vaikuttavat myös muiden linjojen valmistamat laitteet, mikäli tilauksessa on suurempi määrä laitteita.

Linjan ja tehtaan epävakaata tilannetta on seurattu jo pidemmän aikaa päivittäisissä tuotannon palavereissa ja sen pohjalta tarvittavia toimenpiteitä on lähdetty kartoittamaan.

3.4 Toimitusvarmuus

Aiemmin tekstissä esiintynyt termi toimitusvarmuus on yhtä kuin OTDr, joka tulee sanoista On Time Delivery (request). Lyhenne on yrityksessä yleisessä käytössä. OTDr:ssä verrataan koko kuukauden aikana lähetettyjen laitteiden kokonaismääriä asiakkaiden pyytämiin toimituspäiviin. Näitä kahta vertailemalla saadaan prosentuaalinen luku, joka edustaa kyseisen tuotantolinjan toimitusvarmuutta. 100 % olisi tietenkin kaikkein parhain mahdollinen tilanne, mutta silloin se ei sallisi minkäänlaisia ongelmia tai virheitä. Ei edes inhimillisiä erehdyksiä. Sekin on toki saavutettavissa, mutta pienen virhemarginaalin sallimana tavoite on asetettu jonkin verran alemmas. Tällöin se voidaan kuitenkin pienistä virheistä huolimatta saavuttaa jäämättä tavoitteen alapuolelle. Tuotantolinjalla on oma infotaulu, jota käsitellään päivittäin tuotantolinjan sisäisissä aamupalavereissa. Infotaulu on osana jatkuvaa parantamista. Aiemmin se on sisältänyt vain tulosteen tilauskannasta ja tiedot kuluvan viikon laitteiden valmistuksesta. Nyt infotaulua on kehitetty, ja siihen on lisätty seuraavia mittareita kuten viikottainen tuottavuus, päivittäisten tavoitteiden saavuttaminen ja edellisen kuukauden OTDr, josta linjan työntekijät voivat itse seurata, minkälaiseen suuntaan ollaan menossa.

Kuvassa 5 huomataan, että tavoiteltu OTDr % on saavutettu vain muutamana kuukautena. Jatkuvan kehityksen kannalta kuvassa on tarkasteltu viimeistä koko vuotta. OTDr:n ollessa heikoimmillaan tulisi selvittää, onko kyseisellä hetkellä ollut ratkaisemattomia laatu- tai materiaaliongelmia jotka ovat vaikuttaneet hitaaseen toipumiseen. Toipumisella tarkoitetaan sitä, että ongelma on jo ratkaistu, mutta se näkyy takajättöisesti vielä seuraavanakin kuukautena tai seuraavien viikkojen aikana. Pitkään toipumiseen on voinut vaikuttaa esimerkiksi poikkeuksellisen suuri määrä projekti- tai optiolaitteita muiden ongelmien lisäksi. Tämänkaltaisiin ongelmiin pyrin insinööriydessäni saamaan parannuksia, jotta toipuminen saataisiin nopeammaksi.



Kuva 5. OTDr [5].

3.5 Tutkimusstrategiat ja -menetelmät

Työaikamittaukset

Työssäni lähdin tekemään tutkimusta muutaman erilaisen strategian pohjalta. Aluksi pyrin selvittämään, missä kohdassa linjaa kapasiteettiongelma on kaikkein pahin. Tämä selviää teettämällä työaikamittaukset linjalla normaalin päivittäisen työn ohella siten, ettei se vaikuta töiden etenemiseen. Tarkoitus on laatia tätä varten lomake, jonka linjatyöntekijät täyttävät. Työaikamittaustuloksia analysoimalla saadaan selville esim.

kuluuko johonkin linjan kokoonpanon tiettyyn työvaiheeseen liikaa aikaa tai voidaanko sitä nopeuttaa ja onko linjan työvaiheissa selkeitä pullonkauloja.

Työohjeet

Yhtenä ongelmana on linjan työohjeet ja niiden ajantaisaisuus. Suuremmat osakokoonpanomuutokset revisioidaan uudeksi työohjeeksi, ja niiden päivitys tapahtuu normaalin osakokoonpanon yhteydessä jonkun muun kuin osakokoonpanijan toimesta. Tällöin uusia työohjeita ei ole välittömästi saatavilla, mikä vaikuttaa linjan yhteneviin toimintatapoihin. Erilaisten projektilaitteiden tai harvinaisempien optiolaitteiden sisällyttäminen työohjeisiin tekee ohjeiden lukemisesta hankalaa, koska ne eivät kuulu standardilaitteisiin.

Työohjeiden päivittäminen on työläs ja aikaavievä prosessi. Työohjeiden tarkoitus on antaa selkeät ja standardoidut ohjeet kaikille linjalla työskenteleville henkilöille. Jos työohjeet eivät ole ajan tasalla, linja ei toimi yhdenmukaisesti ja se vaikuttaa suoraan prosessin laatuun. Yksittäisen komponentin osanumeron lisäys tai muutos toteutetaan linjalla käsin kirjoittamalla ohjeeseen, jos koko työohjetta ei ole tarvetta päivittää. Samalla se toimii tulevaisuudessa ohjeena tarvittaville päivityskohteille. Myöhemmin voisi tutkia, olisiko mahdollista käyttää jotain muuta tapaa, jolla työohjeita voitaisiin päivittää tehokkaammin.

Paras tekijä työlle

Työn tekijällä on suuri merkitys siihen, millä nopeudella se saadaan tehtyä. On työ sitten standardoitua tai ei, sen tekemiseen kuluu eri aika eri henkilöiltä. Ajat ovat melko tasaisia, mutta eroavaisuuksiakin löytyy. Linjan kokoonpanijoilla on tietyt omat paikat, joissa he työskentelevät suurimman osan ajasta ja suoriutuvat työstä tasalaatuisesti. Sairaspoissaolojen tai kesäsijaisuuksien aikana linjalle tulee joko kokonaan uusia työntekijöitä tai työnkiertoa tapahtuu oman linjan sisällä. Tässä nousee esiin työohjeiden ajantasaisuus ja oikeellisuus. Henkilökunnan kierrättäminen linjalta toiselle vaikuttaa myös omalla tavallaan työvaiheeseen kuluvaan aikaan. Onko kyseinen henkilö koskaan tehnyt kyseessä olevaa työtävaihetta, vai onko siitä kulunut niin paljon aikaa, että sen mieleenpalauttaminen näkyy työajassa. Näihin ongelmiin parannuksia tehdään hiljaisempina kuukausina, jolloin koulutuksia tehdään tehtaan eri linjojen välillä.

4 Toimenpiteissä käytetyt työkalut

Eatonilla käytössä olevista työkaluista löydettiin seuraavassa esitettävät keinot, joilla tuotantoaikatauluongelmaa lähdettiin selvittämään. Tässä luvussa esittelen työssä hyödyntämiäni teoriapohjaisia keinoja, ajattelutapoja ja työkaluja. Lean näkyy yrityksessä vahvasti niin johtotasolla kuin työn tekemisessä. A3 on visuaalinen lean-työkalu, jonka avulla pyritään saamaan selville useampia juurisyitä, minkä vuoksi se on valittu työkaluksi tälle työlle.

Opinnäytetyön aiheena oleva projekti päätettiin aloittaa leaniin perustuvalla balansoinnilla. Tuotantolinjan balansoinnilla halutaan saada linjan toiminta jouhevammaksi. Työtehtävien tasainen jakautuminen estää pullonkaulojen syntymisen ja kuormittaa kutakin henkilöä yhtä paljon. Epätasainen työkuorma työntekijöiden välillä saa aikaan laitteen pysähtymisen linjalla, eli jos laitetta ei päästä työstämään kunnolla, ennen kuin se saadaan seuraavaan työvaiheeseen heti edellisen jälkeen, se synnyttää pullonkaulan. Prosessi jatkuu toisella vuosipuoliskolla, jolloin käytetään arvovirta-analyysiä. Arvovirta-analyysi tarkoittaa kaikkia toimintoja, niin arvoa lisääviä kuin lisäämättömiä, joita tällä hetkellä tarvitaan muuttamaan raaka-aineet asiakastuotteeksi. Nyt tehty balansointi toimii tälle pohjana. Linja balansoidaan uudelleen käyttämällä aiemmin mitattuja työaikoja. Ennen varsinaista toteutusta analysoidaan työaikoja ja selvitetään, millaiseen tahtiin tai vauhtiin linjan halutaan pystyvän. Balansointikaavioon kirjataan tavoitellun tahtiajan lisäksi valmistettavien laitteiden määrä. Tämän perusteella henkilöitä lisätään tai siirretään työpisteeltä toiselle, mikäli jossakin työvaiheessa tarvitaan lisää kapasiteettia.

Leaniin pohjautuvia työkaluja on monia, mutta päädyin käyttämään työssäni A3:sta sen selkeyden ja havainnollistavan rakenteen vuoksi. Sitä hyödyntämällä saadan selkeästi esille halutut päämäärät ja miten niihin päästään. A3:ssa analysoidaan ongelmien juurisyitä erilaisilla kuvilla ja kaavioilla, joiden avulla saadaan tuotettua selkeää ja havainnollistavaa informaatiota. Sen johdonmukainen lähestymistapa nopeuttaa kommunikointia, oppimista ja jatkuvaa parantamista, joka on yksi leanin perusajatuksista.

A3-työkalu

A3 nimi tulee yksinkertaisesti paperin koosta, ja se on hyvin yksinkertainen, visuaalinen ja toimiva ongelmanratkaisutyökalu prosessin kehittämiseen. A3:n perusajatuksiin kuuluu yksityiskohtien tarkka kuvaaminen, jotta ongelmasta saadaan mahdollisimman selkeä kuva. A3:lla ei etsitä ongelmaan vain yhtä ratkaisua, vaan se on avoin useammalle mahdolliselle ratkaisulle. A3:een kirjataan halutut toteutuksen, niiden vaikutukset sekä ennakoitaan mahdolliset kompastuskivet.

A3 jakautuu neljään osaan: suunnittele, toteuta, tarkista ja toimi. Suunnittelupuolella kartoitetaan ongelman taustatietoja, kuvataan nykytilanne, asetetaan tavoitteet ja määritellään haluttu tulevaisuuden tila sekä analysoidaan ja selvitetään juurisyitä. Juurisyiden analysointiin voi käyttää erilaisia kaavioita, esim. kalanruotokaavio, johon palaan myöhemmin. Kalanruotokaaviossa on nimensä mukaan kalan ruoto. Kalan pää on ongelma, joka halutaan ratkaista. Kalan ruodot puolestaan edustavat niitä osa-alueita, joissa ongelmia esiintyy. Ruotoja voi lisätä tarpeen mukaan enemmänkin, mutta pääpiirteittäin kalan ruodot edustavat seuraavia osa-alueita: mittarit, materiaalit, ihmiset, ympäristö, työtavat sekä työkalut ja koneet. Omaan kalanruotoon valitsimme seuraavat osa-alueet: Ihmiset, UPS-laitteet, työtavat, asennusvirheet, mittarit ja materiaalit.

Toteutuspuolella tarkoituksena on saada aikaan juurisyille vastatoimenpiteitä, jonka jälkeen analysoidaan, auttoivatko vastatoimenpiteet niihin juurisyihin, joihin niiden oli tarkoitus auttaa. Tulosten seuraamiseksi käytetään seurantamittareita, joilla voidaan osoittaa alkutilan, nykytilan sekä tulevaisuuden tilan sen hetkinen tilanne tai muutos. Tämän jälkeen selvitetään, jäikö ongelmia vielä avoimiksi, mitkä on niiden tärkeysjärjestykset, kenellä on vastuu niiden toteutumisesta sekä mikä on niiden toteuttamisen aikataulu.

Aihe		pvm osallistujat	
Plan (suunnitelet)	Taustatieto – ongelman tunnistaminen	Vastatoimenpiteet (vastuut ja aikataulut)	Do, Check, Act (toifeita, tarkista, toimi)
	Business Case	Kohdistat ainakin 2 eri vastatoimenpidettä jokaiseen juurisyyn. Valitse niistä mielestäsi parhaimmat. Autoiko vastatoimenpide siihen asiaan, johon sen oli tarkoitus auttaa	
	Mikä on ongelma?		
	Miksi tämä ongelma on tärkeä juuri nyt?		
	Mitä yritämme saavuttaa sen ratkaisemisella?		
Miten tämän ongelman ratkaiseminen auttaa strategisten tavoitteidemme saavuttamisessa?			
Nykytilan kuvaus	Seurantamittarit		
Kuvaa nykytila, mitä tosiasioita siitä tiedämme?	Mitkä ovat 3-5 avainmittaria, jotka osoittavat, että tekemämme muutokset auttoivat poistamaan ongelman?		
Kerro esim vuokaaviona, tai Paretokaaviona	Mittarin seuranta		
Tavoite- tulevaisuuden tila	- Mittari alussa = alkutila		
Mitä tavoittelemme. Esim vuokaavio ja tavoitteet	- Edistyminen tähän päivään = nykytila		
	- Tavoitteet = tulevaisuuden tila		
Juurisyyn analysointi	Seuranta toimenpiteet		
Esim. Pareto, 5x miksi?, kalanruoto..., 5W2H on/ei ole analyysi	Mitä ratkaisemattomia asioita jäi vielä avoimeksi?		
Sevitä juurisyv:t	Mikä on niiden tekemisen tärkeysjärjestys?		
	Ketkä ovat vastuussa niiden toteuttamisesta?		
	Milloin ne pitää olla valmiita?		

Kuva 6. A3 raportin rakenne [3].

Seuraavassa käyn vielä läpi kuvassa 7 esitellyt tuotannon aikatauluongelmat kalanruotokaavion muodossa.

Ihmiset

Aiemmin tehty balansointi tukee tällä hetkellä käytössä olevaa toimintatapaa, että testaajat pellittäisivät ja pakkaisivat laitteet itse eikä siihen olisi määritelty ketään muuta henkilöä. Ihanne tilanne olisi se, että testaaja voisi keskittyä vain testaamiseen, varsinkin, jos tilauksia on paljon. Huonoimmassa vaihtoehdossa linjalla on valmiita laitteita odottamassa testiä, kun testaajat ovat pakkaamassa ja laitteita valmistuu pakkauksen aikana. Laitteen pakkaamistakaan ei voi lopettaa kesken, jos kyseessä on samana päivänä lähtevä laite. Vastaanvanlaisia tilanteita varten uudelleen balansointi on vähintäänkin tarpeellinen ja sen noudatettavuutta tulee seurata jatkossa. Työn kulkua esitellään linjan kulkukaaviossa liitteessä 1.

Tämän kaltaisia tilanteita varten tuotannossa tehdään ristiinkoulutusta linjojen sisällä ja niiden välillä. Ristiinkoulutuksen tarkoituksena on perehdyttää ja kehittää koko tehtaan tuotannon työntekijöiden osaamista. Kun koulutus on riittävällä tasolla, niin kapasiteettia voidaan lisätä sinne missä sitä tarvitaan, eikä tarvitse ryhtyä rekrytoimaan uutta väkeä. Mikäli kapasiteetin nostamiselle on tulevaisuudessa todella pysyvää tarvetta, on rekrytointi silloin aiheellinen.

Projektilaitteet

Tuotannossa aikatauluhaasteita tuovat projektilaitteet. Projektilaitteet poikkeavat standardilaitteista siten, että ne valmistetaan asiakkaan haluamalla tavalla ja laitteet sisältävät aina erikoismateriaaleja. Erikoismateriaalit vaihtelevat laajalla skaalalla värjäytyistä ulkopelleistä erilaisiin korttikonfiguraatioihin ja optioihin. Testauksen näkökulmasta katsottuna laitteen fyysiset mitat voivat muuttua eikä laite mahdu enää testihäkkiin. Ongelma voi myös olla, että materiaalien hankkimiseen ei ole reagoitu riittävän nopeasti tai ei ole osattu ottaa huomioon pitkiä toimitusaikoja. Laitteiden testejä ei ole välttämättä suunniteltu loppuun asti, jolloin täytyy valmistaa uudet koestussuojat, jos ei juuri tämänkaltaista laitetta ole ennen tehty. Laitteen kytkeminen fyysisesti testaukseen ei välttämättä onnistu normaalin prosessin mukaan vaan koestuksessa käytettäviä välineitäkin joudutaan tarvittaessa modifioimaan.

Työtavat

Laitteen mukana kulkevaa seurantalomaketta on pyritty kehittämään informatiivisempaan muotoon sisällyttämällä siihen laitteen osaluettelo. Osaluettelot voivat kuitenkin joissain tapauksissa olla tarpeettoman suuria, joten on päätetty, että lomakkeisiin sisällytetään pelkästään päätasot. Päätasoista kokoonpanija näkee laitteeseen tulevien osakokoonpanojen osanumeron ja kuvauksen eivätkä nämä välttämättä kerro uusille tai vanhoillekaan työntekijöille täsmällisesti, millaista laitetta ollaan rakentamassa. Osaluettelon lisäksi lomakkeessa on UPS:n tuotekoodi ja kuvaus. Jos kirjaimien ja numeroiden merkitykset eivät ole ennestään tuttuja, ei niitä välttämättä osaa etsiä myöskään osaluettelosta. Aiemmin lomakkeissa oli optioille merkityt värikoodit, jotka toimivat mielestäni hyvin jo ennen muutoksen toteuttamista/tapahtumista. Uusiin lomakkeisiin haluttaisiin kuitenkin muutosta takaisin visuaalisempaan muotoon, jolla estettäisiin esimerkiksi optioiden asentamatta jättäminen inhimillisen erehdyksen vuoksi. Lisäksi visuaalisuudella vähennettäisiin tuotannon työntekijöiden vireystilan merkitystä lomakkeita lukiessaan. Väsyneenä mustavalkoisia osaluetteloita on vaikea havainnoida.

Asennusvirheet

Asennusvirheiden välttämiseksi linja valmistaa laitteita työohjeiden mukaisesti. Tällä tavalla laitteet tehdään kokoonpanossa aina samalla tavalla eikä poikkeamia pääse

syntymään. Jotta virheiltä ja poikkeamilta välttyttäisiin, on viimeisimpien työtapojen ja menetelmien käyttö tärkeää ja siksi työohjeiden tulisi olla työpisteillä aina ajan tasalla.

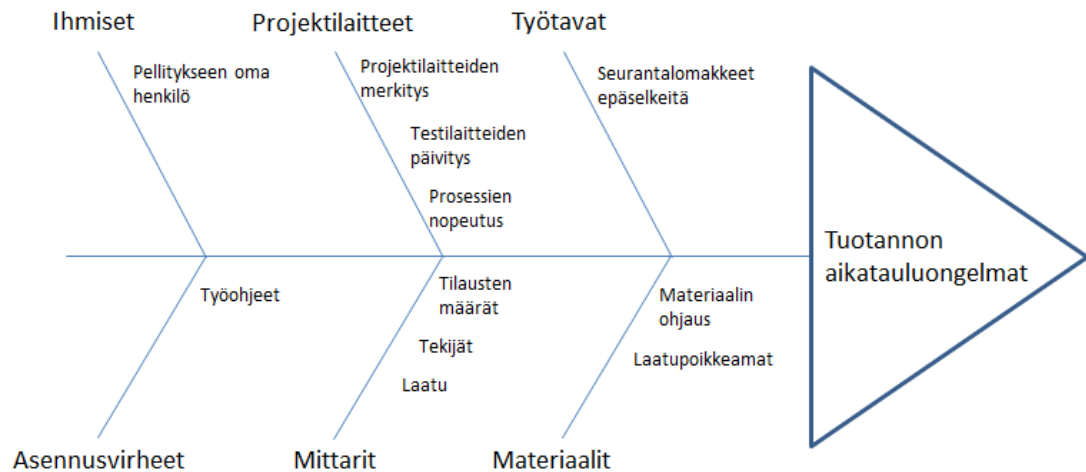
Mittarit

Aikatauluongelmia tuotannossa seurataan erilaisilla mittareilla. Mittareiden seuraaminen pidemmällä aikavälillä antaa paremmat mahdollisuudet päästä oikeaan juurisyhyyn käsiksi kuin esimerkiksi tutkimalla vain tiettyä ajanjaksoa. Työni aiheena oleva toimitusvarmuus on juuri tästä syystä haluttu ottaa mahdollisimman suurelle aikavälille.

Yhtenä tärkeimmistä mittareista kalanruodossa on tuottavuus. Tuottavuus saadaan, kun verrataan tekijöiden määrää suhteessa valmistettavien laitteiden määrään. Valmistettavien laitteiden tarvittavat määrät kyseiselle viikolle saadaan suoraan asiakkaiden tilauksien perusteella tilauskannasta ja tarvittavat valmiiden laitteiden määrät yhtä työpäivää kohden saadaan katsottua balansointikaaviosta, johon palaan työssäni myöhemmin.

Materiaalit

Myöhässä olevan materiaalin seurantaan pitäisi saada enemmän näkyvyyttä. Pidempään seisoneista kanbaneista tulisi tehdä tarkastus ja varmistaa, minkä verran materiaalia on jäljellä. Tämä olisi tärkeätä, koska siinä vaiheessa, kun tilaukseen tulee harvemmin tehty laite ja huomataan, ettei siihen ole tarvittavaa materiaalia, koko tilausta joudutaan siirtämään. Useamman päivän myöhässä oleviin kanbaneihin täytyisi reagoida nopeammin.



Kuva 7. Kalanruotokaavio.

5 Ongelmien kartoitus ja toimenpiteet

Työaikoja mitataan säännöllisin aikaväleihin. Näillä mittauksilla saadaan paras mahdollinen kuva linjan toimintatavasta ja siitä, esiintyykö työntekijän standardoidussa työssä hukkaa ja, jos syntyy niin kuinka paljon ja miten sitä voidaan poistaa. Työaikojen mittauksilla halutaan myös saada tietoa siitä, ovatko tuotekehittelyn tai työmenetelmien muutokset nopeuttaneet prosessia. Tuotekehittelystä tai työmenetelmien muutoksista aiheutuvat hyödyt tai haitat luovat perustan sille, miksi työaikoja mitataan.

Ongelmien analysointi aloitetaan linjalla työaikamittausten muodossa, joita linjan työntekijät suorittavat itse. Nämä tulokset ovat suuntaa antavia, ja ne tullaan mittaamaan uudelleen virallisesti myöhemmin.

Työpisteille jaettiin lean koordinaattorin kehittänyt työaikamittauslomake (Liite 2), jossa työntekijä täyttää sen itse normaalin työn ohessa. Lomakkeeseen täytetään laitteen kuvaus, eli minkälaista laitetta ollaan kasaamassa. Tämän lisäksi työntekijä laittaa omat nimikirjaimensa ja työn aloitus- sekä lopetusajankohdan. Lisäksi lomakkeeseen tulee lisätä kommentti, mikäli työn kulku ei toteudu normaalisti tai siinä ilmenee muuten vain jotain normaalista poikkeavaa. Työhön käytetty aika korreloi luonnollisesti työntekijän ammattitaidon, kokemuksen, henkisen ja fyysisen vireystilan ja työn suorittamisen ajankohdan. Työaikamittauslomakkeiden tulokset purettiin A3-palaverissa.

Standardoitua työtä tehdään samalla tavalla joka päivä ilman poikkeuksia. Työkaluja pitää säilyttää aina samassa paikassa, jolloin ne myös löytyvät helpommin ja nopeammin. Työpisteen pitäminen siistinä auttaa myös edellä mainittuihin asioihin merkittävästi. Hyötyjen ja haittojen analysointi edellyttää balansointikaavion noudattamista, jotta pysytään tavoitteessa. Linjan kulkukaavio täytyy pitää päivitettyinä, koska siihen piirretään balansointikaavion perusteella määritellyt kulkureitit henkilöittäin. Työohjeiden merkitys korostuu toteutettaessa yhteystä työtappaan. Olen käsitellyt työohjekäytäntöä työssäni jo aiemmin luvuissa 2 ja 3.5.

Työkalujen paikantamista voidaan helpottaa piirtämällä tai kuvaamalla väreillä työkalujen paikkoja seinällä. Jo pelkän kuvion havaitseminen kertoo työntekijälle erikseen niiden sijainnit ja mahdolliset puuttumiset. Visuaalinen ohjaus herättää selkeillä väreillä, kuvilla ja muodoilla työntekijän huomion olennaiseen. Tästä saatava suora hyöty on oikean työkalun löytyminen ja motivoituminen järjestyksen ylläpitoon.

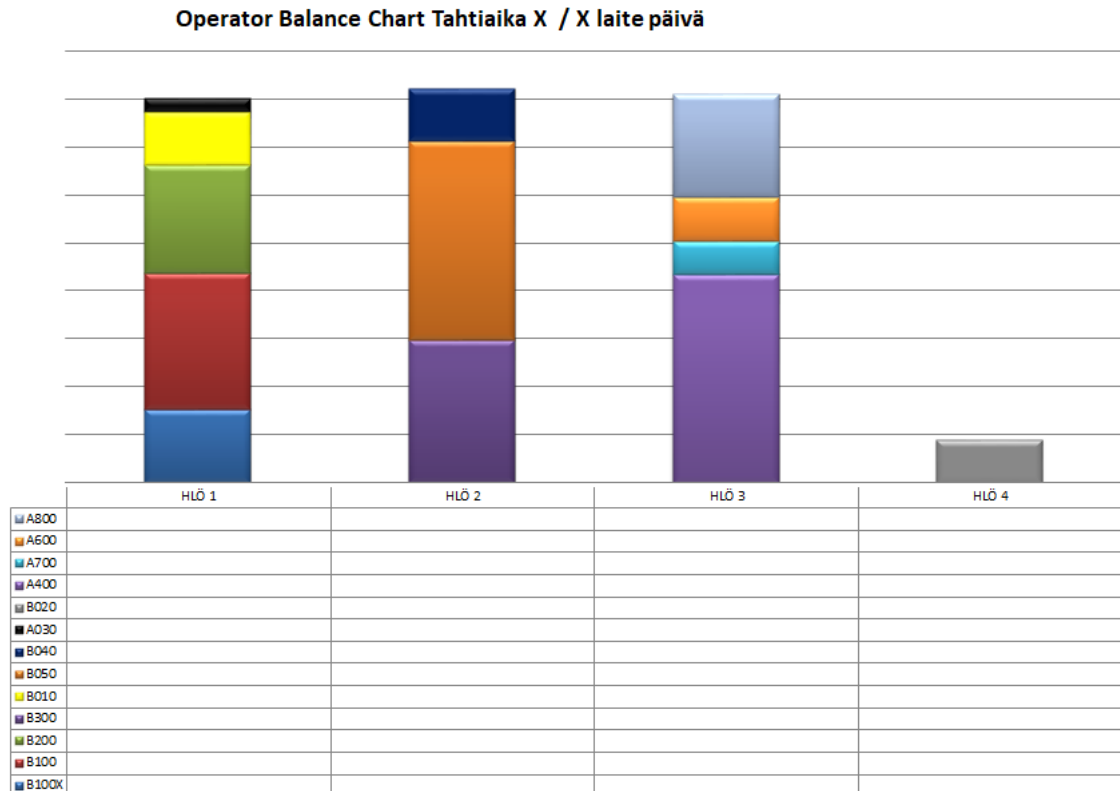
Palaverin lopputulemana päädyttiin tasapainottamaan linjan työkuormaa työntekijöiden välillä eli balansoimaan linjan toimintaa. Samalla kokoonpanijoiden työtehtäviä kierrätetään ja sisäistä koulutusta tapahtuu. Kaikki linjalla osaavat jokaisen työvaiheen, mutta balansoimalla työn kierrosta saadaan jouhevampaa eikä se ole enää riippuvaista poissaoloista. Koestajia on myös tarkoitus kouluttaa kokoonpanon tueksi myöhemmin sovittavana ajankohtana työtilanteen niin salliessa.

Kuten kuvasta 8 nähdään, balansointikartan rakenne on yksinkertainen. Se koostuu erisuuruisista ja värisistä pylväistä, jotka edustavat kullekin yksilölliselle työpisteelle kelloitettuja aikoja. Näitä pylväitä eli työvaiheita jaetaan yhdelle henkilölle niin monta, että tahtiaika Hlön 1 osalta täyttyy. Aikojen perusteella yhtä henkilöä voidaan kuormittaa niin monella työpisteellä kunnes tahtiaika on yhden henkilön osalta täysi. Tällöin henkilön kohdalla palkki on korkeimmillaan ja jäljelle jääneet työpisteet siirretään muille henkilöille.

Balansointikarttaan laskettu tahtiaika määrittää, kuinka paljon yhtä henkilöä voidaan kuormittaa päivässä, jotta laitteita saadaan valmistettua haluttu määrä.

Hlölle 1 annetaan niin monta tehtävää, kuin se on tahtiajan puitteissa mahdollista. Kun lisää työpisteitä ei enää mahdu yhdelle henkilölle, otetaan käyttöön hlö 2. Seuraavalle henkilölle toistetaan samat, kuin edeltävälle ja tätä jatketaan niin kauan, kunnes kaikki

työpisteet on jaettu niin monen henkilön kesken, ettei ylimääräisiä aikoja jää jäljelle. Näillä toimenpiteillä työt jakautuvat kolmelle henkilölle tasapuolisesti. Henkilölle 4 jää tässä kohtaa vain lyhytkestoinen työtehtävä, josta pitäisi päästä eroon tai saada sisällytettyä se jollekin toiselle henkilölle, mikä ei tässä tapauksessa ole mahdollista. Balansointikartasta on tehty useampi versio erilaisille tahtiajoille, jotka määräytyvät valmistettavien laitteiden määrän mukaan, ja sitä on tarkoitus vaihdella tarpeen mukaan.



Kuva 8. Balansointikartta.

Eatonilla oli aiemmin käynnissä tilansäästöprosessi, josta tehtiin oma insinööryö. Työn tarkoituksena oli vapauttaa tehtaan tuotannosta hukkatilaa hyötykäyttöön tutkimalla materiaalien mahdollista uudelleensijoittelua ja -järjestelyä.

Nykyisellään olevien materiaalienhankintamenetelmän tilalle voisi miettiä esimerkiksi päivä tai viikkotasolla kotiinkutsuttavia kanbaneja, jolloin alihankkijalla olisi tieto jo edeltävällä viikolla tai edeltävänä päivänä mitä kanbaneja tehtaalle tulee saada ja minä päivänä. Käytännössä kaikki muut osakokoonpanossa käytettävät materiaalit saadaan tehtaalle kotiinkutsun avulla. Tällä tavalla voitaisiin mahdollisesti parantaa

materiaalinohjausta, mutta tätä olisi hyvin hankala lähteä toteuttamaan nopealla aikataululla joten siksi en perehdy siihen insinööriyössäni sen syvemmin.

6 Johtopäätökset

Linjan toiminnasta ja työvaiheeseen käytetystä ajasta sekä mahdollisesta ylimääräisestä hukkatyöstä haluttiin saada lisää informaatiota, jonka vuoksi linjalla teetettiin työaikamittaukset. Työaikamittausten tarkoituksena on antaa muille kuin työtä tekeväille henkilöille informaatiota työpisteellä tehdystä työstä. Kun mitatut työajat kootaan yhteen, saadaan tarvittavaa tietoa linjan balansointia varten. Tämä tarkoittaa sitä, että linja balansoidaan työaikojen perusteella tiettyyn tasapainoon, jolla saavutetaan haluttu tahtiaika. Tahtiaika määrittää linjalla valmistettavien laitteiden lukumäärän työpäivän aikana sekä sen, kuinka kauan yhdellä työntekijällä on aikaa suorittaa hänelle asetetut tehtävät. Kullekin työntekijälle jaetaan niin monta työpistettä kuin mahdollista. Työpisteiden jaossa on kuitenkin rajoittavia tekijöitä. Osaamistason lisäksi testaaminen vaatii tiettyjä pätevyksiä, joita kaikilla kokoonpanijoilla ei ole. Tämän lisäksi työpisteet on yritetty jakaa siten, että työntekijän ei tarvitse tehdä turhaa liikettä työpisteiden välillä. Tällä tavalla vältetään hukkaa ja säästetään työaikaa. Linjan balansoinnissa haasteita tulee varmasti kun työntekijät omaksuvat uutta toimintatapaa.

Työaikamittauksilla haluttiin tuoda esille kaikki linjalla normaalin työn ohessa sattuvat ongelmatilanteet ja poikkeamat, niin hyvät kuin huonotkin asiat. Ennen kaikkea mittaukset kertovat, kuinka kauan tiettyyn työpisteeseen kuluu aikaa. Näitä aikoja verrataan aiemmin mitattuihin aikoihin ja tutkitaan, onko työvaiheiden kestoissa esiintynyt muutoksia eli varianssia. Varianssilla on merkitystä melko paljon, mutta siihen ei voida vaikuttaa. Järkevin tapa olisi valmistaa samankaltaiset laitteet peräkkäin, mutta tämä ei ole käytännössä mahdollista. Tilausten ollessa hyvin kiireisiä ja tiheästi aikataulutettuja on mahdotonta valmistaa kahta tai useampaa samanlaista laitetta eri tilauksille ajallaan, jos niiden toimituksien välissä on vain muutama päivä.

Linja on suunniteltu toimimaan kaikkein parhaiten valmistamaan pelkkiä standardilaitteita. Optio- ja projektilaitteita ei voi tietenkään välttää, mutta ne näkyvät laitteen läpimenoajoissa ja sitä ennen työvaiheen kestossa. Työn tekijällä on vaikutusta laitteen valmistumiseen. Sairaspoissaolojen, lomien, itsensä kehittämisen ja jatkuvan parantamisen vuoksi tyyöpisteiden välistä kiertoa työntekijöiden välillä pyritään tekemään aika ajoin.

Tuotantolinjan rakenne mukautuu uudelleen tehtyyn balansointiin eikä siitä aiheudu fyysisiä toimenpiteitä. Työpisteiden lisäys ja saman työvaiheen toteuttaminen kahdella eri työpisteellä ei ole tässä kohtaa tarpeellinen vaihtoehto toteuttaa, eli layout muutoksia ei tarvita. Ei siis tulla tekemään mitään fyysisiä työpisteiden siirtoja tai lisäyksiä vaan balansoidaan linja uudelleen käyttämällä mitattuja työpisteajoja.

Jotta päästään analysoimaan, millaista hyötyä balansoinnista saatiin, täytyy halutun tahtiajan mukainen balansointikartta ottaa käyttöön ja seurata sen toteutumista ja muuttaa sitä tarpeen vaatiessa. Työntekijöiden seuraaminen balansoinnin noudattamisesta on tärkeää työn tuloksien arvioimisen kannalta. Balansoinnin noudattamatta jättäminen vaikuttaa koko linjan toimintaan eikä tahtiaika pysy samana.

Näitä vaikutuksia voidaan tutkia esimerkiksi niin sanotun sidosryhmäanalyysin avulla. Tällä analyysillä pyritään selvittämään, mihin kaikkiin osastoihin ja minkälaiseen määrään henkilöitä tämän kaltainen prosessi vaikuttaa ja millä tavalla. Tuotantolinjalla tämä tarkoittaa totuttelua uudelleen balansoidun linjan aiheuttamiin muutoksiin työtehtävien jakaantumisessa. Ensin lähdetään kartoittamaan toimenpiteitä, joita voi olla mahdollista toteuttaa ilman riskejä ja vaarantamatta tuotantoa.

Sidosryhmäanalyysin lisäksi muutoksenhallinnassa käytetään ajatusmallia, joka on nimeltään ADKAR (Awareness, Desire, Knowledge, Ability, Reinforcement). Tämä on sisäisessä käytössä Eatonilla. Malli auttaa antamaan selkeän käsityksen siitä, mitkä asiat muuttuvat ja miksi ne muuttuvat. Oman insinööriyöni kohdalla se on linjan uudelleen balansointi. Balansoinnista pidetty A3-kaizen ja muut palaverit ovat olleet pohjana muutoksille ja muutoksen tarpeelle. Muutoksen toteutumisen edellytyksenä on aina halu muuttua ja jotta voidaan muuttua tai toteuttaa muutoksia, tarvitaan oikeanlaista osaamista. Hallittujen muutosten käyttöönotto vaatii suunnittelua eikä tapahdu sormia napsauttamalla. Pelkästään halu ja tarvittava osaaminen ei riitä muutokseen vaan näiden lisäksi täytyy olla kyky muuttua, joka yhdistyy mielestäni

kaikkiin edellämainittuihin kohtiin. Jos ei tiedetä mitä tarvitsee muuttaa eikä miksi sen pitää muuttua, eikä ole halua tehdä muutosta, eikä ole osaamista niin silloin ei ole myöskään kykyä muuttua. Muutoksen vastustaminen on henkilöstä riippuvainen, mutta esittämällä muutoksen tarpeen oikein ja saamalla konkreettista näyttöä saavutetuista hyödyistä voidaan saada vahvempikin mieli hyväksymään muutos.

Muutosprosessi koostuu kolmesta vaiheesta: Muutokseen valmistautuminen, muutoksen hallinta ja muutoksen vahvistaminen. Valmistauduttaessa muutokseen selvitetään muutoksesta aiheutuvia mahdollisia riskejä sekä määritellään muutoksen syyt ja tarpeita. Näillä toimenpiteillä kartoitetaan muutoksen todennäköistä toteutumista tai vastaavasti muutosten vastustamista eri osastoiden välillä. Muutosta vahvistettaessa kerätään palautetta ja arvioidaan miten muutos on onnistunut ja tarvitseeko se korjausliikkeitä. Onnistuneen muutosprosessin lopuksi tehdään loppuanalyysi.

7 Yhteenveto

Työn pohjana oli selvittää ongelmien syyt aikataulujättämiin ja saada niihin parannuksia. Työssä tutkittiin myös toimenpiteitä, joilla voitaisiin nopeuttaa aikatauluun takaisin pääsemistä.

Tilanteen kartoittaminen työn alkuvaiheessa oli todella haastavaa, koska syyt, jotka johtivat aikatauluongelmiin olivat moninaiset, ja niistä osa oli yrityksestä itsestään riippumattomia. A3:lla etsittiin useampia juurisyitä siihen, miksi tavoitteisiin ei päästä tai miksi niissä ei pysytä. Juurisyiden löytämiseen kului paljon aikaa. Koska yhtä nimenomaista juurisyitä ei voitu osoittaa, keskityttiin muutamaan eniten ongelmia aiheuttavaan syyhyn eli työkuorman uudelleen jakamiseen ja aikatauluttamiseen.

Työaikamittausten alussa tuli heti vähän hankaluuksia. Materiaalipuutokset estivät tietyn tyyppisten laitteiden valmistamisen kokonaan, joten mittauksia jouduttiin näiden laitteiden osalta lykkäämään. Hankalaksi tilanteen teki se, että juuri näihin kyzeisiin laitemalleihin haluttiin saada työaikamittaukset päivitettyä. Näistä materiaalipuutteista aiheutui viivästyksiä projektiin.

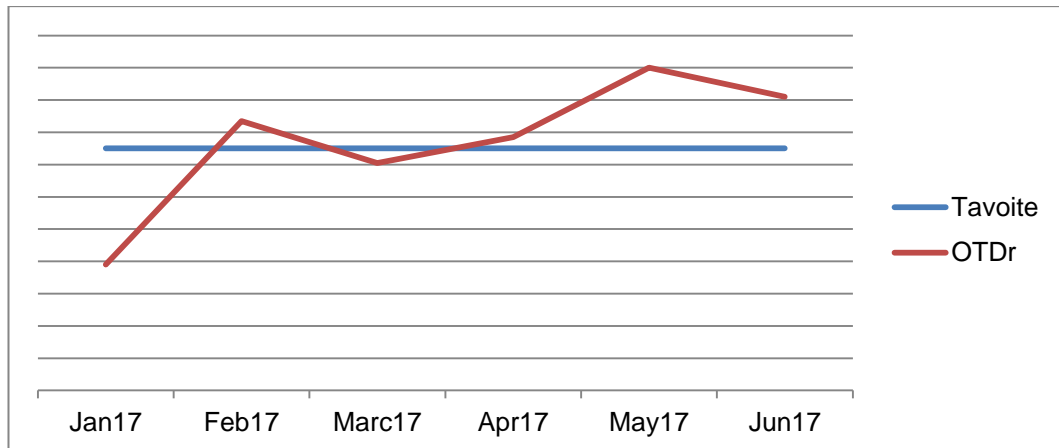
Kaizen-palaverissa käytiin vielä läpi muutamia yksityiskohtia, joiden pohjalta balansointia lähdettiin toteuttamaan. Balansointikartta saatiin nopeasti valmiiksi ja se otettiin käyttöön hyvin nopeasti.

Parannuskohteita löydettiin useita kuten työohjeiden päivittäminen ja materiaalien ohjauksen kehittäminen, joista kaikkia ei ehditty lähteä kartoittamaan. Kaikki toimenpiteet, esimerkiksi työpisteiden uudelleen sijoittelu, eivät olisi vaikuttaneet merkittäväällä tavalla juuri toimitusvarmuuden parantamiseen, joten tästä syystä niitä ei lähdetty toteuttamaan.

Toimenpiteiden kartoittaminen oli mielestäni selkeää ja niissä edistytettiin hyvin, koska työaikamittauksissa käytettyyn lomakkeeseen oli olemassa valmis pohja, joka muokattiin kyseiselle linjalle sopivaksi. Työaikamittausten ollessa käynnissä suunniteltiin jo seuraavaa toteutettavaa toimenpidettä. Tutkimalla pidempää aikaväliä oli tarkoitus saada mahdollisimman hyvä käsitys koko kuvasta, mutta olisi ehkä pitänyt tutkia pelkästään niitä aikavälejä, joissa poikkeamia esiintyi eniten.

Olen sitä mieltä, että työaikamittausten tekeminen on paras tapa päästä linjan tämänhetkiseen tilanteeseen käsiksi. Työaikamittausten ollessa käynnissä valmisteltiin A3-materiaaleja. Kaizenissa tehdyn kalanruotokaavion perusteella esiintulleihin ongelmakohtiin alettiin suunnitella vastatoimenpiteitä. Viimeisimpänä kaiken tiedonkeruun jälkeen tehtiin balansointikaavio mitatuista työajoista. Lopuksi todettiin, että balansointikartta oli onnistunut ja se vietiin tuotantolinjan infotaululle heti käyttöön otettavaksi. Tuotantolinjalla toimintaa jatketaan nykyisen balansoinnin mukaan ja sen odotetaan tuovan hyötyä linjalle tulevaisuudessa.

Työn lopputulemana on alla kuvattu saavutetun OTDr:n suhde sille asetettuun tavoitteeseen työn toteutuksen ajalta. Käyrän mukaisesti OTDr:n tavoite on saavutettu lähes aina, lukuun ottamatta vuoden 2017 tammikuuta, jossa näkyy vielä hidasta toipumista aiemmista ongelmista. Tavoitteen ylikin on päästy muutamana kuukautena. Tammi- ja helmikuu on otettu tähän kuvaan mukaan työssäni jo aiemmasta OTD:n ja tavoitteen vertailusta kokonaiskuvan hahmottamiseksi.



Kuva 9. Työn lopuksi saavutettu OTDr tavoitteeseen nähden [5].

Tuotantolinja jatkaa toimintaansa mitattujen työaikojen pohjalta tehtyjen balansointikarttojen mukaisesti. Tarvittaessa suuremmatkin kapasiteettitarvepiikit pystytään hoitamaan nykyisen balansointikaavioiden mukaan.

Ongelmien selättämiseksi kaavailut toimenpiteet onnistuivat suunnitellusti, ja ne ovat vaikuttaneet positiivisesti tehtaan tuotantolinjan toimitusvarmuuden kasvuun.

Hyvässä yhteisymmärryksessä todettiin, että projektista oli hyötyä kyseessä olevalle kohdeyritykselle sekä työn kohteena olleelle tuotantolinjalle.

Lähteet

- 1 Kytönen, Timo. 2016. Jatkuva parantaminen toimistoissa rev1. Power point-esitys. Eaton Power Quality Oy.
- 2 Kytönen, Timo. 2013. Standardized Work Session 1. Power point -esitys. Eaton Power Quality Oy.
- 3 Kytönen, Timo. 2015. Ongelman ratkaisu osa2 A3 Rev2. Power Point -esitys. Eaton Power Quality Oy.
- 4 Kytönen, Timo. 2016. Jatkuva parantaminen toimistoissa rev1. Power point -esitys. Eaton Power Quality Oy.
- 5 Korhonen, Sanna. 2017. Yrityksen sisäinen tiedostokirjasto. Eaton Power Quality Oy.

Linjan kulkukaavio

