

Samu Koivunen

ELEO-tuotantolinjan uudelleensuunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

07.05.2018

Tekijä Otsikko	Samu Koivunen ELEO-tuotantolinjan uudelleensuunnittelu
Sivumäärä Aika	37 sivua + 4 liitettä 07.05.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Esko Tattari Development Manager Jussi Vartia
<p>Tämä työ on suunniteltu ja toteutettu KaVo Kerr Groupille, joka suunnittelee, valmistaa, myy ja markkinoi korkealaatuisia laitteistoja ja ratkaisuja hampaiston ja pään alueen kuvantamiseen.</p> <p>Työssä keskitytään 2D-panoraamaröntgenlaitteita valmistavan ELEO-tuotantolinjan nykytilanteen ongelmiin sekä uuden linjan suunnitteluun ja toteutukseen. Uusi tuotantolinja suunniteltiin hyödyntämällä Lean-filosofian periaatteita. Linjan toimintaa järkevöitettiin pulssittamalla osa linjan työvaiheista, sekä käyttämällä hyödyksi työpisteiden ohjausvaloja. Lisäksi tuotantolinjan suunnittelun ja toteutuksen jälkeen verrattiin alkutilanteen linjan ja uuden linjan tuloksia keskenään.</p> <p>Työn suunnitteluvaiheessa huomattiin, että nykyisen tuotantolinjan ongelmat eivät tiivisty pelkästään itse tuotantolinjaan, vaan ne alkavat jo materiaalin tuonnista. Tästä syystä materiaalin tuonnista vastaavan hypermarketin työvaiheet pulssitettiin.</p> <p>Tuotantolinjan työvaiheita kellottaen ja tahtiaikoja vertaillen päädyttiin suunnittelemaan uudet pelikirjat, sekä tasoittamaan tahtiajat uudestaan. Muuttuneiden pelikirjojen, sekä tahtiaikojen uudelleentasoituksen vuoksi myös linjan kaikki työpisteet suunniteltiin uudestaan uudelle linjalle sopivaksi, huomioiden, että työ voidaan tehdä mahdollisimman tehokkaasti, turvallisesti sekä ergonomisesti.</p> <p>Tuotantolinja suunniteltiin ja toteutettiin samaan paikkaan, missä edellinen linjakin oli. Tuotantolinjan kokoa ei pystytty kasvattamaan. Tästä syystä Lean-filosofian sekä tehokkuuden kohdalla jouduttiin tekemään joitakin kompromisseja.</p> <p>Muutosten myötä tuotantolinjan kaikki työohjeet päivitettiin.</p>	
	lean, pulssitus, tuotantolinja, projektinhallinta

Author Title	Samu Koivunen Re-designing of the ELEO-production Line
Number of Pages Date	37 pages + 4 appendices 07 May 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructors	Lecturer Esko Tattari Development Manager Jussi Vartia
<p>This project has been designed and implemented for the KaVo Kerr Group, which designs, manufactures, sells and markets high quality units and solutions for the imaging of the teeth and head area.</p> <p>The thesis focuses on the current problems of the ELEO production line and the design and implementation of the new line. The new production line was designed using the principles of the LEAN-philosophy. The operation of the line was rationalized by pulsing some of the line's work steps, utilizing the workplace control lights. In addition, after the design and implementation of the production line, the results of the initial line and the new line were compared.</p> <p>During the design phase of the project, it was noticed that the problems of the current production line will not only be concentrated on the production line itself, but already begin with import of material. For this reason, the work phases of the hypermarket responsible for the import of materials were pulsed.</p> <p>Working through the production line's work and comparing the pace, it was decided to design new play books, and to reinvent the paces again. Due to the changing play books, as well as the refinement of tactics, all workstations on the line were re-designed to fit the new line, taking into account that work can be done as efficiently, safely and comfortably as possible.</p> <p>The production line was designed and implemented in the same place where the previous line was. The size of the production line could not be increased. For this reason, some compromises had to be made in the LEAN philosophy and efficiency.</p> <p>With the changes, all the working instructions of the production line were updated.</p>	
Keywords	lean, pulsing, production line, project management

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Lean	2
2.1	Lean-filosofian peruseriaatteen	2
2.2	Lean-filosofian hyödyntäminen uudessa tuotantolinjassa	3
3	Tuotantolinjan alkutilanne ja sen ongelmat	6
3.1	Valmistettavat laitteet	6
3.2	Työvaiheet, pelikirjat ja materiaalivirrat	7
3.2.1	Laitteiden valmistus ja työvaiheet	7
3.2.2	Työvaiheet ja pelikirjat	9
3.2.3	Pullonkaulat tuotantolinjalla	11
3.2.4	Suuri määrä turhaa työtä	12
3.2.5	Työvaiheita vain tietyillä laitemalleilla	13
3.2.6	Puuttuva linjan ohjaus	14
3.2.7	Johtopäätökset	15
4	Uuden tuotantolinjan suunnittelu ja toteutus	16
4.1	Tavoitteet	16
4.2	Ongelmakohtiin syventyminen	17
4.2.1	Läpimenoajan pituus	17
4.2.2	Turhan työn tekeminen materiaalin tuonnissa	17
4.2.3	Materiaalin liikehdintä tuotantolinjan sisällä	18
4.3	Tahtiajat ja pelikirjat	19
4.3.1	Tahtiajat	19
4.3.2	Pelikirjat	20
4.4	Tuotantolinjan aikataulutus, ohjaus ja visuaalisuus	22
4.4.1	Tuotantolinjan aikataulutus	22
4.4.2	Tuotantolinjan ohjaus ja visuaalisuus	23
4.5	Tuotantolinjan toteutus	26
4.5.1	Linjan layout- ja työpistesuunnittelu	26
4.5.2	Uuden tuotantolinjan toteutus	27
5	Tulosten vertailu	29

5.1	Tulosten vertailu teoriassa	29
5.2	Tulosten vertailu käytännössä	30
6	Jatkokehitys	32
6.1	Pulssituksen automatisointi	32
6.2	Hypermarketin pulssituksen parantaminen	34
7	Yhteenveto	36
	Lähteet	37

Liitteet

Liite 1. Alkuvaiheen tuotantolinjan operaattoreiden tekemä liikehdintä

Liite 2. Uuden tuotantolinjan operaattorien tekemä liikehdintä

Liite 3. Alkutilanteen tuotantolinjan market -operaattorin tekemä liikehdintä

Liite 4. Uuden tuotantolinjan market -operaattorin tekemä liikehdintä

1 Johdanto

Tämä työ on suunniteltu ja toteutettu KaVo Kerr Groupille, joka suunnittelee, valmistaa, myy ja markkinoi korkealaatuisia laitteistoja ja ratkaisuja hampaiston ja pään alueen kuvantamiseen.

KaVo Kerr Group Oy on yksi Suomen suurimmista terveysteknologian vientiyrityksistä, joka tuottaa maailmalle hammashoidon johtavia tuotemerkkejä. Yrityksen tuotevalikoima on laaja, sisältäen panoraamaröntgenlaitteiden lisäksi kefalostaattilaitteita, digitaalisia intraoraalisensoreita, kuvanlukijoita, 3D-kuvaa tuottavia kartiokeilatietokonetomografia-laitteita, sekä ohjelmistotuotteita.

KaVo Kerr Group pyrkii tarjoamaan asiakkailleen mahdollisimman laadukkaita ja turvallisia tuotteita ja palveluita. Yritys onkin soveltanut 2000-luvun alkupuolelta lähtien Lean-toimintatapoja, joiden avulla pyritään suunnittelemaan ja tuottamaan toimivia, laadukkaita ja turvallisia laitteita, mikä mahdollistaa asiakastytyväisyyden pysymisen korkealla. Tällä hetkellä yritys onkin yksi Suomen johtavia Leanin benchmark-yrityksiä, jolta muut yritykset tulevat hakemaan oppia omaan toimintaansa [1.].

Insinöörityössä syvennyttään Tuusulan tehtaan ELEO-tuotantolinjan toimintaan ja sen ongelmakohtiin. 2D-panoraamalaitteita valmistava tuotantolinja on vuosien toiminnan aikana muuttanut paikkaa ja muotoaan, jonka myötä linjan työvaiheiden työkuormat ovat ajautuneet epätasapainoon. Lisäksi muutosten myötä työvaiheisiin on kerääntynyt turhaa työtä, minkä vuoksi linja ei pysty tuottamaan laitteita tavoitteiden mukaisesti. Insinöörityön tavoitteena on pyrkiä uudelleensuunnittelemaan tuotantolinja niin, että työ voidaan tehdä linjalla mahdollisimman tehokkaasti hyödyntäen Lean-filosofian perusperiaatteita.

2 Lean

2.1 Lean-filosofian peruseriaatteet

Lean on johtamisfilosofia. Lean-filosofian avulla pyritään parantamaan yrityksen toimintaa, tuoden siihen tarkoituksenmukaisuutta, järkevyyttä ja täsmällisyyttä. Lisäksi sillä pyritään parantamaan asiakkaalle arvoa tuottavia asioita. Tässä projektissa asiakkaalle arvoa tuottavia asioita ovat muunmuassa:

- tuotteen laatu
- tuotteen toimitusaika
- tuotteen toimitusvarmuus
- asiakastyytyväisyys

Lean-filosofian avulla pyritään jatkuvaan parantamiseen, jotta yrityksessä tapahtuvat toiminnot toteutuvat mahdollisimman hyvin ja tehokkaasti. Yksi Leanin peruseriaatteista on pyrkiä poistamaan työtä, josta asiakas ei hyödy, eli arvoa tuottamatonta työtä kaikista toiminnoista. Arvoa tuottamatonta työtä eli hukkaa on

- materiaalin ja tuotteiden kuljetukset paikasta toiseen
- turha liikehdintä paikasta toiseen
- varastoinnit ja välivarastoinnit
- odotusaika
- ylituotannon tekeminen
- materiaalien ja tuotteiden yliprosessointi / ylilaadun tekeminen
- vialliset tuotteet. [2.]

2.2 Lean-filosofian hyödyntäminen uudessa tuotantolinjassa

Tarkoituksena on suunnitella tuotteen valmistusprosessi niin, että tuotteet saadaan valmistettua asiakkaan toiveen mukaisesti ajallaan ja laadukkaasti. KaVo Kerr Groupilla päivittäistoiminnassa on käytössä +QDIP-järjestelmä. Järjestelmän avulla pyritään keskittymään toiminnassa tärkeimpiin asioihin, jotta tuotteita saadaan valmistettua standardinomaisesti. +QDIP -järjestelmän lyhenteet koostuvat seuraavista asioista ja ovat tärkeysjärjestyksessä:

Taulukko 1. +QDIP-järjestelmän kategoriat

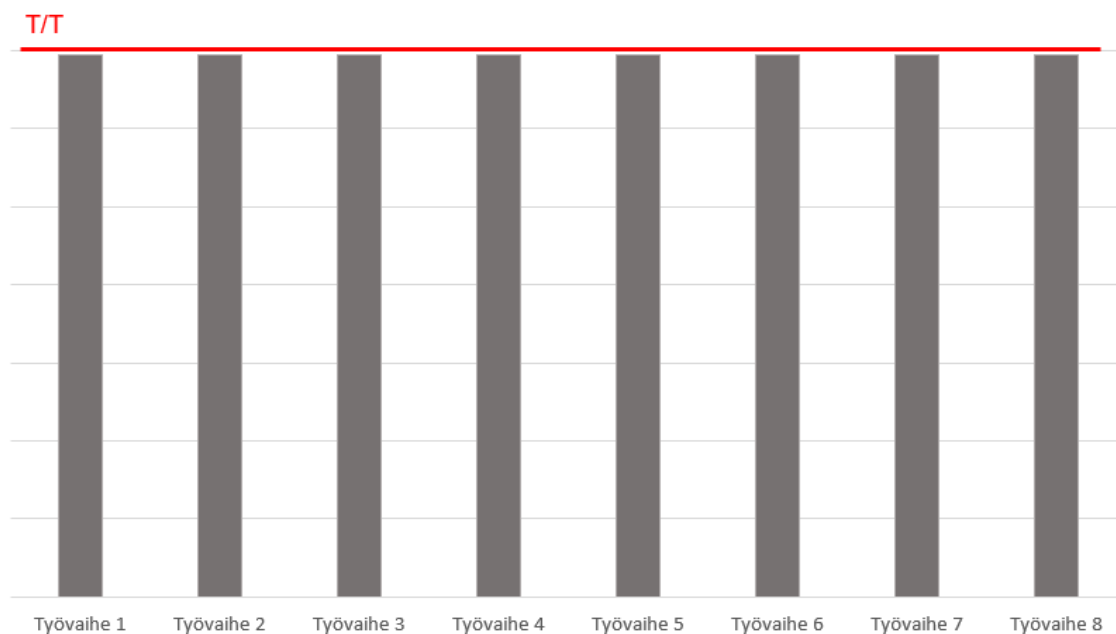
+	Turvallisuus	Safety
Q	Laatu	Quality
D	Toimitusvarmuus	Delivery
I	Varastot	Inventory
P	Tuottavuus	Productivity

Toiminnan tärkein asia on saada valmistettua laitteet yrityksessä mahdollisimman turvallisesti, ettei niistä koidu työntekijöille tai asiakkaalle vaaraa. Tämän vuoksi (+) Turvallisuus on seurattavista asioista tärkein. Toiseksi tärkein asia on (Q) Laatu. Laadun ylläpitämisen avulla asiakas saa saamastaan tuotteesta mahdollisimman hyvän käyttökokemuksen, mikä heijastuu asiakastytyvyyteen. Lisäksi sisäisen laadun tarkkailulla varmistetaan, että laitteita saadaan valmistettua asiakkaalle tasaisesti, vaikuttamatta toimitusvarmuuteen. Kolmantena asiana on valmistettavien tuotteiden toimitusvarmuus (D). Toimitusvarmuutta seuraamalla, pyritään varmistamaan, että asiakas saa tilaamansa tuotteen toivomanaan päivänä. Toimitusvarmuuden ylläpitäminen vaikuttaa asiakastytyvyyteen. Neljäntenä seurattavana asiana on Varastoarvot (I). Varasto-sarakkeessa pyritään seuraamaan tuotteissa käytettävien materiaalien käyttöä. Tällä pyritään ennaltaehkäisemään mahdolliset materiaali puutteet, jotka vaikuttavat tuotteiden valmistuksen tasaisuuteen ja näin ollen toimitusvarmuuteen. Viimeisenä seurattavana asiana on tuottavuus (P). Tuottavuutta parantamalla pyritään valmistamaan laitteita mahdollisimman paljon ja tehokkaasti, lisäämättä työntekijöiden määrää.

KaVo Kerr Group Oy:llä Lean-filosofiaa on jo hyödynnetty pitkään. Tässä projektissa käytetyssä ELEO-tuotantolinjassa Lean-filosofian elementtejä on hyödynnetty jo aiemminkin. Näitä ovat muun muassa

- tuotteiden valmistus asiakastilausta vastaan
- standardoitu työ, eli standard work
- tuotannon virtauttaminen
- materiaalien imuohjaus.

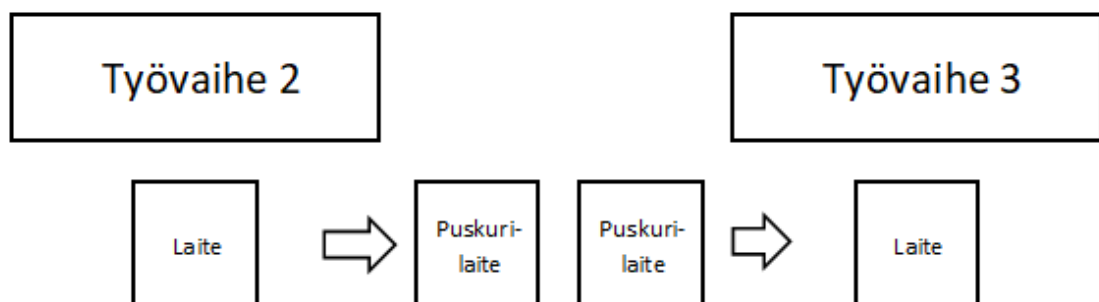
Standard work -käsitteellä linjan työ pyritään suunnittelemaan niin, että työ määritellään tehtäväksi aina samalla tavalla, eli standardinomaisesti. Jotta työtä tehdään aina yhtä laadukkaasti sekä tehokkaasti, tehdään työ aina samassa järjestyksessä, käyttäen samoja työkaluja. Työn standardoinnin ansiosta työ voidaan jakaa linjalla tasaisesti eri työvaiheisiin. Työn tasoituksella linjalle voidaan määrittää tahtiaika, minkä perusteella työtä tehdään. Kaaviosta 1. nähdään ideaalitalanne työn tasoitukselle:



Kaavio 1. Työvaiheajojen tasoitus.

Kaaviossa 1. punainen viiva merkitsee linjan tahtiaikaa. Harmaat palkit merkitsevät työvaiheisiin kuluvaan aikaan (Operator Cycle Time). Työvaiheisiin kuluvaan aikaan tulee jäädä tahtiajan alapuolelle, jotta työ ehditään tekemään tahtiajan mukaisesti. Jos työvaiheisiin kuluva aika jää kuitenkin reilusti alle tahtiajan, on työvaiheessa tyhjää aikaa, eli *odotusaikaa*.

Tuotannon virtauttamisen tavoitteena on, että tuotteet saadaan valmistettua asiakkaalle mahdollisimman nopeasti asiakkaan tarpeen mukaan. Ideana on, että tuotteet valmistetaan linjalta vain asiakastilausta vastaan läpimenoajan mukaisesti. Jotta laite saadaan valmistettua mahdollisimman nopeasti, tulee työvaiheiden olla mahdollisimman hyvin tasoitettuja ajan suhteen. Tämän lisäksi tuotannon työvaiheiden välissä ei tulisi olla keskeneräistä tuotantoa, eli *puskurituotantoa* (Kuva 1). Puskurituotanto aiheuttaa läpimenoajan kasvamisen, koska tuotanto jää odottamaan pääsyä seuraavaan työvaiheeseen. Kun tuotantolinjalta ei löydy puskurilaitteita, tätä kutsutaan *Single Piece Flowksi* eli yhden kappaleen virtaukseksi.



Kuva 1. Puskurituotanto.

Vaikka Lean-filosofiaa on hyödynnetty, on linja ajan ja muutosten myötä ajautunut tilanteeseen, jossa laitteita valmistuu epätasaisesti ja liian vähän. Projektissa perehdytään linjan työvaiheiden toimintaan tutkimalla työkuorman määrää jokaisessa työvaiheessa, sekä niihin kuluvaan aikaan. Lisäksi projektissa pyritään havaitsemaan ongelmatilat ja löytämään ratkaisut niihin. Apuna käytetään Lean-filosofian perusperiaatteita.

3 Tuotantolinjan alkutilanne ja sen ongelmat

3.1 Valmistettavat laitteet

ELEO-tuotantolinjalla valmistettavat laitteet ovat hampaiden kuvantamiseen tarkoitettuja 2D-panoraamalaitteita. Lyhenne ELEO muodostuu sanoista *Entry Level Extra Oral*. Valmistettavia laitemalleja on useita: Orthopantomograph OP30, Cranex Novus E, KaVo Pan eXam, Gendex GXDP300 ja Acteon X-mind One.

Jokainen valmistettavista laitteista on rakenteeltaan keskenään samantyyppinen. Laitteet koostuvat pilari -osan sekä pyörijä -osan *kokoonpanosta* (kuva 2). Kokoonpanolla tarkoitetaan useasta osasta koostuvaa valmistettavaa kokonaisuutta. Molemmat kokoonpanot kootaan erikseen, jonka jälkeen ne yhdistetään.



Kuva 2. Laitteen rakenne, kuvassa Orthopantomograph OP30 [3.]

3.2 Työvaiheet, pelikirjat ja materiaalivirrat

3.2.1 Laitteiden valmistus ja työvaiheet

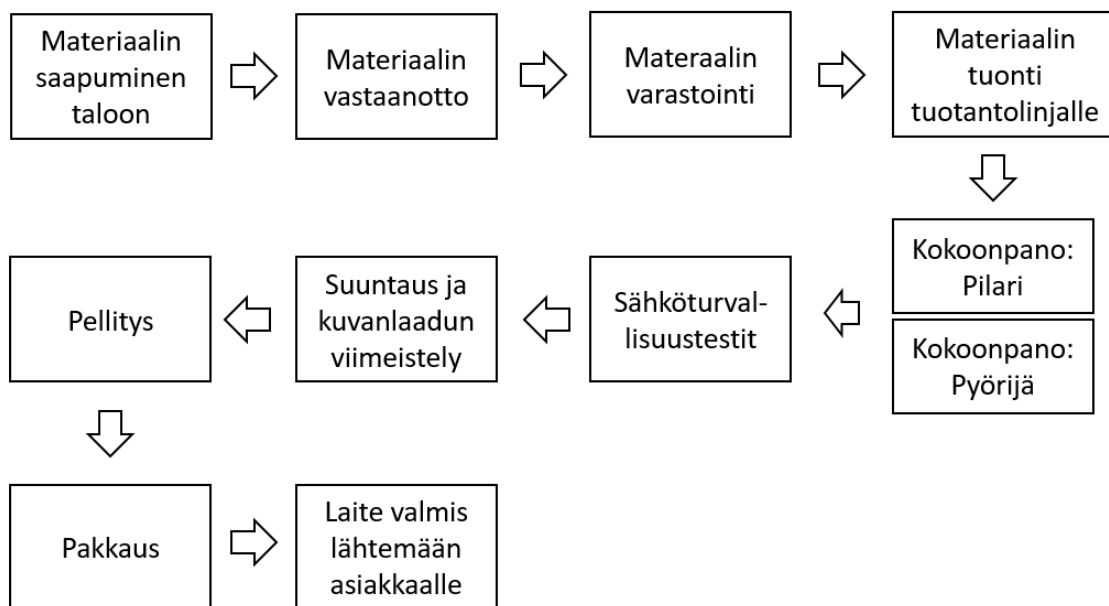
Laitteen valmistus toimii usean eri vaiheen kautta (kuva 3). Valmistamiseen tarvitaan materiaalit, joista laite voidaan valmistaa. Materiaalit tilataan eri toimittajilta, jotka toimittavat materiaalin taloon. Lisäksi osa materiaaleista valmistetaan talon sisällä eri tukiosastoilla. Näihin kuuluvat mm. koneistamo, sensorituotanto, sekä High Voltage -tuotanto. Periaate on kaikissa sama, materiaalit tilataan valmistustarpeen mukaan. Tilatut materiaalit varastoidaan, minkä jälkeen ne ovat käytettävissä tuotantoa varten. Myös tuotantolinjoilla on omat käyttövarastonsa. Materiaalit ovat linjalla kahdessa laatikossa, joissa molemmissa on sama määrä materiaalia. Kun käyttölaatikko tyhjenee, siirrytään käyttämään toista laatikkoa. Käyttölaatikko siirretään varastolle eli hypermarketille impulssiksi, jotta uusi määrä materiaalia saadaan taas linjalle. Tätä kutsutaan *imuohjaukseksi* [4.]. Kooltaan isommat ja arvokkaammat materiaalit ovat varastoituna hypermarkettiin.

Itse laitteen valmistus alkaa aina asiakastilauksesta. Tätä tapaa kutsutaan *just-in-time* -järjestelmäksi [5.]. Asiakas tilaa laitteen, tilaus syötetään tilausjärjestelmään ja se näkyy tilausraportissa. Tuotantolinjan tiiminvetäjä eli hancho tai minitehtaan esimies määrittelevät päivän työjonon. Kun tilaus on selvillä, tiedetään valmistettava laitetyyppi. Valmistus koostuu kahdesta erillisestä linjastosta: pyörijä- sekä pilarikoontilinjastosta. Laitteiden valmistus aloitetaan samanaikaisesti linjastoissa. Linjastoissa on useampi, kuin yksi työntekijä pelikirjasta riippuen. Työvaiheet on määritelty tiettyyn työjärjestykseen ja jaoteltu jokaiselle työntekijälle eli operaattorille mahdollisimman tasaisesti. Kun määritellyt työvaiheet on saatu tehdyksi ja kokoonpanot on valmistettu, yhdistetään kokoonpanot yhdeksi laitteeksi. Yhdistämävaiheessa tehdään koontia ja lisäksi alustavat toiminnalliset testit. Kun määritellyt työvaiheet on tehty, on laite valmis testattavaksi.

Testauksessa laitteelle tehdään lakisääteiset sähköturvallisuusmittaukset, laitteen suuntaus- sekä kuvanlaadun varmentamistestit. Laitteet ovat testien aikana jännitteisiä, ja testeistä koituu suuria jännitteitä tai säteilyannoksia. Tästä syystä testaukset tehdään lyijysuojattujen testauskoppien sisäpuolella. Testitulokset syötetään testikantaan, joka havaitsee, ovatko testit menneet läpi vai ei. Kun testit on läpäisty, laite on valmis siirtämään pelitettäväksi.

Pellityksessä kootun ja testatun laitteen ympärille kiinnitetään laitteen kuoret. Kuoret ja muu pakkaamon materiaali tilataan hypermarketista testauksessa tulostetun impulssin mukaisesti ja tuodaan materiaalikärryssä tuotantolinjalle. Kuoret ovat fyysisesti isokokoisia, joten niiden varastointi ei onnistu tuotantolinjalla. Impulssi tulostetaan testauksessa, jotta market -henkilöllä on aikaa hakea impulssi, keräillä tarvittavat osat sekä tuoda settikärry tuotantolinjalle. Kuorien kiinnitysten lisäksi laite kilvitetään sekä laitteen varusteet pussitetaan pakkaamista varten.

Ennen laitteen pakkaamista laite puhdistetaan ja laitteen herkäät osat suojataan pehmuksilla. Laitteen ympärille asetetaan styroksisolut ennen pakettiin asettelua. Laite nostetaan ja kaadetaan nosturia hyödyksi käyttäen pakkauslaatikkoon. Kun laite on kaadettu ja aseteltu pakkauslaatikkoon, lisätään laitteelle ja tilaukselle kuuluvat lisätarvikkeet vielä laatikkoon. Laatikko vannetetaan ja laite raportoidaan järjestelmään, minkä jälkeen laite on valmis vapautettavaksi asiakkaalle. Laite viedään lähettämöön ja se jää odottamaan noutoa asiakkaalle.



Kuva 3. Laitteen valmistusprosessi.

3.2.2 Työvaiheet ja pelikirjat

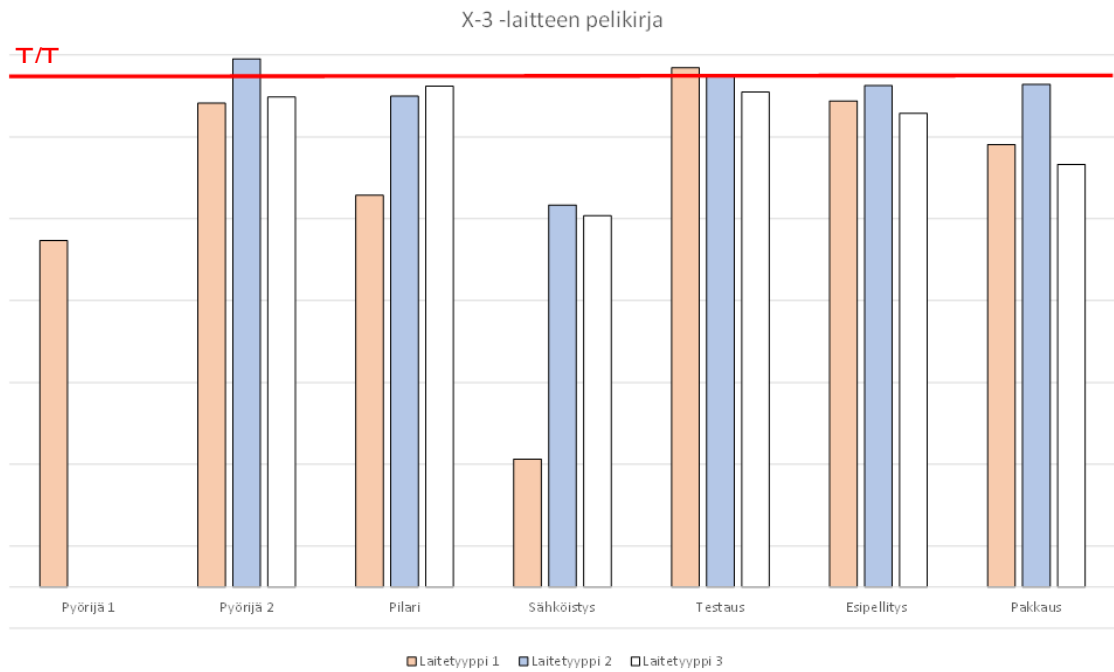
Tuotantolinjoilla on käytössä *pelikirjat*, jotka määrittelevät, kuinka monta laitetta päivän aikana tulee valmistaa. Pelikirjat pohjautuvat Standard Work-periaatteeseen [6.]. Standard work eli standardoitu työ -käsitteellä linjan työ pyritään suunnittelemaan niin, että työ määritellään tehtäväksi aina samalla tavalla, eli standardinomaisesti. Kun tiedetään, miten työtä tehdään, laitteen valmistukseen kuluva aika voidaan mitata. Tätä kutsutaan *läpimenoajaksi*. Jotta laitteen valmistukseen käytettävä työaika saadaan käytettyä mahdollisimman tehokkaasti, pyritään se jakamaan operaattoreille mahdollisimman tasaisesti, jotta linjan toiminta pysyy tasapainossa. Päivän aikana käytössä olevan työajan sekä päivän aikana halutun laitemäärän perusteella saadaan määriteltyä työvaiheeseen kuluva aika eli *tahtiaika*:

$$\text{Tahtiaika} = \frac{\text{Käytettävissä oleva työaika päivän aikana}}{\text{Tarvittavien laitteiden määrä päivän aikana}}$$

Linjan operaattorien määrä saadaan laskettua seuraavalla tavalla:

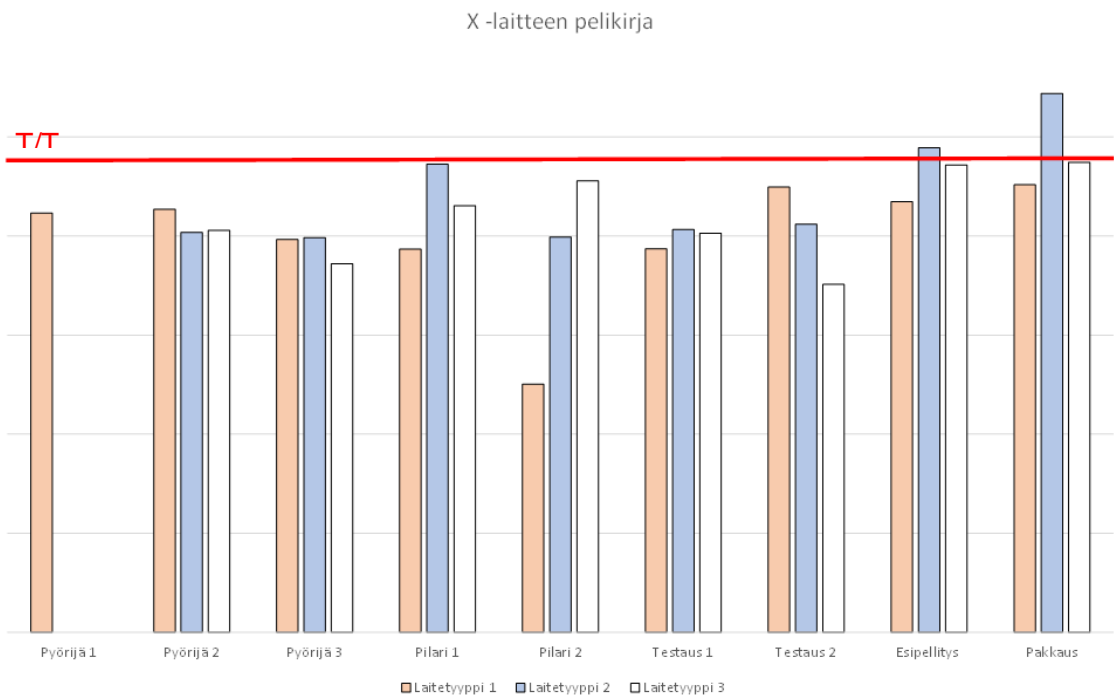
$$\text{Operaattorien määrä} = \frac{\text{Laitteen läpimenoaika}}{\text{Tahtiaika}}$$

Alkuvaiheessa ELEO-tuotantolinjalla pelikirjoja oli käytössä kolme: yleisimmin käytössä oleva X-laitteen pelikirja, pienemmän tuotantomäärän X-3-pelikirja sekä suuren tuotantomäärän X+3-pelikirja. Jokaiselle pelikirjalle on laskettu ja määritelty tahtiajat ja operaattoreiden tarve. Kuten aiemmin on mainittu, tuotantolinjalla valmistetaan useampaa eri laitemallia. Vaikka laitteet ovat rakenteeltaan samantyyppisiä, on jokaisella eri laite-tyypillä erilaiset valmistustapansa, jotka vaikuttavat läpimenoaikaan ja tästä syystä tahtiaikoihin. Koska laitemalleja valmistetaan samalla tuotantolinjalla, vaikuttavat tahtiaikojen erot linjan toimintaan ja laitteiden valmistuksen tasaisuuteen. Kaavioissa 2., 3. ja 4. nähdään jokaisen pelikirjan tahtiajat eri laitemalleja keskenään vertaillen.

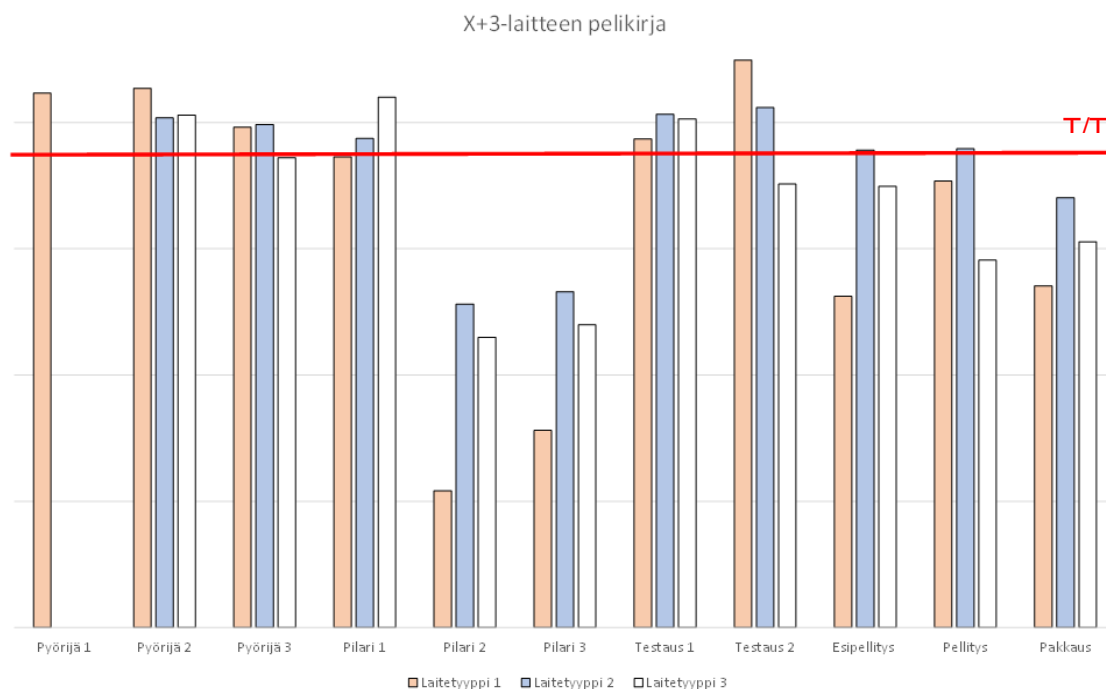


Kaavio 2. X-3 -laitemäärän pelikirja

X -laitemäärän pelikirja on pienen tuotantomäärän pelikirja.



Kaavio 3. X -laitemäärän pelikirja

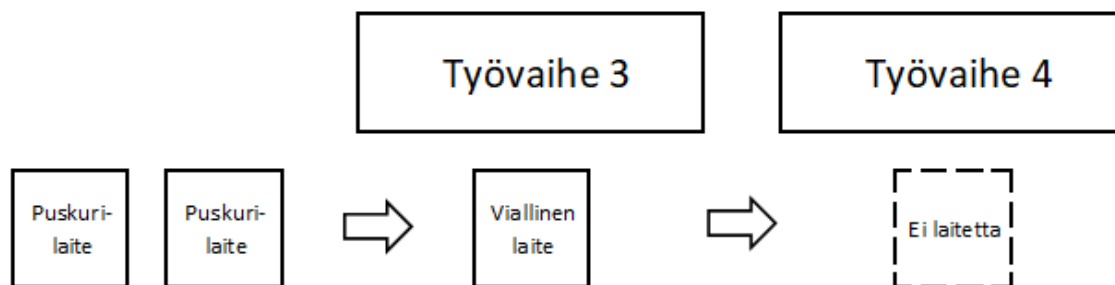


Kaavio 4. X+3 -laitemäärän pelikirja

Punainen viiva havainnoi tahtiaikaa. Kuten nähdään, jokaisella pelikirjalla jonkin työvaiheen kokonaisaika menee tahtiajan yli. Tämä tarkoittaa, ettei työtä ehditä tekemään tahtiajan puitteissa edes teoriassa. Pelikirjoja vertailtaessa nähdään myös, että työvaiheiden välillä on suuria eroja. Kun tähän sisällyttää vielä laitemallikohtaiset tahtiaikaerot, voi työvaiheiden välillä olla suuriakin ajallisia eroja. Tästä syystä työvaiheiden väleihin voi muodostua ylimääräisiä puskurikoneita, ja jotkin operaattoreista voivat odottaa laitetta edellisestä työvaiheesta.

3.2.3 Pullonkaulat tuotantolinjalla

Tuotantolinjalla tietyt työvaiheet ovat kohtia, joissa ongelmat useimmin ilmaantuvat. Näitä ovat esitestaus, sähköturvallisuustestit ja kuvantaminen. Sähköiset ongelmat ovat siis laitteissa suurin laadullinen ongelma, mikä tarkoittaa, että testausvaiheissa useimmin joudutaan tekemään korjausta ja työtä uudelleen. Jos ongelmasta aiheutuu esim. sähköisten komponenttien vaihtamista, joudutaan työtä tekemään uudelleenkäsittelyohjeen mukaisesti. Tämä tarkoittaa, että testausaika voi tästä syystä lähes tuplaantua. Tästä saattaa aiheutua testauksen seuraavaan vaiheeseen tyhjä työvaihe, ja eteen puskurilaitteita Testaukseen voi koitua näin ollen ns. *pullonkaula -efekti* (kuva 4).



Kuva 4. Pullonkaula -efekti.

X+3-laitteen pelikirjalla pullonkaula -efekti näkyy testaustyövaiheissa räikeimmin. Lyijysuojattuja testauskoppeja ELEO-tuotantolinjalla on käytössä vain kaksi. Testaustyövaiheet vievät ajallisesti enemmän kuin itse tahtiaika (kaavio 4.). Testaustyövaiheita ei voi viedä ulos lyijysuojatuista testikopeista, eikä testikoppeja ole käytössä enempää, joten tahtiaikoihin ei voida päästä edes teoreettisesti. Kun tähän sisällytetään aiemmin mainitut mahdolliset sähköiset ongelmat laitteissa, on erittäin todennäköistä, että linjalle muodostuu puskurilaitteita tai tyhjiä työvaiheita.

3.2.4 Suuri määrä turhaa työtä

Koko tehtaan layout muuttuu jatkuvasti kehittämisen myötä. Tästä syystä myös tuotantolinjojen rakenteet ja työvaiheet muuttuvat jatkuvasti. Jos työvaiheita tulee lisää tai joi-tain työvaiheita tarvitsee poistaa, pyritään ne sovittamaan linjan työntekoon mahdollisimman sopivaksi. Esimerkkinä ELEO-tuotantolinjalla ovat eräät materiaalintuonnin työvaiheet. Pyörijä -kokoontanossa sekä pilari -kokoontanossa on materiaaleja, jotka ovat isokokoisia ja vievät paljon varastotilaa. Alkutilannetta aiemmissa layouteissa kyseiset materiaalit ovat olleet varastoituna tuotantolinjan läheisyyteen, jotta koontilinjastojen operaattoreiden on helppo ottaa materiaalit työn alle. Koko tehtaan layout -muutosten myötä tuotantolinjojen kokoja on pinta-alaltaan pienennetty ja kooltaan isokokoisemmat materiaalit on siirretty varastoitavaksi hypermarkettiin.

Pyörijän ja pilarin isokokoisten materiaalien hakeminen on alkutilanteen pelikirjoissa kuitenkin edelleen määritelty koontilinjaston operaattoreiden työvaiheiksi. Tämä tarkoittaa, että operaattorit tuotantolinjalta käyvät hakemassa materiaalit hypermarketista itse, tuoden ne takaisin linjalle. Edellä mainitut materiaalit haetaan tuotantolinjalle käyttäen ma-

tereaaleille kuuluvia jigejä eli aputyökaluja, joihin ne kiinnitetään ja joilla materiaalit saadaan liikutettua takaisin tuotantolinjalle. Jigit kiertävät tuotantolinjan läpi, jonka jälkeen ne ovat käytettävissä uusia hakuja varten. ELEO-tuotantolinjan ja hypermarketin välillä on matkaa 100 metriä, mikä tarkoittaa, että jokaista pilarin materiaalin hakua tai pyörijän materiaalin hakua kohden kävellään 200 metriä turhaan. Jokaista pilarin materiaalin hakua kohden tehdään ajallisesti mitattuna seitsemän minuuttia turhaa työtä, ja jokaista pyörijän hakua kohden viisi minuuttia turhaa työtä. Lasketaan yhden päivän aikana tehty turhan työn määrä:

$$\begin{aligned}
 \text{Turha työ} &= \text{valmistettavien laitteiden määrä päivän aikana} \\
 &\quad * (\text{pyörijän materiaalin hakuun kuluva aika} \\
 &\quad + \text{pilarin materiaalin hakuun kuluva aika}) = X * (5 \text{ min} + 7 \text{ min}) \\
 &= X * 12 \text{ min}
 \end{aligned}$$

Näiden kahden työvaiheen kohdalla tehdään $X * 12$ minuuttia turhaa työtä päivässä, minkä voisi käyttää laitteiden valmistukseen tai muuhun tuottavaan työhön. Kun asiaa mietitään laajemmassa mittakaavassa, vuoden aikana tehdyn turhan työn määrä voidaan esittää päivän, tai jopa viikon mittayksiköissä. Lisäksi haut tuottavat materiaalia tuovalle käytävälle jatkuvaa risteävää liikennettä, mikä aiheuttaa mahdollista haittaa muulle materiaalintuonnille ja myös mahdollisia turvallisuusriskejä.

3.2.5 Työvaiheita vain tietyillä laitemalleilla

Osa taloon saapuvista materiaaleista saapuu taloon *osakokonaisuuksina*, eli toimittaja tekee materiaaleista kokoonpanot tiettyyn vaiheeseen. Säästöjä ajatellen osakokoonpanoja voidaan kotiuttaa, eli tuoda toimittajalla tehtävät osakokoonpanot taloon tuotantolinjalle.

ELEO-linjalla tämäntapainen kotiutus on tehty. Yhden tuotantolinjalla valmistettavan laitemallin pyörijän runko-osakokoonpano on kotiutettu ennen alkutilannetta. Osakokoonpanon kotiuttamisen myötä linjalle on siis lisätty yksi työvaihe, jossa osakokoonpano valmistetaan. Ajallisesti työvaihe vie kahdella alimmalla pelikirjalla yhden operaattorin työajan, jos kyseistä laitetyyppien valmistetaan ainoastaan päivän aikana.

Tämä onkin ongelmana: jos päivän aikana valmistetaan useampaa laitetyyppiä, joista vain osa on laitetyyppiä, joka sisältää yllä mainitun osakokoonpanon, mitä operaattori tekee lopun työajastaan? Toisena ongelmana on, jos korkeimmalla X+3-pelikirjalla valmistetaan vain ja ainoastaan tätä osakokoonpanoa sisältävää laitetyyppiä, ei operaattorin päivän työaika riitä osakokoonpanojen valmistukseen tahtiajan mukaisesti. Tästä syystä asiaa on yritetty korjata tekemällä osakokoonpanoja etukäteen puskuriin. Jos kyseistä laitetyyppiä ei valmisteta pitkään aikaan, tarkoittaa tämä, että osakokoonpanoja on valmistettu turhaan puskuriin, joka on kyseisellä hetkellä turhaa työtä.

3.2.6 Puuttuva linjan ohjaus

Kuten aiemmin jo mainittiin, koontilinjaston aloituksia ohjaa asiakastilaus. Linjalla tiedetään siis, mitä laitteita tulee valmistaa ja missä järjestyksessä. Työvaihejaot määrittelevät, mikä on jokaisen operaattorin oma työtehtävä. Jos linjalla tulee ongelmia mm. osien laadun vuoksi, tarkoittaa tämä, että aiemmin mainittuja puskurikoneita, tyhjiä työvaiheita, eli odottamista tai pullonkauloja voi syntyä linjalle. Miten linja saadaan tasoitettua takaisin normaaliin tilanteeseen?

Materiaalia toimittava hypermarket sijaitsee erillään kaukana ELEO-tuotantolinjasta. 2-laatikoissa toimitettavaa materiaalia tuodaan impulssia, eli tyhjentyttyä 2-laatikkaa vastaan. Tyhjät 2-laatikot siirretään käyttöpaikoiltaan palautusramppeihin, joista marketin operaattorit vievät laatikot keräiltäväksi. Ongelmana on ollut, milloin tyhjät laatikot kerätään pois. Tai jos laatikot kerätään, voivat ne jäädä hypermarketin päähän odottamaan keräilyä. Jos tyhjä 2-laatikko jää keräämättä, sekä toinen 2-laatikko eli käyttölaatikko ehtii tyhjentyä tuotantolinjalla, tarkoittaa tämä, että tuotantolinjalla ei ole materiaalia, mistä valmistaa laitteita. Mikä varmistaa, että tyhjät 2-laatikot haetaan tuotantolinjalta pois, sekä osat keräillään ja täydet 2-laatikot tuodaan takaisin tuotantolinjalle tarpeeksi ajoissa?

Talossa on käytössä työntekijöille tarkoitettu liukuma-aika, eli töihin voidaan saapua ja poistua määriteltyjen aikajaksojen aikana. Tämä tarkoittaa siis sitä, että yksi operaattoreista voi saapua töihin aivan aikajakson alussa ja toinen operaattori aikajakson lopussa. Tästä voi seurata se, että jollakin työpisteellä on heti työpäivän alussa suurempi työkuorma kuin toisella puskurilaitteista ja odottamisesta johtuen. Jos operaattorille määri-

tellyssä työvaiheessa työkuorma on suuri ja operaattori lähtee aikaisin liukuma-ajan puitteissa töistä, kuka tulee purkamaan suuren työkuorman määrän? Nämä ovat niitä ongelmakohtia, joita nykyisellä linjamallilla on vaikea hallita.

3.2.7 Johtopäätökset

Tuotantolinjaa on muokattu vuosien varrella useaan otteeseen. Työvaiheita on lisätty ja poistettu monesti muuttamatta ja tarkemmin miettimättä tahtiaikoja tai työpisteiden järjestyttävyyttä. Jatkuvilla pienillä muutoksilla saadaan korjattua joitakin ongelmia pois, mutta niitä voidaan samalla tuoda toimintaan lisää. Osa työvaiheista sisältää runsaasti turhaa työtä, kun taas toisissa työvaiheissa voi odottamisaikaa olla reilusti. Kun tähän sisällytetään vielä materiaalien tuontiin liittyvät ongelmatilanteet, voi odottamisaikaa syntyä runsaasti.

Näiden asioiden vuoksi linjan ylläpitäminen voi olla joissain vaiheissa erittäin työlästä. Ongelmat heijastuvat hyvin tuloksiin, eli valmistettujen laitteiden määrään. Jatkuvien ongelmatilanteiden myötä laitteita valmistuu tuotantolinjalta hyvin epätasaisesti. Vaikka jonnain päivänä laitteita on valmistunut tavoitteiden mukainen määrä, ei se välttämättä tarkoita, että kaikki on mennyt kyseisenä päivänä hyvin. Pitkän läpimenoajan vuoksi jättämä voi näkyä vasta seuraavana päivänä.

4 Uuden tuotantolinjan suunnittelu ja toteutus

4.1 Tavoitteet

Uutta tuotantolinjaa suunnitellessa on hyvä miettiä, mitä halutaan muuttaa ja miksi. Ensimmäinen asia on korjata linjan alkutilanteen ongelmat. Ideana on luoda tuotantolinja, jossa laitteita valmistuu tasaisesti ja jota on helppo hallita. Ongelmatilanteita on hyvä saada ennaltaehkäistyä, mutta totuus kuitenkin on, että ongelmia ilmaantuu jossain vaiheessa. Tästä syystä on myös hyvä miettiä, mitä tehdä, kun ongelmatilanteita tapahtuu.

Toinen asia on, miten saadaan parannettua linjan toimintaa paremmalle tasolle vielä linjan alkutilanteen ongelmien ratkaisemisen jälkeenkin. Talossa on käytössä jatkuvan parantamisen periaate, jossa linjan toimintaa pyritään parantamaan eri osa-alueilla. Uutta linjaa suunnitellessa on siis hyvä miettiä, mitä asioita voidaan muuttaa ja muuttuvat paremmiksi uudistuksen myötä. Muutokselle asetetaan siis tavoitteet, jotta tiedetään, mitä halutaan:

- materiaalintuonnin ongelmien korjaaminen
- turhan työn minimoiminen tuotantolinjalla
- pullonkaulojen syntyminen minimoiminen
- linjan ohjauksen määrittäminen
- tuottavuuden parantaminen
- muiden laitemallien pyörijän osakokoonpanojen kotiuttaminen tuotantolinjalle
- uuden laitemallin valmistuksen aloittaminen tuotantolinjalla
- työohjeiden päivittäminen nykylinjan mukaisiksi, sekä työohjeiden laadun parantaminen.

4.2 Ongelmakohtiin syventyminen

4.2.1 Läpimenoajan pituus

Kuten aiemmin linjan alkutilanteen ongelmien tarkastelussa havaittiin, linjalla on työvaiheita, jotka sisältävät suuren määrän turhaa työtä. Jos turhan työn tekeminen saadaan minimoitua tai edes vähennettyä, vaikuttaa tämä heti läpimenoajan määrään. Vaikka tuotantolinja ja hypermarket ovat erillään, on hyvä miettiä, mikä on työn teon kannalta järkevää molemmille osastoille. Ideana on miettiä, kuinka välttää turhaa liikehdintää tuotantolinjan ja hypermarketin välillä, mutta myös kuinka minimoida pienimmätkin turhat liikkeet tuotantolinjan sisällä. Pienimmistäkin turhista ajankäytöistä muodostuu pidemmällä aikavälillä suurta hukkaa.

Aiemmin ongelmaksi määriteltiin talossa käytössä olevat työajan liukummat. Onko mahdollista, että itse laitteiden valmistus tehtäisiin vain sellaisena aikana, jolloin kaikki operaattorit ovat paikalla? Onko sellaista työtä, jota pystyttäisiin tekemään liukuma-aikojen puitteissa? Tällä keinolla saataisiin pidettyä linjan toiminta tasapainossa ympäri työajan, sekä käytettyä liukuma-ajat mahdollisimman tehokkaasti hyödyksi.

Suunnitteluvaiheessa tiedettiin, että loput pyörijän kokoonpanoista kotiutetaan. Pyörijän kokoonpano koostuu useammasta pienemmästä kokoonpanosta, jotka eivät kestä ajallisesti niin pitkään. Kellotuksista mitattuna kokoonpanojen valmistukseen kuluva ajan sekä liukuma-aikojen määrän perusteella saatiin laskettua, että kun työ jaetaan tarpeeksi monelle työpisteelle ja operaattorille, saadaan kokoonpanot valmistettua liukumien aikana. Tällä tavalla saadaan korjattua liukuma-aikoihin liittyvät ongelmat sekä osakokoonpanon työvaiheeseen liittyvä ajantasaus.

4.2.2 Turhan työn tekeminen materiaalin tuonnissa

Pyörijän ja pilarin haku tuottavat suurimman turhan työn kuorman. Kyseiset materiaalit tuodaan tuotantolinjalle hypermarketista, eli samasta paikasta, josta myös muu materiaali tuodaan. Onko mahdollista saada tuoduksi suuri määrä materiaalia samaan aikaan kulkematta edestakaisin useampaa kertaa? Tai onko mahdollista, että osa materiaaleista saadaan siirrettyä lähemmäksi linjaa, jotta hakuun kuluva aika ja liikkumisen määrä

pienenevät? Näihin aiheisiin löytyi ratkaisu: pyörijän kokoonpanoihin kuuluvat, suurikokoiset rungot saadaan siirrettyä linjan läheisyyteen, jotta hakemiseen kuluva aika lyhenisi. Muu materiaali pysyy hypermarketissa, mutta materiaalin tuonti hoidetaan niin, että kaikki saataisiin tuotua linjalle yhdellä kertaa. Tuotantolinjoille on otettu käyttöön materiaalijuna, jolla saadaan puoliautomasoidusti kuljetettua materiaali hypermarketista tuotantolinjoille. Materiaalit lastataan junan mukana kulkeviin vaunuihin, juna kuljettaa materiaalivaunut käytävää pitkin ja pysäyttää junan tuotantolinjalle sille määriteltyyn paikkaan. Materiaali siirretään tuotantolinjoille hyllytasolle market -operaattoreiden toimesta. Materiaalia tarvitaan useampaan paikkaan tuotantolinjalla: kokoonpanovaiheisiin pilarin kokoonpanoon kuuluvat isommat osat, sekä pakkaamoon kuuluva settikärky. Jos kaikki materiaali saadaan tuotua linjalle kerralla, saadaan materiaalin tuonneista toistuva edestakainen liikehdintä poistettua.

Materiaaleja tarvitaan linjan jokaisella osa-alueella. Materiaalilaatikoille on määritelty linjalla omat paikkansa, jonne ne tuodaan. Alkutilanteen tuotantolinjassa työpisteet koostuvat useammasta osasta toistuvista muokkauksista johtuen. Joillakin työpisteillä työpisteiden osat ovat eri puolella työpistettä. Tässä onkin ongelma: koska työpisteen materiaalit on jaoteltu useampaan eri paikkaan, tarkoittaa se, että market -operaattorin täytyy tuoda materiaalit useaan eri paikkaan. Kun tähän sisällytetään valmistukseen käytettävien ruuvien, aluslevyjen, sekä muun ei-saldollisen materiaalin tuonti, koituu market -operaattorille tästä runsaasti turhaa liikehdintää. Liitteestä 3 nähdään market -operaattorin liikehdinnän materiaalin tuonnissa. Jos materiaalit saataisiin tuotua keskitetympiin työpisteille, vähentäisi se market -operaattorin työkuormaa.

4.2.3 Materiaalin liikehdintä tuotantolinjan sisällä

Linjan layouttia on muokattu pidemmällä aikavälillä useampaan kertaan miettimättä tarkemmin työvaiheiden järjestystä tai siitä, miten ja minne materiaali tuodaan. Esimerkiksi: laitteisiin kiinnitetään peili -kokoonpano testauksen aikana. Peili esivalmistellaan, ennen kuin se kiinnitetään laitteeseen. Ennen linjan alkuvaihetta työvaihe oli osa testausta. Lisäksi osa pakkaamon työvaiheista tehtiin testauksessa. Linjan muutosten jälkeen kyseiset työvaiheet on siirretty linjan pakkauspuolelle. Peilikokoonpanoa tarvitaan siis testausvaiheessa. Tämä tarkoittaa, että peili esivalmistellaan pakkauspuolella pakkaajan operaattorin toimesta, minkä jälkeen kokoonpano siirretään testausvaiheeseen ja kiinnite-

tään laitteeseen. Mitä jos testauksen operaattori on siinä vaiheessa työtä, että peiliä tarvitaan, mutta pakkaamon operaattori ei ole esivalmistellut peiliä? Tämä tarkoittaa suurimmalla todennäköisyydellä, että testauksen operaattori tekee peilin, lisää omaa työmääräänsä ja linjan toiminta on epätasapainossa.

Aiemmin mainitussa tapauksessa materiaali kulkee linjalla ristiin itse laitteiden kanssa. Samantyyppinen esimerkki löytyy kokoonpanosta: laitteen sivuprofiili esivalmistellaan, minkä jälkeen se kiinnitetään laitteeseen työvaihetta myöhemmässä vaiheessa. Sivuprofiilin osat tuodaan kokoonpanolinjan alkupäähän, mutta itse työvaihe on määritelty tehtäväksi myöhemmässä vaiheessa. Tässä tapauksessa siis operaattori kulkee ristiin laitteiden kanssa. Molemmissa tapauksissa siis tehdään turhaa liikehdintää työpisteiden ja työvaiheiden suunnittelusta johtuen. Materiaalin tulee kulkea linjalla oikeassa järjestyksessä eli virtauksen mukana. Jotta turha työ saadaan minimoitua, tulee työpisteet suunnitella niin, että materiaali tuodaan juuri sille työpisteelle, missä materiaalia tarvitaan. Lisäksi työvaiheet pitää suunnitella siihen järjestykseen, että myös operaattorit kulkevat virtauksen mukana.

4.3 Tahtiajat ja pelikirjat

4.3.1 Tahtiajat

Aloitettaessa tahtiaikajakojen ja pelikirjojen suunnittelua uudelle tuotantolinjalle on otettava huomioon useita asioita. Laitteen läpimenoaika jaetaan mahdollisimman tasaisesti operaattoreille, jotta linja pysyy tasapainossa. Tuotantolinjassa on kuitenkin tiettyjä kohtia, joita ei voi suoraan jakaa mistä kohtaa tahansa. Yksi näistä kohdista on testaus. Koska testaus suoritetaan turvallisuussyiden vuoksi lyijysuojatuissa testikopeissa, ei vaiheita voida siirtää muualle. Tämä antaa suunnittelulle pohjan, mistä tahtiaikoja ja pelikirjoja lähdetään työstämään. Työpisteet tulee suunnitella niin, ettei turhaa liikehdintää tarvitse tehdä. Testikoppeja on käytössä kaksi, joten testausvaiheisiin kuluva aika toimii yleisimmin käytössä olevan pelikirjan työvaiheiden jakajana. Tuotantolinjalla on olemassa käyttämättömänä oleva kolmas lyijysuojattu testikoppi, jonka käyttöönotolla saadaan testausvaiheita linjalle tarvittaessa kolme. Tämä toimii korkeimmalla pelikirjalla jakajana.

Kokoonpanolinjan työvaiheet vievät enemmän aikaa kokonaisuudessaan kuin testausvaiheet. On ratkaistava, miten kokoonpanon työvaiheisiin saadaan sama työkuorma kuin testaukseen. Kuten aiemmin jo mainittiin, osa pyörijän työvaiheista voidaan siirtää alikokoonpanoiksi eli pois kokoonpanolinjalta. Kun loput pyörijä -kokoonpanot kotiutetaan, jokaiselle laitetyypille on alikokoonpanossa sekä pyörijä -kokoonpanossa keskenään lähes sama määrä työkuormaa. Pyörijä -kokoonpanon työvaiheiden siirtäminen alikokoonpanoiksi poistaa työtä kokoonpanolinjalta, jolloin pyörijä -kokoonpanon työvaiheet saadaan lähes saman mittaisiksi, kuin testauksen työvaiheet ovat.

Pakkaamon työvaiheissa on eri laitetyyppien välillä suuria eroja eri pelikirjoilla. Vaikuttavia asioita on monia. Kuten aiemmin mainittiin, osa materiaalista kulkee laitteen kanssa ristiin pakkaamosta testaukseen tuotantolinjalla. Keino, millä materiaalin ristiin kulkeminen saadaan poistettua, lisäämättä testauksen tai pakkaamon operaattorien työkuormaa, on siirtää kyseinen työvaihe alikokoonpanoksi. Tällä tavoin saadaan päälinjalta pois työtä ja tasoitettua laitekohtaisten työvaiheiden eroja. Lisäksi mietitään, onko pakkaamon päässä mitään muita kokoonpanoja, jotka voisi siirtää päälinjalta pois alikokoonpanoiksi.

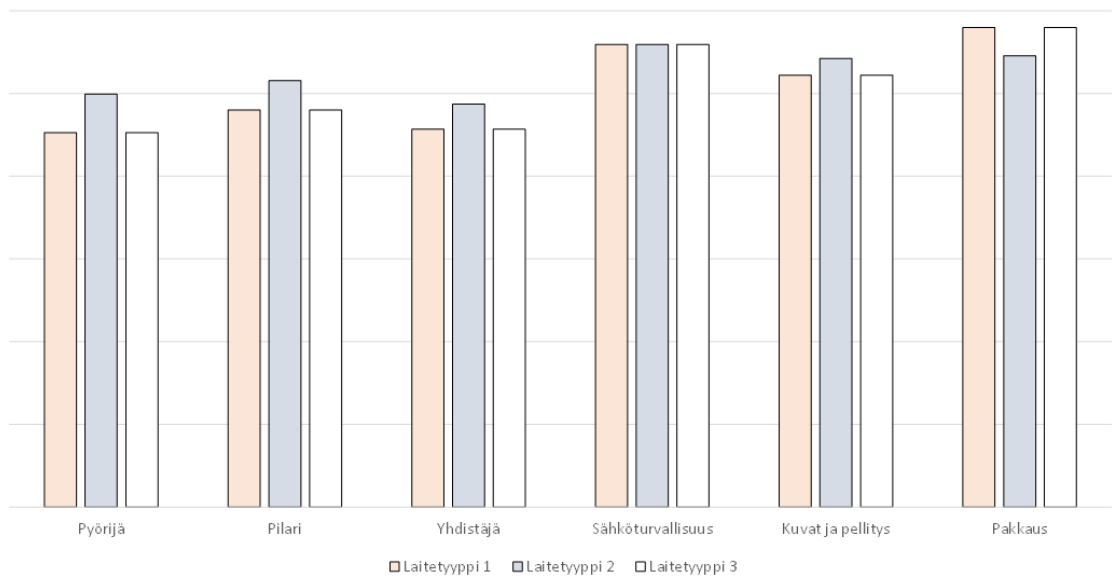
Siirtojen jälkeen alikokoonpanoihin on siirretty kokonaisuudessaan iso määrä työtä päälinjalta. Laskennallisesti tämä työmäärä pystytään tekemään liukuma-aikojen puitteissa, kun työt jaetaan kaikille linjan operaattoreille. Päälinjalta alikokoonpanoiksi siirretty työ mahdollistaa, että jokaisella pelikirjalla jokaisen työvaiheen työkuorma jää alle tahtiajan.

4.3.2 Pelikirjat

Kaavioista 5., 6. ja 7. nähdään uusien pelikirjojen päälinjan työvaiheisiin kuluvat ajat. Punainen viiva taulukoissa merkkää tahtiaikaa. Kun työvaiheiden palkit ovat tahtiaika-viivan alapuolella, on työvaihe mahdollista tehdä teoriassa tahtiajan mukaisesti.

X-4 -laitteen pelikirja

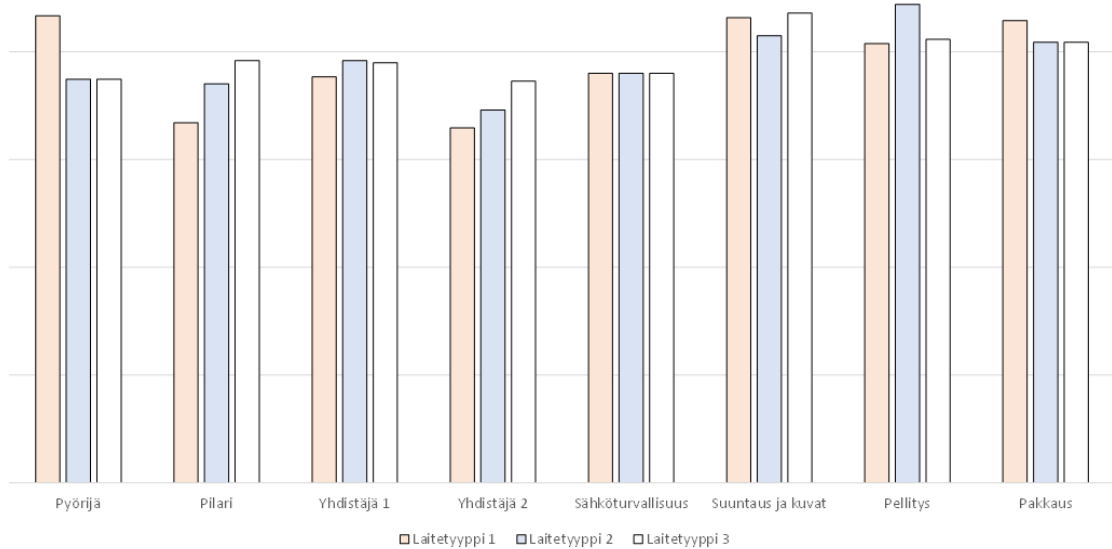
T/T



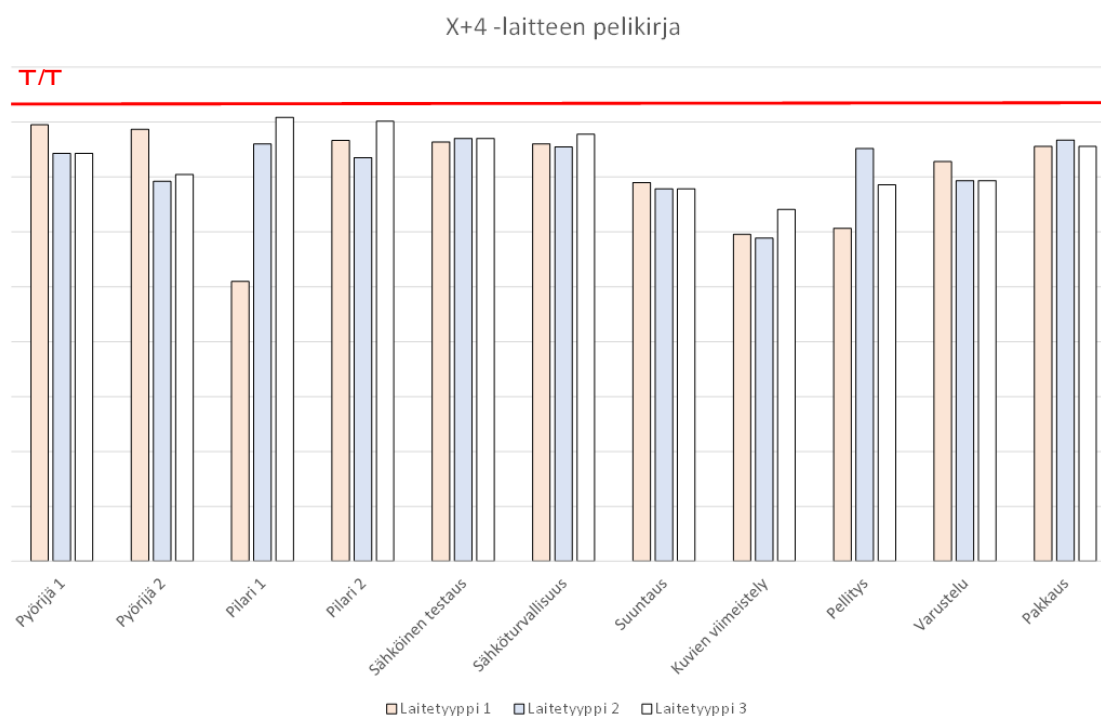
Kaavio 5. Uuden linjan X-4-laitteen pelikirja.

X -laitteen pelikirja

T/T



Kaavio 6. Uuden linjan X-laitteen pelikirja.



Kaavio 7. Uuden linjan X+4-laitteen pelikirja.

Uuden linjan pelikirjoja vertailtaessa alkutilanteen pelikirjoihin (kaavio 2., 3. ja 4.), työmäärät operaattorien välillä ovat tasaisempia. Lisäksi jokaisella pelikirjalla jokaisen työvaiheen kohdalla työmäärä jää alle tahtiajan. Laitetyyppi 1:n kohdalla tietyt työvaiheet ovat huomattavasti lyhyempiä kuin muilla laitetyypeillä. Suunnitteluvaiheessa oli jo kuitenkin tiedossa, että kyseisen laitetyypin valmistusmäärät tulevat pienenemään runsaasti, joten pelikirjat on pyritty suunnittelemaan niiden laitetyyppien mukaan, joita linjalta valmistetaan eniten.

4.4 Tuotantolinjan aikataulutus, ohjaus ja visuaalisuus

4.4.1 Tuotantolinjan aikataulutus

Aiemmissa osioissa on käyty läpi tuotantolinjan ongelmatilanteet ja pyritty löytämään ongelmiin korjaavat toimenpiteet. Yhtenä ongelmakohtana on havaittu liukuma-ajat ja niiden käyttäminen mahdollisimman hyvin hyödyksi. Tästä syystä alikokoonpanoille on määrätty oma kokoonpanoajansa sekä laitteen valmistukselle oma kokoonpanoajansa. Taulukosta 2. näemme uuden tuotantolinjan aikataulutuksen:

Taulukko 2. uuden linjan aikataulukutus.

Alku:	Loppu:	Aika (min)	Tehtävä:
6:45	7:45		Alikokoonpanot
7:45	8:35	50	Laitteiden valmistus
8:35	8:45		Tauko
8:45	9:00		Päivittäinen linjapalaveri
9:00	10:35	95	Laitteiden valmistus
10:35	11:10		Tauko
11:10	13:25	135	Laitteiden valmistus
13:25	13:35		Tauko
13:35	15:15	100	Laitteiden valmistus
15:15			Alikokoonpanot

Taulukon 2. mukaisella aikataulukutuksella varmistetaan, että kun laitteita aletaan valmistamaan, ovat kaikki operaattorit saapuneet paikalle ja jokaisella työpisteellä työt aloitetaan samaan aikaan. Aikataulussa alikokoonpanot on merkattu tehtäväksi liukumien aikana, eli aamuliukumien (6:45–7:45) aikana tai iltapäiväliukumien (15:15–17:25) aikana. Tuottavaa työtä eli alikokoonpanoja voidaan tehdä liukuma-aikojen puitteissa, mikä mahdollistaa liukumien vapaamman käytön operaattoreille. Linjan aikataulukutuksella saadaan liukuma-ajoista koituvat ongelmat korjattua.

Tämän lisäksi linjalla ongelmaksi on havaittu linjalle syntyvät puskurikoneet ja aukot. Uudelle linjalle on suunniteltu uudet pelikirjat sekä työvaihejaot. Uusilla työvaihejaoilla työmäärät työpisteiden välillä ovat tasoittuneet alkutilanteeseen nähden huomattavasti. Totuus kuitenkin on, ettei työmääriä saada tasoitettua täysin tasaisiksi. Tämän lisäksi operaattorien välillä on eroja siinä, kuinka paljon aikaa työvaiheiden tekemiseen kuluu. Tästä syystä on hyvä miettiä, miten työvaiheet ja laitteiden valmistus saadaan toimimaan niin, että laite saadaan liikkumaan jokaisesta työvaiheesta seuraavaan samaan aikaan.

4.4.2 Tuotantolinjan ohjaus ja visuaalisuus

KaVo Kerr Groupilla toisilla tuotantolinjoilla on otettu aiemmin käyttöön linjan ohjausmuoto: pulssitus. Pulssituksessa ideana on, että kun pulssi alkaa, jokaisella työpisteellä työ aloitetaan samaan aikaan. Kun työvaiheet on saatu valmiiksi jokaisella työpisteellä, aloitetaan uusi pulssi. Tällä tavoin saadaan ennaltaehkäistyä työvaiheiden väliin syntyvät puskurilaitteet ja aukot, koska uutta työtä ei voi aloittaa, ennen kuin jokainen työvaihe on

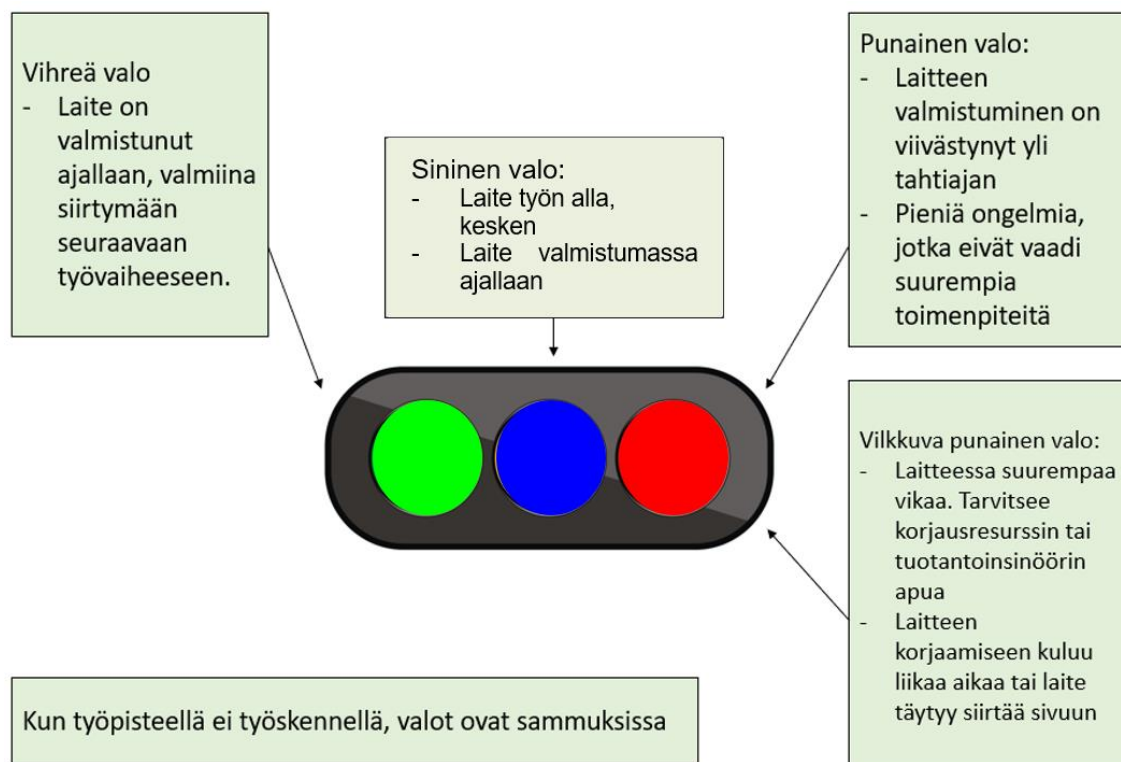
saatu valmiiksi. Pulssia ohjataan visuaalisesti hyödyntämällä pulssikelloa, tai vastaavaa menetelmää, jolla nähdään, kuinka paljon yhden pulssin tulee kestää ja kuinka paljon on aikaa tehdä työvaihe valmiiksi. Työpisteillä työn kulkua indikoivat värikoodatut kartongit. Indikaattorien avulla tarkkaillaan, missä vaiheessa työvaihe on menossa pulssin aikana. Värejä on kolme:

- Sininen: työvaihe aloitettu ja on kesken.
- Vihreä: työvaihe on valmis.
- Punainen: työvaihe on myöhässä pulssista tai työvaiheen aikana on ilmennyt ongelmia.

Kun pulssi aloitetaan, pulssikello käynnistetään. Samalla kaikkien työvaiheiden kartongit muutetaan sinisen värisiksi. Tämä tarkoittaa siis, että kaikissa työvaiheissa työvaihe on aloitettu ja on kesken. Sitä mukaan, kun työvaiheita saadaan valmiiksi, muutetaan kartongit työpisteillä vihreiksi. Jonkin työpisteen jäädessä jälkeen tai ongelmien syntyessä väri muuttuu työpisteellä punaiseksi. Tällöin työvaiheissa, jotka ovat valmiit, voivat auttaa jäljessä olevaa työvaihetta tai tehdä muuta tuottavaa työtä niin kauan, kunnes uusi pulssi alkaa.

Pulssitus toimii myös keinona havaita ongelmia päivittäisessä toiminnassa. Jos esimerkiksi sama työvaihe on usean pulssin ajan jäljessä, voidaan helpommin havaita ja tutkia, mikä työvaiheessa on ongelmana. Lisäksi tällä keinolla havaitaan helpommin materiaalin laadusta koituvat ongelmat, joihin voidaan reagoida tällöin nopeammin.

Pulssitus käyttämällä kartonkeja työpisteiden indikaattoreina, on ideana hyvä, mutta käytännössä hankalakäyttöinen ja vanhanaikainen. Ideana on suunnitella samalla periaatteella toimiva pulssitus, mutta kartongit korvataan LED-valoindikaattoreilla. Kuvassa 5. näkyy, mitä LED-valoindikaattorit tarkoittavat.



Kuva 5. Pulssitus LED-valoindikaattoreilla.

LED-valoindikaattoreilla pyritään tekemään pulssituksen pyörittäminen helpommaksi, kuin kartongeilla. Lisäksi LED-valot ovat visuaalisempi tapa esittää, missä työvaiheessa mikäkin työvaihe on. Kuten kuvassa 5 näkyy, on uudeksi ominaisuudeksi lisätty vilkuva punainen valo, jonka ilmetessä ongelma on niin suuri, että avuksi tarvitaan apua tukihenkilöiltä, kuten tuotantoinsoöriltä tai muulta korjausresurssilta.

Uudella tuotantolinjalla linjan työ on jaettu kahteen eri osa-alueeseen: alikokoonpanoihin sekä laitteiden valmistukseen. Laitteiden valmistuksen aikana pulssitus on käynnissä, koska linjalla on kyseisenä aikana vakiomäärä operaattoreita. Alikokoonpanojen aikana pulssitus ei ole käytössä, koska liukuma-ajat vaikuttavat paikalla olevien operaattorien määrään. Lisäksi alikokoonpanoja tehdessä työvaiheet eivät ole riippuvaisia toisistaan.

4.5 Tuotantolinjan toteutus

4.5.1 Linjan layout- ja työpistesuunnittelu

Uuden tuotantolinjan pelikirjat ja työvaihejaot on luotu. Koska valmistustapaa linjalla on muutettu uudeksi, ei kaikkia vanhoja työpisteitä voida hyödyntää uudessa tuotantolinjassa. Ideana on suunnitella tuotantolinja ja uudet työpisteet, joissa sekä työnteko, että laitteiden valmistus on virtautettua. Toisena tarkoituksena on pyrkiä poistamaan turhaa liikettä ja liikehdintää. Lean-ajattelun yhtenä periaatteena on saada myös työntekijät osallistumaan kehitystyöhön, joten kaikki linjan työntekijät pääsivät vaikuttamaan tuotantolinjan ja työpisteiden kehitykseen ja toteutukseen. Työpisteiden tulee palvella oikein jokaista työntekijää ja toimintoa, joita linjalla ja prosessissa tarvitaan. Työpisteiden suunnittelussa tulee huomioida seuraavat asiat:

- Työnteko ja laitteiden kulku työpisteissä ja työpisteiden välillä on virtautettua.
- Pienimmätkin turhat liikehdinnät pyritään minimoimaan.
- Materiaalit ja työkalut ovat helposti saatavilla.
- Materiaalien tuonti on keskitettyä, ettei market -operaattoreille aiheudu turhaa työtä ja liikehdintää.

Tässä projektissa linjan sijainti ja sille varattu alue pysyy kooltaan samana, mutta työn määrä linjalla kasvaa, koska uusia kokoonpanoja kotiutetaan. Tämän vuoksi tulee miettiä, miten linjalla tarvittavat asiat saadaan mahdutettua mahdollisimman kompaktisti, mutta järkevästi saman kokoiseen tilaan. Seuraavat asiat tulee huomioida:

- Operaattoreilla on riittävästi tilaa tehdä tarvittava työ mahdollisimman helposti.
- Käytävät ovat tarpeeksi suuret materiaalien ja laitteiden kululle.
- Materiaalit, työkalut ja mittalaitteet mahtuvat työpisteisiin.
- Materiaalia mahtuu työpisteelle riittävästi, ettei market -operaattorin tehtävät ylikuormitu materiaalin jatkuvasta keräilystä ja tuonnista johtuen.

Koska tuotantolinjan pinta-ala ei voi kasvaa, tulee miettiä, millä muulla tavalla saadaan hyödynnettyä tilaa. Yksi tapa on luoda työpisteet niin, että niiden ala käytetään korkeussuunnassa mahdollisimman hyvin hyödyksi. Tällä tavoin pinta-alan ei tarvitse suurentua, mutta enemmän toimintoja saadaan mahdutettua pienempään tilaan.

Työpisteiden määrä määritellään suurimman pelikirjan mukaan. Jotta suurimman pelikirjan mukainen laitemäärä voidaan saavuttaa, tarvitaan operaattoreita työvaiheiden mukainen määrä. Työvaiheiden määrä määrittelee työpisteiden määrän ja niiden koot, jotta kaikki operaattorit pystyvät tekemään työn mahdollisimman helposti, häiritsemättä toisiaan.

4.5.2 Uuden tuotantolinjan toteutus

Kuten aiemmin mainittiin, Lean-ajattelun tarkoituksena on saada myös työntekijät osallistumaan kehitystyöhön. Tässä projektissa linjan kaikki työntekijät olivat mukana uuden tuotantolinjan toteutuksessa. Tuotantolinjan rakentaminen suoritettiin muutosprojektina eli *kaizen-projektina* [7.]. Projektille asetetaan aikataulu, jolloin muutos tehdään. Kaizenin alkuvaiheessa keskitytään toteutuksen suunnitteluun, minkä jälkeen siirrytään suunnittelun toteutukseen. Tässä projektissa suunnitteluosuus tehtiin lähes kokonaan ennen kaizenia, joten kaizenissa keskityttiin pääosin toteutuspuoleen. Lisäksi osa työpisteistä rakennettiin ennen kaizenin alkua valmiiksi.

Jotta uusi tuotantolinja ja uudet työpisteet saadaan valmistettua ja oikeille paikoilleen, täytyy alkutilanteen tuotantolinja purkaa niiltä osin, mitä ei voida hyödyntää. Tuotantolinjan purkaminen tarkoittaa, että tuotantolinjan toiminta täytyy pysäyttää kokonaan kaizenin ajaksi. Näin ollen asiakastilausten mukaisia laitteita ei voida valmistaa kyseisenä ajankohtana. Jotta tilausten mukaiset laitteet saadaan tehtyä ajallaan ja jotta toimitusvarmuus ei kärsi, tulee kaizenin pysyä aikataulussaan. Projektissa aikataulutukset hoidettiin seurantataulun kautta, jossa näkyy jokaisen osa-alueet tarvittava tehtävä, ja kenelle tehtävä on suunnattu (Kuva 6).



Kuva 6. Projektin etenemisen seurantataulu.

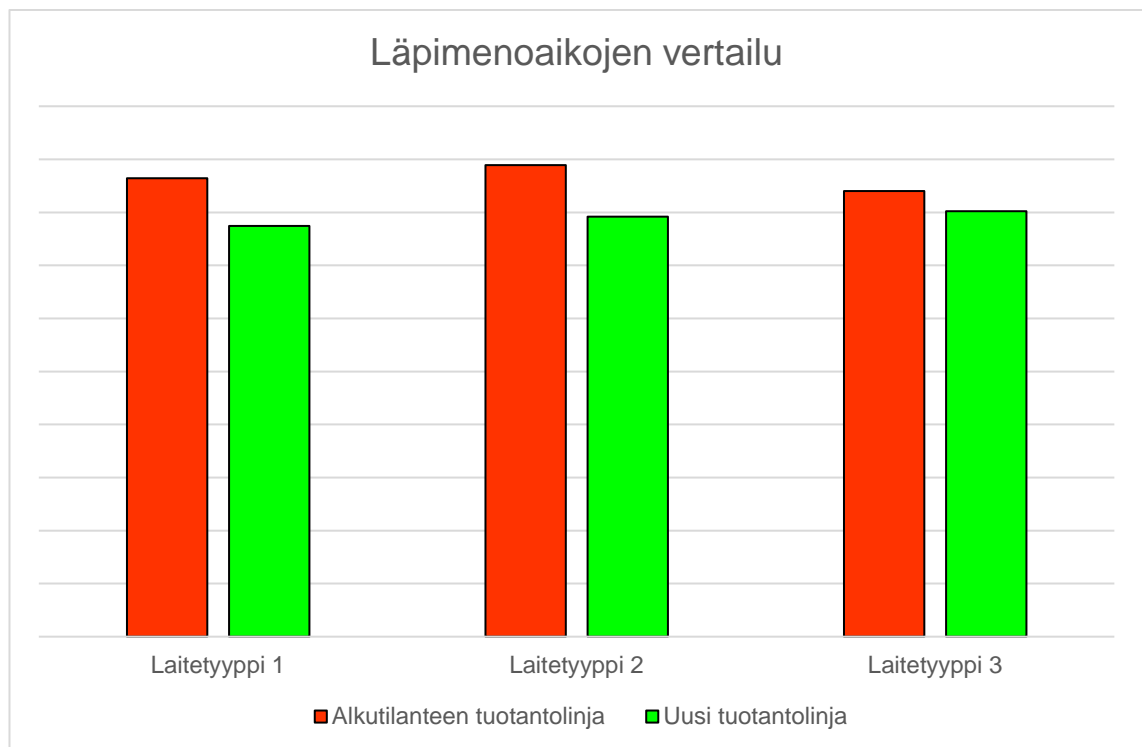
Uuden tuotantolinjan tekeminen saa paljon muutoksia aikaiseksi. Linjan työvaiheet ja laitteiden valmistustapa muuttuu, mikä tarkoittaa, että myös tuotannon työohjeet muuttuvat. Jotta asiat tehdään oikein, tulee muutokset viedä läpi muutosprosessin kautta. Ennen kuin uusi tuotantolinja voidaan käynnistää, tulee seuraavat asiat olla toteutettuna:

- Linjan työvaihejaot ja pelikirjat ovat valmiit.
- Kaikki linjan työpisteet ovat valmiit.
- Tuotannon työohjeet on päivitetty uuden tuotantolinjan mukaisiksi ja on hyväksytty muutosprosessin mukaisesti.
- Tuotantolinja on validoitu käyttöönotttavaksi.

5 Tulosten vertailu

5.1 Tulosten vertailu teoriassa

Tuotantolinjalla tehtyjen muutosten sekä parannusten myötä laitteen läpimenoaikaa on saatu pienennettyä alkutilanteeseen nähden (kaavio 8.) ja näin ollen työvaiheita lyhyemmiksi.



Kaavio 8. Läpimenoaikojen vertailu.

Kuten aiemmissa osioissa on mainittu, alkutilanteen tuotantolinjalla on tehty paljon turhaa työtä. Tarkastellaan alkutilanteen tuotantolinjalla sekä uudella tuotantolinjalla tehtävää liikehdintää. Liitteissä 1 ja 2 nähdään molempien linjojen pohjapiirustusten avulla tehtävän linjan operaattorien liikehdinnän määrän. Liitteissä 3 ja 4 nähdään market -operaattorien tekemän liikehdinnän määrän. Liitteissä merkityt nuolet havainnollistavat linjan operaattorien sekä market -operaattorien liikehdintää. Linjan alkutilannetta vertaamalla uuteen linjaan, näemme, että liikehdintä tuotantolinjalla sekä materiaalia tuodessa on vähentynyt huomattavasti.

Työpisteet on suunniteltu niin, että kaikki työkalut ja materiaalit ovat mahdollisimman lähellä ja työ voidaan tehdä työpisteellä mahdollisimman minimaalisella liikehdinnällä. Materiaalien tuonnit on pyritty keskittämään työpisteille, ettei market -operaattorin tarvitse tehdä ylimääräistä liikehdintää. Näin ollen materiaalityöntuontiin liittyvien riskien määrä vähenee.

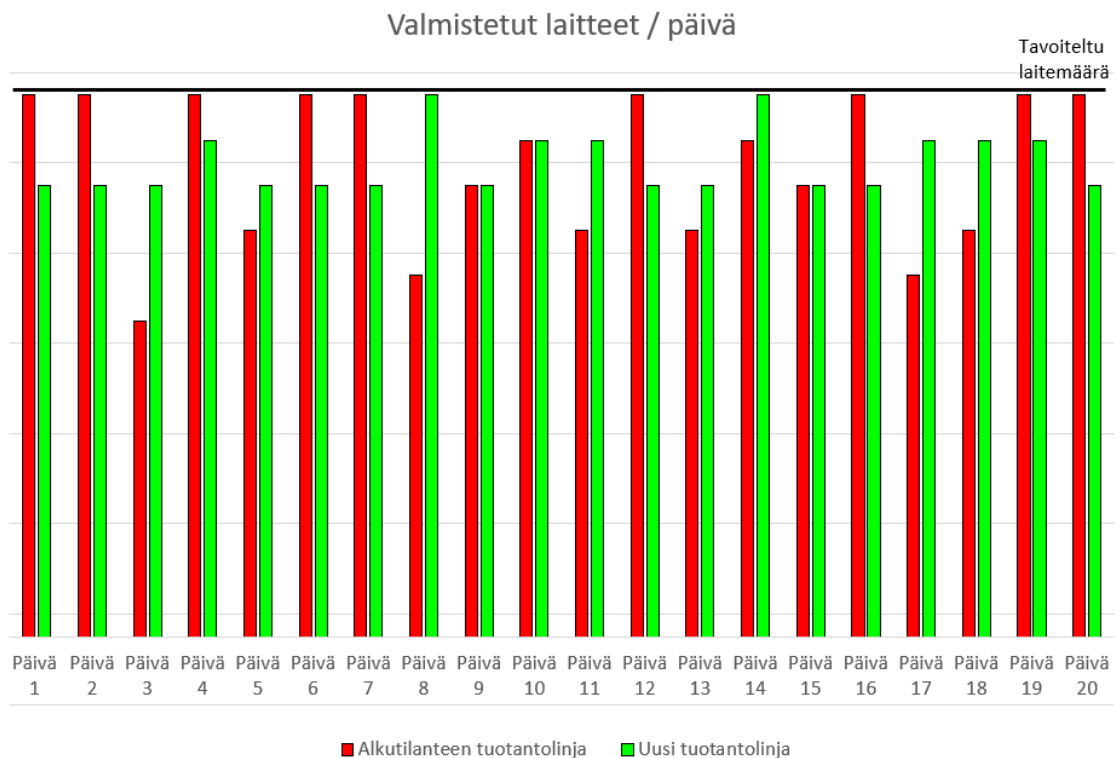
5.2 Tulosten vertailu käytännössä

Uusi tuotantolinja käynnistettiin suunniteltua pulssia hyödyntämällä. Pulssituksen käyttö tuo muutoksia linjan toimintaan huomattavasti. Jotta pulssitus toimii tuotantolinjalla, vaatii se linjan operaattorien mukautumista uuteen toimintatapaan. Pulssituksessa kaiken tulee tapahtua oikeassa järjestyksessä ja oikealla tavalla. Pulssitusta käyttäessä tehdään seuraavat asiat:

- Pulssikello käynnistetään.
- Jokaisella työpisteellä pulssivaloa ohjataan työn etenemisen mukaisesti.
- Jokaisen työvaiheen pulssin tulos kirjataan ylös seurantataulukoon. Jos ongelmia ilmaantuu, ilmoitetaan pulssin kokonaisaika ja myöhästymisen syy.

Pulssituksen pyörittäminen tuotti linjan käynnistysvaiheessa ongelmia. Toimintatavan muuttaminen järjestelmällisemmäksi vaati totuttelua operaattoreille. Tämän vuoksi käynnistuksen alkuvaiheessa linjan toimintaa tarkkailtiin, jotta työ tehdään toimintatavan mukaisesti. Lisäksi tarkkailulla pyrittiin korjaamaan mahdolliset toiminnalliset virheet. Työvaiheiden pulssiajat, sekä ilmenneet ongelmat kerättiin seurantataulukoon informaation keräämiseksi.

Vaikka linjan työvaiheet tasoitettiin uudelle tuotantolinjalle tasaisemmiksi, sekä linjan toiminta pulssitettiin, ei laitemäärällisesti uudella linjalla olla päästy haluttuihin tavoitteisiin riittävän useasti. Linjan ohjaus on tuonut laitteiden valmistamiseen tasaisuutta, sekä on tuonut ilmi ongelmatilanteita paremmin. Vaikka linjalla ei olla päästy laitemäärällisesti haluttuihin tavoitteisiin riittävän usein, on laitteiden valmistusmäärät nousseet kokonaisuudessaan (kaavio 9.).



Kaavio 9. Valmistettujen laitteiden määrän vertailu.

Kaaviossa 9. on vertailtu laitteiden valmistusmäärää kuukauden ajanjaksolla: alkutilanteen tuotantolinjaa kuukauden ajanjaksolla, ennen kuin uuden tuotantolinjan muokkaus on alkanut, sekä uutta tuotantolinjaa kuukauden ajalta, kun linjan toimintaan oltiin totuttu ja linja pyöri normaalisti. Vaikka alkutilanteen tuotantolinjalla tavoitteen mukaisiin laitemääriin on päästy määrällisesti useammin, on laitemäärä kokonaisuudessaan pienempi kuin uudella tuotantolinjalla.

Linjan ohjauksen myötä laitteiden valmistusmäärät ovat tasaisempia, mutta yksikin viallinen laite tai ongelmatilanne päivässä tarkoittaa, ettei haluttuun laitemäärään päästä kyseisen päivän aikana. Jotta laitemäärällisesti päästään haluttuihin tavoitteisiin, tulee linjan toimintaan tehdä jatkokehittämistä. Tämän lisäksi materiaalien laadun on parannettava.

6 Jatkokehitys

6.1 Pulssituksen automatisointi

Linjalle suunniteltu pulssitus uudistettiin kartonki -pohjaisista indikaattoreista toimimaan LED-valoindikaattoreilla. Vaikkakin uudistus helpottaa pulssin pyörittämistä, löytyy siitä edelleen paljon manuaalista toimintaa. Jokaisen pulssin alussa tehdään seuraavat asiat:

- Pulssikello käynnistetään.
- Jokaisella työpisteellä pulssivalo muutetaan siniseksi.
- Jokaisen työvaiheen pulssin tulos kirjataan ylös seurantataulukkaan. Jos ongelmia ilmaantuu, ilmoitetaan pulssin kokonaisaika ja myöhästymisen syy.

Jotta ongelmat saadaan havaittua mahdollisimman hyvin ja nopeasti, tarvitsee työvaihekohtaisia pulsseja seurata. Taulukossa 3. näemme linjan pulssiseurantaan käytettyä tapaa:

Taulukko 3. Pulssiseuranta

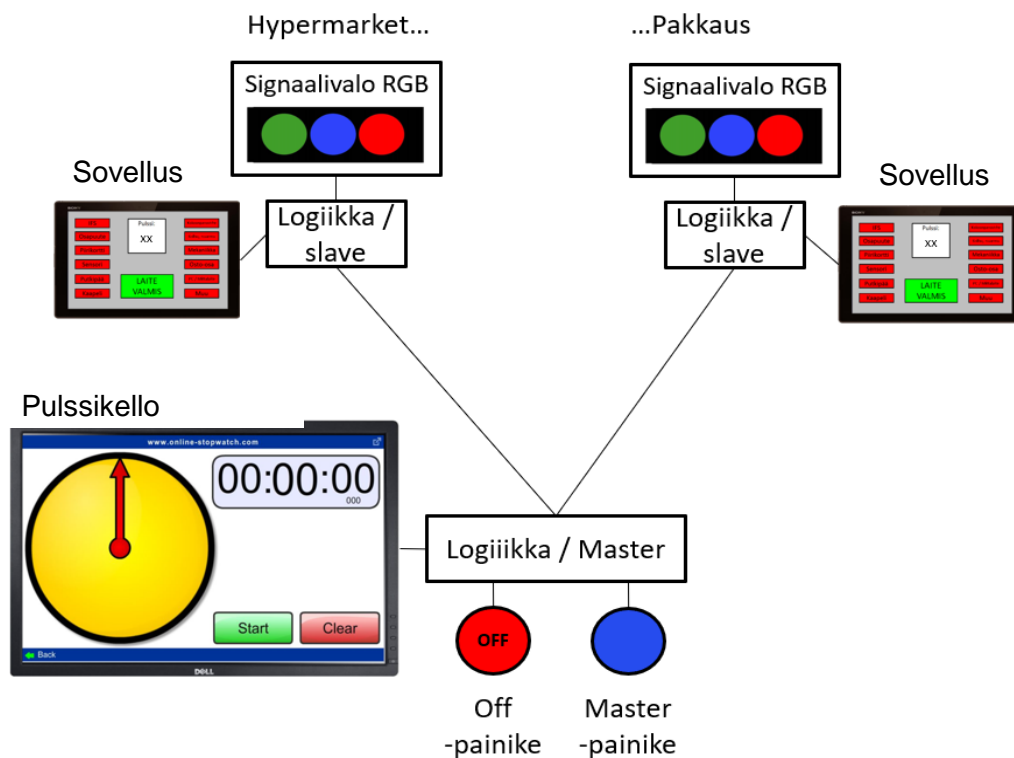
	Pyöräjä	Pilari	Yhdistäjä	Säköturvallisuus	Kuvat ja pellitys	Pakkaus
Pulssi A	OK	OK	OK	OK	OK	XX min Materiaalipuute
Pulssi B	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Pulssi C	OK	XX min Materiaalipuute	OK	XX min Piirikortti Y	OK	OK
Pulssi D	XX min Kokoonpanovirhe	OK	OK	XX min Piirikortti Y	OK	OK
Pulssi E	XX min Kokoonpanovirhe	OK	OK	XX min Piirikortti Y	OK	OK
Pulssi F	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Jokaisen pulssin aikana jokaisen työvaiheen pulssia seurataan. Kun työvaihe saadaan ajallaan valmiiksi, valo muutetaan vihreä väriseksi. Työvaihe merkitään näin ollen vihreäksi myös seurantataulukkaan. Jos työvaihe on myöhässä tai laitteessa on ongelmia, valo muutetaan punaiseksi, kunnes työvaihe saadaan valmiiksi tai ongelma saadaan

korjattua ja työvaihe saadaan valmiiksi. Näissä tapauksissa seurantataulukoon kirjaan työvaiheeseen kulunut aika punaisella ja syy, miksi aikaa on kulunut yli pulssin. Tapa on erittäin visuaalinen. Sen avulla voidaan löytää esimerkiksi systemaattisesti tapahtuvia ongelmia ja näihin voidaan reagoida mahdollisimman nopeasti.

Pulssikellon käynnistettäessä ja jokaisen työvaiheen pulssivalojen asetus siniseksi erikseen, tarkoittaa että jokainen linjan operaattori tekee pulssin käynnistämässä tuottamatonta työtä. Toisena asiana on pulssivalojen käyttö ongelmatilanteiden aikana. Jos työvaiheessa havaitaan ongelmia, eikä pulssivaloja aseteta oikean värisiksi, on riskinä, ettei tarvittavaa apua tukitoimilta tai muilta operaattoreilta saada riittävän nopeasti. Pulsseurannan ollessa manuaalista kirjaamista on se tuottamatonta työtä. Jos seurannan saisi automatisoitua, tuottamaton työ kirjaamisten osalta saataisiin poistettua, mutta informaatiota saadaan samalla tavalla kerättyä.

Ideana on suunnitella toimintatapa, jossa pulssitus on automatisoitua eikä pulssivalojen väriä tarvitse valvoa. Kuvassa 7. näemme suunnitelman pulssiohjauksen automatisoinnista.



Kuva 7. Automatisoitu pulssiohjaus.

Ideana on, että pulssia aloitettaessa saadaan käynnistettyä pulssikello sekä jokaisen työvaiheen pulssivalot asetettua sinisen väriseksi. Tällä tavalla pulssi käynnistyy jokaisella työpisteellä samaan aikaan, ja työvaiheissa voidaan keskittyä tuottavan työn tekemiseen. Työvaiheen valmistuessa työvaihe kuitataan valmiiksi painikkeella, jolloin valo muuttuu vihreäksi. Kun kaikissa työvaiheissa valo muuttuu vihreäksi, alkaa uusi pulssi automaattisesti. Jos työvaihe kestää yli pulssiajan, muuttuu valoindikaattorin väri automaattisesti punaiseksi, kunnes työvaihe kuitataan valmiiksi. Ongelmatilanteiden syntyessä voidaan kutsua apua painiketta painamalla. Valoindikaattori pysyy punaisena niin pitkään, kunnes työvaihe kuitataan valmiiksi.

Pulssien seurannan sisällyttäminen automatisointiin tarvitsee älyä sisältävän järjestelmän ja sovelluksen, jolla sitä hallitaan. Järjestelmä havaitsee jokaisen pulssin käynnistysajan ja valmistumisajan. Näiden kahden tiedon perusteella saadaan määriteltyä onnistuneiden pulssi aika. Ongelmatilanteiden syntyessä sovellukseen syötetään, mikä ongelma on kyseessä. Kun työvaihe on valmis, kuitataan työvaihe valmiiksi. Pulssien kestot ja ongelmat tallentuvat järjestelmään, josta voidaan luoda seurantataulukko automaattisesti.

6.2 Hypermarketin pulssituksen parantaminen

Uuden tuotantolinjan suunnitteluvaiheessa ideana oli, että tuotantolinjan lisäksi myös materiaalin toimituksesta vastaavan hypermarketin toiminta pulssitettaisiin ELEO-tuotantolinjan osalta. Teoriassa hypermarketin toiminta pulssitettiin, mutta käytännössä sen toiminnassa on havaittu ongelmakohtia. Linjalla on käytössä pulssikello, sekä pulssivalot jokaisella työpisteellä. Koska hypermarket on sadan metrin päässä tuotantolinjasta, ei market-operaattori näe, milloin mikäkin pulssi alkaa ja loppuu. Hypermarketin pulssitus päätettiin hoitaa tekemällä linjalle aikataulutusta, minkä mukaisesti pulssit teoreettisesti pyörivät. Tämä onkin ongelmana: mitä jos jossain linjan työvaiheista tulee ongelmatilanne ja tämän vuoksi pulssi myöhästyy. Market-operaattori ei havaitse tätä ongelmatilannetta, koska pulssikello ja pulssivalot ovat vain linjalla käytössä. Jos market-operaattori tuo materiaalit aikataulutuksen mukaisesti linjalle, eikä aiempi pulssi ole kerennyt valmistua, jäävät materiaalit puskuriin odottamaan.

Jotta edellä mainitut ongelmatilanteet saadaan korjattua, tulee myös hypermarket pulssittaa samalla tavalla, kuin linjan työvaiheet. Pulssituksen yhtenä ideana on myös jakaa informaatiota jokaiselle linjan operaattorille, mikä on tilanne muilla työpisteillä. Koska hypermarketin operaattorilla ei ole tietoa, milloin pulssi alkaa, tai milloin linjalla on ongelmatilanne menossa, ei informaatio näin ollen liiku hypermarkettiin asti. Jotta kyseinen informaatio saadaan kulkemaan hypermarkettiin, tulee myös hypermarkettiin saada pulssikello, josta näkyy samainen pulssiaika, kuin mitä linjalla näkyy. Tämän lisäksi market -operaattorin tulee havaita linjalla tapahtuvat ongelmatilanteet. Tästä syystä hypermarkettiin tarvitaan LED-valoindikaattori, josta nähdään, onko linjan pulssi aikataulussa vai ei. Sama pätee myös toisinpäin. Tuotantolinjalle tarvitaan LED-valo, jolla indikoidaan, onko market -operaattori aikataulussa.

7 Yhteenveto

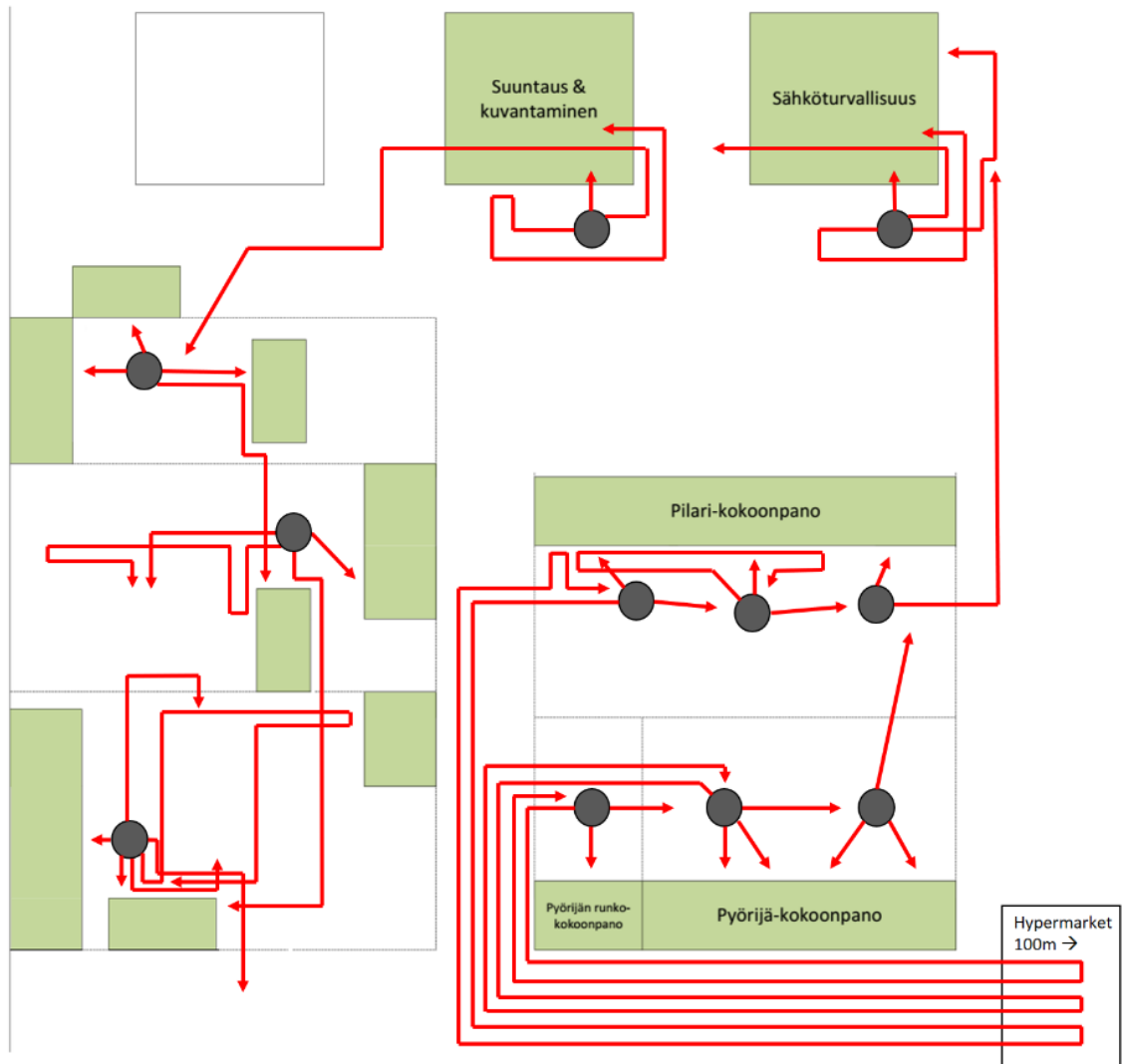
Insinööriyön tavoitteena oli määritellä tuotantolinjan toiminnan nykytila sekä sen ongelmat. Tuotantolinjan toiminnasta löytyi selkeitä suuria ongelmia, joita oliärkevin lähteä korjaamaan. Ongelmien korjausten sekä linjan uuden toimintatavan ja ohjauksen myötä laitteita on valmistettu tasaisemmin ja keskiarvoltaan enemmän, vaikkei haluttuihin laitemääriin olla päästy riittävän useasti. Tasaisuuden myötä tuotantolinjan toimitusvarmuus ja tuottavuus on parantunut. Tuotantolinjalle kotiutettiin työtä, joka parantaa tuottavuutta. Lisäksi kotiutuksen myötä yritykselle saatiin vuosittaisia säästöjä useita satoja tuhansia euroja.

Tuotantolinjan suunnittelussa ja toteutuksessa tulee ottaa huomioon erittäin monta asiaa, jotta linja toimii tehokkaasti ja kuten pitää. Jo tuotantokäytössä olevan tuotantolinjan tulee toimia samaan aikaan, kun uutta tuotantolinjaa suunnitellaan rinnalla. Suunnittelua ja toteutusta ei voi kukaan kuitenkaan suorittaa yksin, joten tässäkin projektissa oli mukana yli 30 henkilöä. Kuten tässä insinööriyössä on mainittu, projekti ei keskittynyt ainoastaan itse tuotantolinjaan, vaan myös hypermarkettiin. Tästä syystä henkilöitä oli mukana useasta eri organisaatiosta, jotta informaatiota saatiin kerättyä jokaiselle osaluueelle, minne sitä tarvitaan. Kiitos kaikille mukana olleille tämän projektin valmistumisesta.

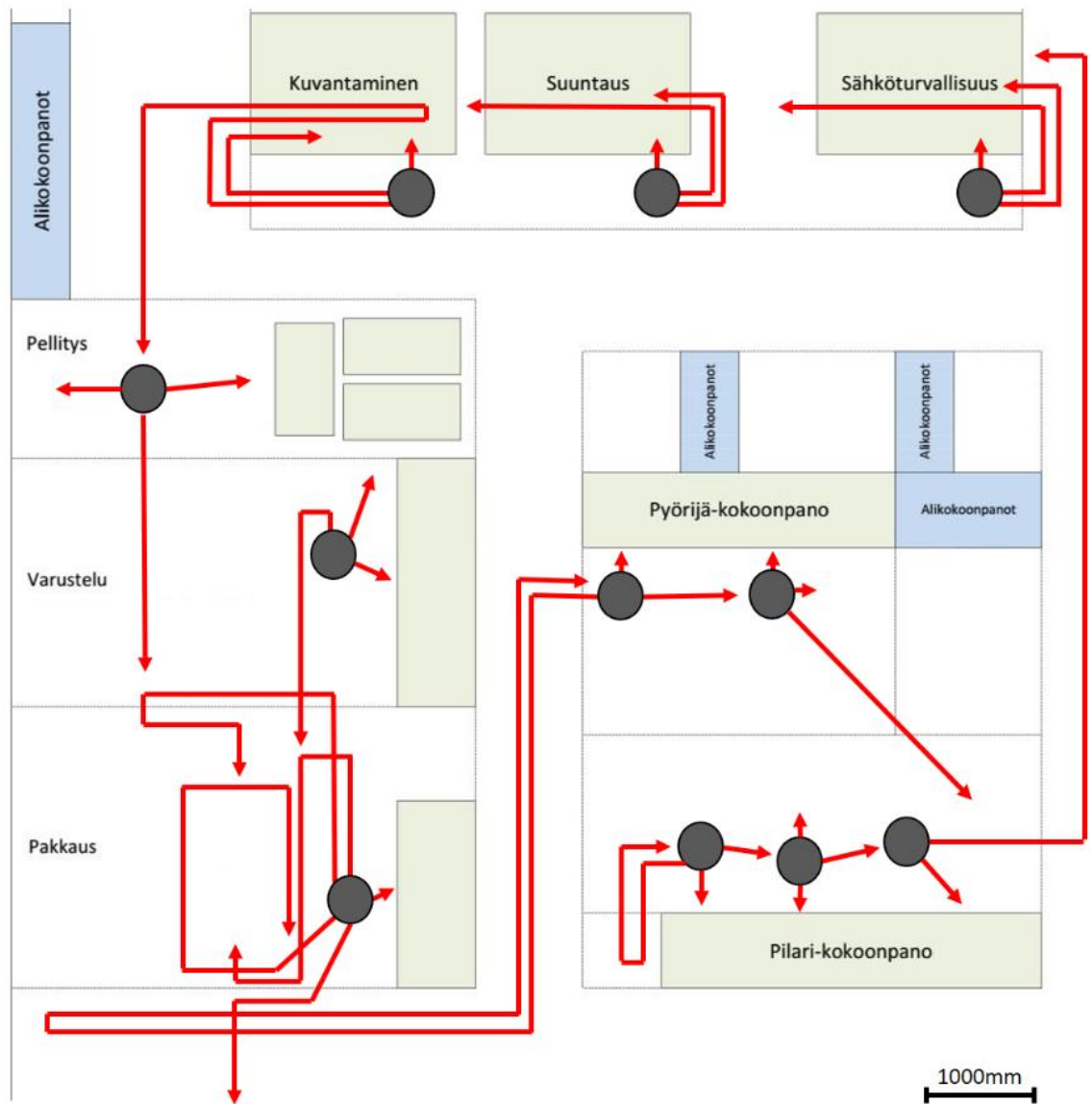
Vaikka tähän projektiin käytettiin erittäin paljon aikaa sekä resursseja, jäi jatkokehitettävää joka tapauksessa. Tämä kertoo siitä, kuinka suuri työ seuraa, kun aiemmin valmiiksi suunniteltua tuotantolinjaa lähdetään muokkaamaan uudelleenlaiseksi. Tällä hetkellä olen suunnittelemassa ja toteuttamassa uutta tuotantolinjaa. Kun näitä kahta projektia vertailee toisiinsa, huomaa, kuinka paljon helpompaa on lähteä täysin alusta suunnittelemaan ja toteuttamaan tuotantolinjaa. Uuden tuotantolinjan suunnittelussa ei tarvitse keskittyä suunnittelun ja toteutuksen rinnalla samaan aikaan asiakastilausten valmistamista, tuotannon pysäyttämistä, sekä vanhan tuotantolinjan purkamista, joten ajatus voidaan fokusoida täysin uuden luomiseen.

Lähteet

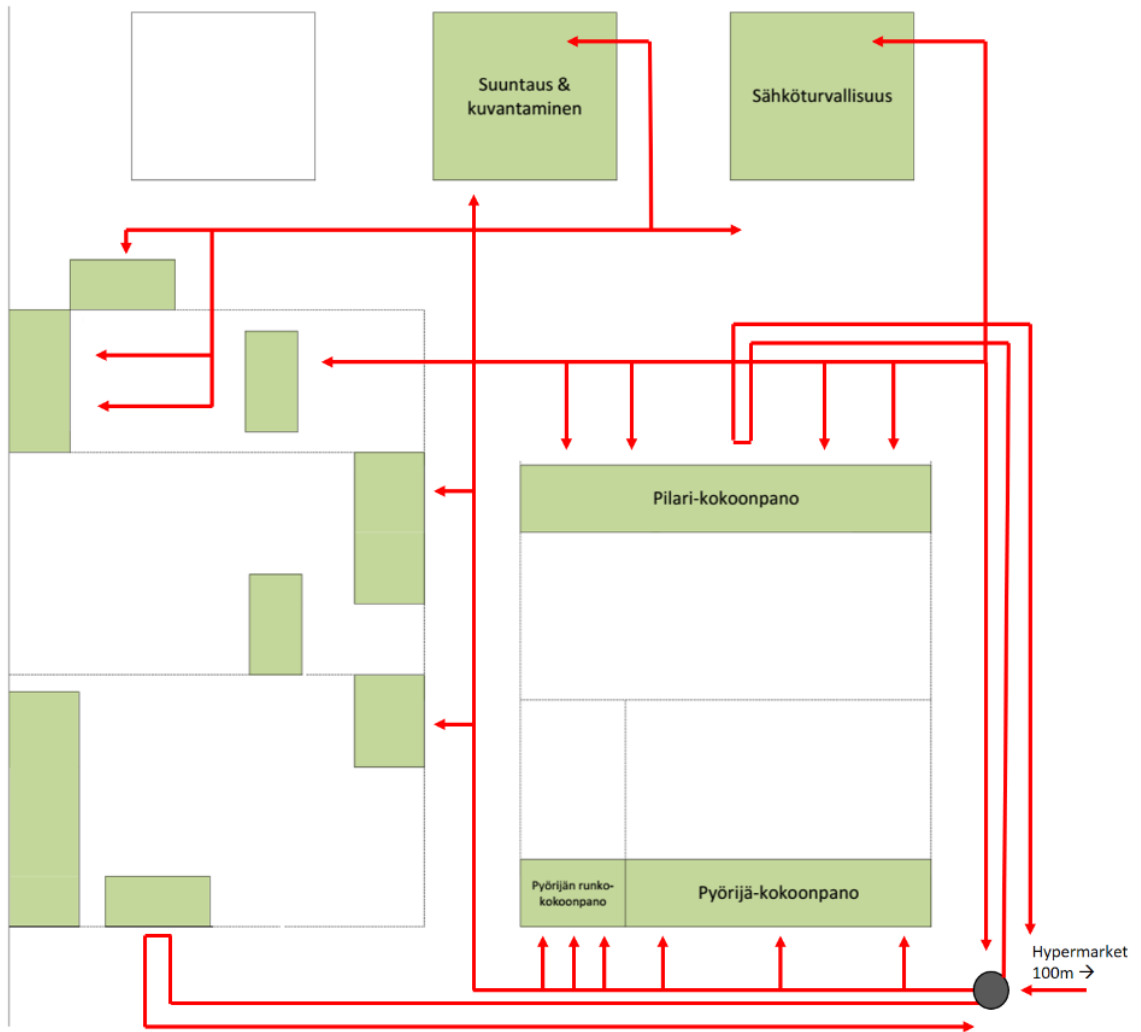
1. Yritys. Verkkoaineisto. KaVo Kerr Group Oy.
<<http://www.kavokerr.fi/fi/>>. Luettu 16.01.2018
2. LEAN. Verkkoaineisto. Wikipedia.
<<https://fi.wikipedia.org/wiki/Lean>>. Luettu 11.01.2018
3. Orthopantomograph OP30. Verkkoaineisto. MI Dental.
<<https://www.midental.co.uk/product/instrumentarium-op30>>. Luettu 11.01.2018
4. Ilkka Kouri - LEAN taskukirja. Kirja, sivut 22-23. Luettu 06.11.2017
5. Toshiko Narusawa ja John Shook – Kaizen Express – Fundamentals for Your Lean Journey. Kirja, sivut 16-18. Luettu 10.01.2018
6. Toshiko Narusawa ja John Shook – Kaizen Express – Fundamentals for Your Lean Journey. Kirja, sivut 84-87. Luettu 17.01.2018
7. Kaizen. Verkkoaineisto. Wikipedia.
<<https://en.wikipedia.org/wiki/Kaizen>>. Luettu 17.01.2018



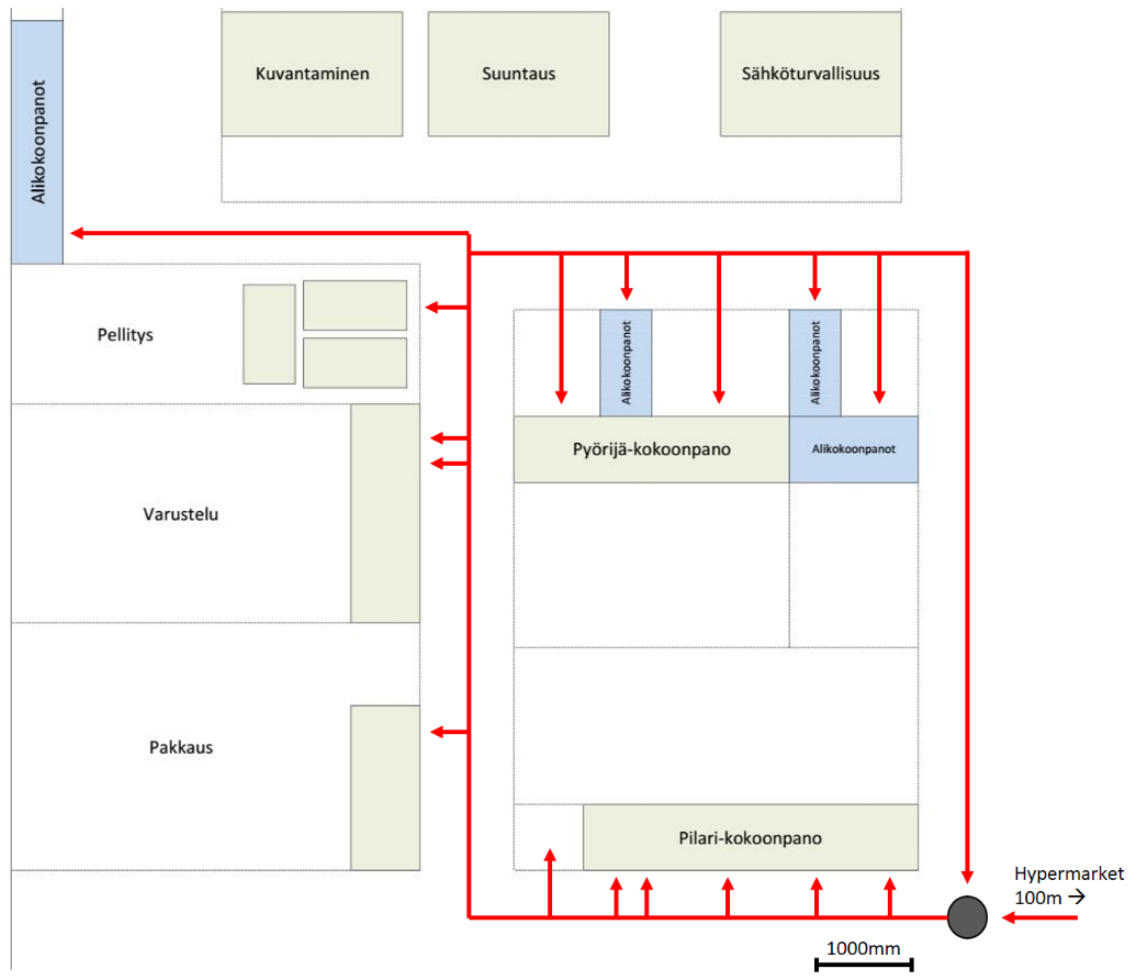
Liite 1. Alkuvaiheen tuotantolinjan operaattoreiden tekemä liikehdintä



Liite 2. Uuden tuotantolinjan operaattorien tekemä liikehdintä



Liite 3. Alkutilanteen tuotantolinjan market -operaattorin tekemä liikehdintä



Liite 4. Uuden tuotantolinjan market -operaattorin tekemä liikehdintä