



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)


Kokoonpanotuotannon tehostaminen

Markus Piironen

Opinnäytetyö, toukokuu 2023

www.karelia.fi

	OPINNÄYTETYÖ Toukokuu 2023 Konetekniikan koulutus Tikkarinne 9 80200 Joensuu +358 13 260 600
Tekijä(t) Markus Piironen	
Nimeke Kokoonpanotuotannon tehostaminen Toimeksiantaja Phillips Medisize Oy	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli kokoonpanotuotannon tehostaminen. Aiheeksi tuli tämä, koska edellisenä vuonna osasto 1:n kokoonpanotuotannossa oli paljon laatuvirheitä ja hukkahävikkiä. Näiden seurauksena tuotannossa ei päästy haluttuihin tuotantomääriin, joten kyseisellä osastolla aloitettiin kokoonpanotuotannon tehostamisprojekti. Kokoonpanotuotantoon tulivat myös uudet versiot osista vanhojen tilalle. Uusien osien toimivuus ja laatu pitäisi olla parempia kuin edellisten. Opinnäytetyön tehtävänä oli vertailla vanhoja ja uusia osia keskenään, etsiä ja korjata pullonkauloja, pohtia layoutmuutoksia, optimoida kokoonpanon työvaiheita ja minimoida virheiden syntymistä. Projektin tavoitteena oli saada kokoonpanotuotanto optimoitua mahdollisimman tehokkaaksi ja luotettavaksi.</p> <p>Työ aloitettiin pitämällä säädetyn ajoin palavereita tuotannosta vastaavien henkilöiden kanssa. Palavereissa kerättiin ideoita siitä, miten kokoonpanotuotantoa voitaisiin tehostaa ja parantaa. Ideat lisättiin A3-pohjaan ja kalanruotokaavioon. Aiheista valittiin ne, jotka olisivat mahdollista toteuttaa tai alustavasti tutkia ovatko ne toteutuskelpoisia. Lopuksi aiheet jaettiin henkilöille, jotka olisivat vastuussa niiden etenemisestä.</p> <p>Projektin päämääränä oli saavuttaa asiakkaan haluamat tuotantomäärät tai päästä lähemmäksi niitä. Projektin aikana suoritettavat muutokset ja parannukset ovat lopputuloksena muuttaneet kokoonpanotuotannon toiminnan paremmaksi ja tehokkaammaksi. Projekti jatkuu opinnäytetyön jälkeen yrityksessä.</p>	
Kieli Suomi	Sivuja 34 Liitteet 2 Liitesivumäärä 2
Asiasanat kokoonpano, tehokkuus, optimointi, toimivuus	

	THESIS May 2023 Degree Programme in Mechanical Engineering Tikkarinne 9 FI 80200 Joensuu FINLAND +358 13 260 600	
Author(s) Markus Piironen		
Title Improving the Efficiency of Assembly Production Commissioned by Phillips Medisize Oy		
Abstract <p>The topic of this thesis was increasing the efficiency of assembly production. The topic was chosen because the previous year there were a lot of quality defects and wastage in department 1 production. As a result of this, production did not reach the desired production volume, so a project to improve assembly production was started in that department. New versions of parts also entered the assembly production to replace the old ones. The functionality and quality of the new parts should be better than the previous ones. The objectives of the thesis were to compare old and new parts, find and fix bottlenecks, consider layout changes, optimize assembly work steps, and minimize the occurrence of errors. The goal of the project was to optimize assembly production to be as efficient and reliable as possible.</p> <p>The work started by holding meetings with the people responsible for production at set times. In the meetings, ideas were gathered about how the assembly production could be made more efficient and better. The ideas were documented on A3 sheets and a herringbone diagram. From the topics, those were selected that would be possible to implement or to initially investigate whether they are feasible. Finally, the topics were distributed to the people who would be responsible for their progress.</p> <p>The goal of the project was to achieve the production volumes desired by the customer or to get closer to them. The changes and improvements carried out during the project have resulted in a better and more efficient assembly production. The project will continue after this thesis in the company.</p>		
Language Finnish	Pages 34 Appendices 2 Pages of Appendices 2	
Keywords assembly, efficiency, optimization, functionality		

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Opinnäytetyön taustaa	6
1.2	Toimeksiantaja	7
2	Tietoperusta	7
2.1	Lean Six Sigma	7
2.2	DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmä	8
2.3	Arvovirtakartta (VSM)	10
2.4	Tuotannon layout	11
2.5	A3-menetelmä	12
2.6	Kalanruotokaavio	13
2.7	Viisi kertaa miksi -analyysi	13
2.8	Hukan kahdeksan eri muotoa	14
3	Menetelmät	15
3.1	Tarkoitus ja tavoitteet	15
3.2	Toimintaympäristö	16
3.3	Käytetyt menetelmät	17
3.4	VSM-työprosessi	18
3.5	Layout-työprosessi	21
4	Käsittelyosa	22
4.1	A3-palaverit	22
4.2	Layout-muutokset	24
4.3	Arvovirtakartoitus	25
4.4	Osien vertailua	27
5	Tulokset	28
5.1	Suuremmat parannukset	28
5.2	Pienemmät parannukset	29
5.3	Ilmenneitä ongelmia	30
6	Pohdinta	31
6.1	Menetelmän ja toteutuksen arviointi	31
6.2	Projektin luotettavuus ja eettisyys	31
6.3	Oma ammatillinen kasvu	32
6.4	Jatkotutkimus- ja kehittämisideat	33
	Lähteet	34

Liitteet

Liite 1	Vanha VSM-arvovirtakartta
Liite 2	Uusi VSM-arvovirtakartta

Keskeiset käsitteet

A3	A3-menetelmä on visualisoitu ja tiivistetty pohja ongelmanratkaisua varten.
VSM	(Value Stream Mapping), Arvovirtakartta. Käytetään virtauksen esteen tunnistamiseen ja priorisointiin.
DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve, Control, (Määritä, mittaa, analysoi, paranna, hallitse) Lean Six sigman soveltamisen ohjeistus.
C_p	Prosessikyvykkyyssindeksi
C_{pk}	Prosessikyvykkyyssindeksi, joka ottaa huomioon keskiarvon sijoittumisen toleranssirajojen sisälle.
Layout	Tarkoittaa sitä, miten tuotantotila on järjestetty.
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer, (Toimittaja, syöte, prosessi, tuotos, asiakas) Prosessin esitysmuoto.
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis, Vika- ja vaikutusanalyysi.
SAP	System Analysis Program, Järjestelmän analyysiohjelma

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön taustaa

Opinnäytetyön aiheena on kokoonpanotuotannon tehostaminen. Opinnäytetyötä tehdään muovialan yrityksessä, jossa valmistetaan lääkinnällisiä laitteita. Olen töissä kyseisessä yrityksessä kokoonpanon laadunvalvojana ja asettajana.

Vuonna 2022 haluttuihin tuotantomääriin ei päästy kokoonpanotuotannossamme suurien hukkahävikkien, laatuvirheiden ja poikkeamien takia. Tästä seurauksena aloitimme projektin kokoonpanotuotannon tehokkuuden ja toimivuuden parantamisesta. Sain ehdotuksen, että voin samalla tehdä aiheesta opinnäytetyön.

Opinnäytetyön alkuvaiheissa tuotannossa otetaan käyttöön uudet versiot osista vanhojen tilalle, joiden toimivuuden ja laadun pitäisi olla parempia kuin vanhojen. Uusien osien lisäksi kehitin ja ideoin, mitä parannuksia tai muutoksia kokoonpanotuotantoon voidaan tehdä. On pohdittava, voimmeko tehdä layout-muutoksia ja mitä työvaiheita ja koneita täytyy muuttaa tai parantaa. Parannusten tavoitteena on saada varmemmin ja tehokkaammin valmiita tuotteita kokoonpanotuotannon kautta asiakkaalle.

Tehtävääni projektissa ja opinnäytetyössä kuuluu vanhojen ja uusien osien vertailua keskenään, pullonkaulojen etsimistä ja korjaamista, kokoonpanon työvaiheiden optimointia, virheiden minimointia ja tuotannon layout-muutosten pohtimista. Näissä tehtävissä on käytetty apuna erilaisia Lean Six Sigma -työkaluja kuten arvovirtakarttaa. Opinnäytetyön aihealue rajataan edelle mainittuihin asioihin. Opinnäytetyön aikataulu on marraskuun 2022 ja toukokuun 2023 välinen aika. Kokoonpanotuotannon tehostaminen on jatkuvaa parantamista, joten se jatkuu opinnäytetyön jälkeen tehtaan osastolla.

1.2 Toimeksiantaja

Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimi Molex-yhtiön omistuksessa oleva Phillips Medisize Oy. Yritys valmistaa lääkinnällisiä laitteita, mutta tuotteet eivät ole heidän omia, koska Medisize toimii alihankkijana muille lääketeollisuuden yrityksille. Suomessa on kaksi Medisizen tehdasta, jotka kummatkin sijaitsevat Kontiolahdella Pohjois-Karjalassa. Medisize työllistää yli 700 työntekijää Suomessa ja heidän liikevaihtonsa on noin 100 miljoonaa euroa. (Phillips Medisize 2023.)

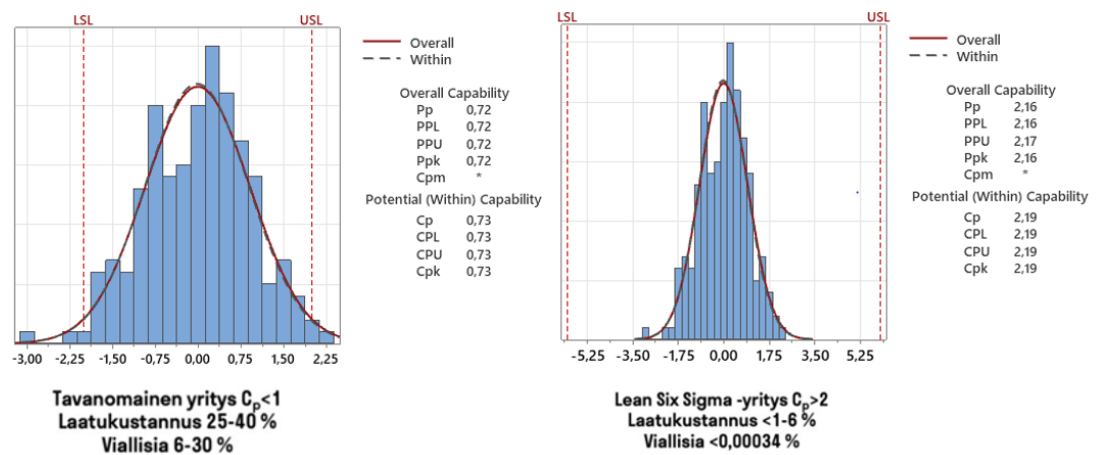
Tehtaat sijaitsevat tarkemmin Lammintiellä ja Ensolantiellä. Minun työpaikkani toimii Lammintien tehdas ja sieltä osasto 1. Opinnäytetyö keskittyy ainoastaan osasto 1:n toimintaan eikä muihin tehtaan tuotantoihin. Osasto 1 on kokoonpanopuoli ja valmistamme insuliinisäiliöitä. Opinnäytetyössä en pysty kertomaan Medisizen tehtaan tuotteista, osastoista, koneista tai materiaaleista niillä, koska ne kaikki kuuluvat heidän omaan salassapitosopimukseensa. Työssä käytetyt kuvat ovat myös muokattu, jotta niissä ei näy mitään ylimääräistä tietoa.

2 Tietoperusta

2.1 Lean Six Sigma

Lean Six Sigma on yleisessä käytössä oleva parannusmenetelmä, jonka avulla kehitetään tuotantoa. Lean ja Six Sigma ovat ennen olleet kaksi eri ajattelutapaa, mutta vuodesta 2002 alkaen ne on yhdistetty toisiinsa. Lean keskittyy aikavaihteluihin ja Six Sigma ominaisvaihtelun määrään. Leanin avulla pystymme näkemään, mihin työprosessiin kuluu liikaa aikaa tai missä on liian heikko ajallinen suorituskyky. Six Sigman avulla löydetään, missä vaiheissa prosesseja syntyy materiaalihukkaa, vikoja ja virheitä. Löydetty hukat vaikuttavat ominaisvaihteluun ja samalla aikavaihteluihin työprosesseissa. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2023.)

Lean Six Sigmaa käytetään työsuoritusten, prosessien ja systeemien suorituskyvyn parantamiseen. Kun suorituskykyä halutaan mitata, käytetään suorituskykyindeksejä (C_p , C_{pk}). Suorituskykyindeksi C_p täytyy olla enemmän kuin 2 ja C_{pk} enemmän kuin 1,5, jotta yritys on päässyt haluttuihin tuloksiin. Menetelmä soveltuu kaikkiin työsuorituksiin ja prosesseihin toimialasta riippumatta. Suorituskyvyn parannus on esitetty kuvassa 1. Vasemmalla on lähtötilanne, jossa suorituskyky on heikko ja esiintyy paljon viallisia tuotteita, kun taas kuvassa oikealla Lean Six Sigma -tason suorituskyky muuttaa jakauman muodon lähemmäksi keskustaa ja vialliset häviävät. Laatukustannukset ja viallisten määrä laskee paljon pienemmiksi kuin mitä ne ovat aiemmin olleet tavanomaisessa yrityksessä. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2023.)



Kuva 1. Suorituskyvyn parantamisen vaikutukset. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2023.)

2.2 DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmä

Lean Six Sigmaa toteutetaan enimmäkseen projekteina, joissa käytetään DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmää. Projekteissa itsessään käytetään yli 40 erilaista tilastollista työkalua. DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmässä on viisi eri vaihdetta (kuva 2). Vaiheet kulkevat järjestyksessä määrittely, mittaus, analyysi, parannus ja ohjaus. Projektitiimi suorittaa jokaisessa vaiheessa erilaisia tehtäviä heidän projektiinsa liittyen. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2023.)



Kuva 2. DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmän eri vaiheet.

Aluksi DMAIC-menetelmässä kerätään työkalujen avulla monia eri tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa prosessin ulostuloon. Tekijöiden määrä voi vaihdella 100–1500 kappaleen välillä tai jopa suuremmissa luvuissa isommissa projekteissa. Tekijöitä voivat olla komponentit, prosessivaiheet, ihmiset, materiaalit tai työvaiheet. Myöhemmissä vaiheissa karsitaan pois tekijöitä, jotka eivät vaikuta prosessin ulostuloon ja samalla valitaan suurimpia tekijöitä, jotka vaikuttavat ulostuloon. Lopulta on tilanne, jossa on jäljelle vain muutama tekijä, joita aloitetaan parantamaan. Tästä käsitteestä käytetään nimitystä poissulkutekniikka. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 219.)

Määrittelyvaiheen aikana selvitetään projektin kohde tai kohteet, joita on tarkoitus parantaa. Jotta määritelmä saataisiin, projektin aluksi tutkitaan, mikä on projektin tavoite, liiketoiminnallinen vaikutus, aiheenrajausalue, aikataulutukset sekä ketä projektiin kuuluu ja mitkä ovat heidän tehtävänsä. Hyviä työkaluja mitä voidaan käyttää määrittelyvaiheessa ovat esimerkiksi: arvovirtakuvaus, aivoriihet, haastattelut, SIPOC-kaaviot ja projektin asettamiskirja eli charter. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 227–244.)

Mittausvaiheen tehtävä on selvittää, onko suunniteltu muutos parannus. Mittausvaihe auttaa projektitiimiä löytämään ongelman, josta voidaan aloittaa juuri-syyrakenteen ideoinnin ja kartoittamisen. Mittausvaiheessa kerätään mahdollisimman paljon tietoa prosessista ja siihen vaikuttavista tekijöistä, jotta tiimillä on täysi ymmärrys prosessista. Tietoa voidaan esittää graafisesti Input/Output -analyysillä, syy & seuraus -matriisilla ja FMEA-analyysillä. Lopuksi mittausvaiheessa pitäisi saada nykyisen prosessin suorituskyky, prosessikuvaus ja tunnistetut kohteet, joita parannetaan. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 244–245.)

Analyysivaiheessa selvitetään, mitä muutoksia tehdään. Analyysivaiheessa kehitetään edellisestä vaiheesta saatuja ideoita eteenpäin ja vahvistetaan tai hylätään teorialat data-analyysin avulla. Seuraavaksi kehitetään ideoihin sopivat muutokset, jotka olisivat suorituskykyä parantavia. Analyysivaiheessa myös tarkastellaan voiko ongelmia rajata tai jakaa ne useaksi osaongelmaksi. Tässä vaiheessa myös arvioidaan, käytetäänkö prosessi- vai datalähestymistapaa juuri-

syyrakenteiden tunnistamiseen ja parannusideoiden etsimiseen. Prosessilähestymistavassa käytetään Lean-työkaluja kuten arvovirtakuvausta ja datalähestymistavassa Six Sigma -työkaluja. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 281–282.)

Parannusvaiheessa kehitetään ja toteutetaan analyysivaiheessa saatuja ratkaisuja parannuskohteelle. Vaiheen aikana projektiryhmä määrittää syy-seuraussuhteen, jotta prosessin suoritusarvo voidaan ennustaa, parantaa ja optimoida. Parannusvaiheessa käytettävä tärkeä työkalu on koesuunnittelu, DoE (Design of Experiments). Koesuunnittelussa testataan keksittyjä parannusmenetelmiä, jotta saadaan halutut parannukset prosesseille. Ajatuksena on löytää ja varmistaa juurisyytekijät, joilla on vaikutus ulostuloon. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 294–295.)

Parannusvaiheessa saatiin ratkaisu, joka testattiin. Ohjausvaiheessa ratkaisulle tehdään suunnitelma ja toteutetaan se. Ratkaisusta tehdään pysyvä ja varmistetaan, että uudet menetelmät jäävät käyttöön pysyvästi. Ohjausvaihe on projektin viimeistelyä. Ohjauksessa projekti dokumentoidaan ja luodaan ohjaussuunnitelma, jonka avulla ylläpidetään saavutettuja tuloksia. Ohjaussuunnitelma on yhteenveto ohjeista, jota käytetään ohjaamaan ja valvomaan prosessia kaikilla tasoilla. Ohjausvaiheessa myös tehdään ohjausprosessi, jolla varmistetaan, että operatiiviset avainprosessit ovat vakaita ja stabiileja. Kun prosessin dokumentointi on suoritettu, täytyy varmistaa, että kaikki prosessin käyttäjät ovat koulutettu ja opastettu uusiin toimintatapoihin. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 312–320.)

2.3 Arvovirtakartta (VSM)

Value stream mapping eli arvovirtakartta on visuaalinen esitys, jossa seurataan tuotteen tuotantopolkua asiakkaalta toimittajalle ja nähdään jokaisen materiaalin ja tietovirran prosessit. Arvovirtakartta on laadullinen työkalu, jolla kuvaillaan yksityiskohtaisesti, kuinka laitoksen tulisi toimia, jotta voidaan luoda hyvä virtaus tuotteille. (Rother & Shook 2018, 2.)

Arvovirtakartta auttaa monella tapaa tuotantoa. Kartasta nähdään hukan lähteet arvovirrassa. Se tarjoaa yhteisen tavan puhua valmistusprosesseista. Se osoittaa tiedonvirran ja materiaalivirran välisen yhteyden ja auttaa visualisoimaan enemmän kuin yhden prosessi tason. Arvovirtakartta tekee myös virtausta koskevat päätökset ilmeiseksi, jotta niistä voi keskustella tiimin kanssa ja muodostaa perustan toteutussuunnitelmalle. (Rother & Shook 2018, 2.)

Kun arvovirtakarttaa aloitetaan tekemään, ensimmäinen tehtävä on tehdä kuvaus nykyisestä tilanteesta keräämällä tietoa tuotannosta. Tämä antaa tiedot, joita tarvitaan tulevaisuuden tilanteen luomiseksi. Nykyisen ja tulevan tilan kehittäminen on päällekkäistä työtä. Tulevaisuuden ideat tulevat samalla, kun nykyistä tilannetta kartoitetaan. Samalla tavalla, kun tulevaisuuden tilannetta kartoitetaan, voidaan huomata nykyisen tilanteen tietoja, joita on voinut jäädä huomaamatta. Viimeinen vaihe on valmistella ja aloittaa aktiivisesti käyttämään käyttöönottosuunnitelmaa, joka kuvaa kuinka aiotaan saavuttaa tulevaisuuden tila. Kun suunnitelma on valmis, aloitetaan uuden tulevaisuuden näkymän tekeminen. Tämä on jatkuvaa parantamista arvovirran tasolla. (Rother & Shook 2018, 7.)

Lean-arvovirran avulla yritetään saada kaikki prosessit yhdistettyä tasaiseksi virraksi, joka tuottaa lyhyimmän läpimenoajan, parhaimman laadun ja alhaisimmat kustannukset. Jotta tämä saavutettaisiin tuotannossa työntekijöiden pitäisi saada kappaleet tehtyä niiden oman tahtiajan aikana valmiiksi ja valmistaa jatkuvalla virtauksella aina kun mahdollista. Muita keinoja esimerkiksi on ohjata tuotantoa väliaikaisesti varastoiduilla tuotteilla ja jakaa tuotteet tuotannossa tasaisesti ajan mukaan, jotta arvovirran prosessit pysyvät tasapainossa. (Rother & Shook 2018, 37–44.)

2.4 Tuotannon layout

Tuotannon layout tarkoittaa sitä, miten tuotantotila on järjestelty ja miten esimerkiksi laitteet ja työpisteet ovat sijoiteltu tehtaalla. Hyvällä layoutilla saadaan tuotantoon tehokkuutta ja sujuvuutta työskentelyyn. Hyvä layout on turvallinen tuo-

tannossa työskenteleville työntekijöille ja vierailijoille. Materiaalivirta on mahdollisimman tehokas ja joustava. Monesti päämateriaalivirta on joko suora tai U:n muotoinen. Tuotteen läpäisy aika ja työntekijöiden ylimääräinen liike ovat minimoitu eli tila on käytetty tehokkaasti. Lopullisesti myös hyvin suunniteltu tuotannon layout auttaa pitämään tuotteiden laadun hyvänä ja tasaisena. (Logistiikan Maailma 2023.)

Layoutit voidaan jakaa kahteen erilaiseen tyyppiin, prosessilähteinen ja tuotelähteinen. Prosessilähtöisessä eli funktionaalisissa layouteissa samat toiminnot ovat ryhmitelty yhteen, jossa kokoonpano ja pakkaus ovat omia osastojaan. Tuotelähtöisessä layoutissa tuote kulkee luonnollisen valmistusjärjestyksen mukaan. Tätä tapaa käytetään solulayoutissa ja tuotantolinjassa. Jos tuotanto on monivaiheinen, niin tuotanto on yhdistelmä eri layout-tyyppejä. Komponentit tehdään solu- tai funktionaalisessa tuotannossa ja komponenttien kokoonpanon tuotantolinjalla. (Logistiikan Maailma 2023.)

2.5 A3-menetelmä

A3-menetelmä on Lean-työkalu. A3-menetelmä on alun perin kehitetty Toyotalla ja sieltä levinnyt yleiseen käyttöön muualla maailmalla. Menetelmä on saanut nimensä A3-paperista, koska paperi on riittävän kokoinen keräämään olennaiset tiedot samalle pohjalle. (Helsingin kaupunki 2023.)

A3-menetelmä on pohja, johon on kuvattu kehityssuunnitelman eri vaiheet ja niihin vaikuttavat tekijät. Pohjalle rakennetaan nykytilanne, tavoiteltu tilanne ja havaitut ongelmat. Ongelmia varten kerätään niihin vaikuttavat tekijät, kuten työtavat, välineet ja ympäristötekijät. Kun A3-pohjalle on edellä mainitut asiat saatu, muodostetaan ratkaisuehdotukset ongelmille ja niihin vaaditut toimenpiteet ja tekijät. Lopuksi projektitiimi sopii kuka, miten ja milloin ratkaisu toteutetaan. Tietojen kerääminen yhdelle pohjalle nopeuttaa ja tehostaa projektitiimin työnteoa huomattavasti. (Helsingin kaupunki 2023.)

2.6 Kalanruotokaavio

Kalanruotokaaviolla yritetään ymmärtää ongelman syntymiseen vaikuttavat juurisyys tekijät. Kaaviosta käytetään monia nimiä: syy- ja seurauskaavio, kalanruotokaavio, juurisyysanalyysi tai Ishikawa-diagrammi, nimettynä Kaoru Ishikawan mukaan. Hän on kehittänyt kaavion 1960-luvulla. Kalanruotokaavio on graafinen laadunparantamisen työkalu, jota käytetään projektitiimin työvälineenä. Kaaviota voidaan myös käyttää asioiden luokitteluun eikä pelkästään ongelmanratkaisuun. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2023.)

Kaavio jaetaan eri tekijöihin, jotka voivat vaikuttaa ongelmien syntymiseen. Tekijöitä on monia, mutta yleisimmin tekijät voidaan jakaa työtapoihin, ihmisiin, ympäristöön tai työvälineisiin. Kalanruotokaavio auttaa ymmärtämään ongelma-alueen paremmin, koska se johdattaa ratkaisemaan piiloon jääneitä pienempiä ongelmia, eikä pelkästään isoimpia ilmiselviä ongelmia. (Helsingin kaupunki 2023.)

2.7 Viisi kertaa miksi -analyysi

Juurisyyn etsinnällä eli *viisi kertaa miksi* -analyysillä yritetään löytää ongelman ydin kysymällä, miksi monta kertaa peräkkäin, jotta ongelma saataisiin poistettua kokonaan. Analyysissä etsitään ratkaisua ongelmalle ensisijaisesti ratkaisemalla juurisyitä ja mahdollisesti poistamalla niitä. Miksi-analyysin ensimmäinen vaihe on löytää ilmeiset ongelmat. Ilmeisistä ongelmista kysytään: miksi ne tapahtuvat, jonka jälkeen kysytään uudestaan, miksi edellinen vastaus tapahtui ja tätä jatketaan niin kauan, kunnes löydetään lopullinen juurisyys ongelmalle. (Helsingin kaupunki 2023.)

Viisi kertaa miksi -analyysi on nopea, edullinen ja ei vie paljoa resursseja projektista. Analyysin voi tehdä yksin, mutta se olisi hyvä tehdä tiimin kanssa, jotta ideoita syntyisi enemmän juurisyiden etsimiseen. Juurisyitä yleensä löydetään enemmän kuin yksi. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2023.)

2.8 Hukan kahdeksan eri muotoa

Hukka ei tuota mitään arvoa asiakkaalle. Sitä voi esiintyä tuotannon kaikissa vaiheissa. Lean-työperiaatteiden avulla hukkaa pyritään poistamaan ja minimoimaan. Hukka voidaan jakaa kahdeksaan eri muotoon: yli- ja alituotanto, odottaminen, tarpeeton kuljetus, yli- ja aliprosessointi, ylimääräinen varastointi, tarpeeton liikkuminen, virheet ja tiimin jäsenten hyödyntämätön luovuus. (Lean Construction Institute 2023.)

Yli- tai alituotannolla tarkoitetaan, että tehdään jotain ennen kuin sitä todella tarvitaan. Kun ei tehdä oikeaa työtä oikeaan aikaan tai oikeassa määrässä, syntyy varastohukkaa. Varastohukassa ei saada tarvitsemia materiaaleja, jolloin joudutaan odottamaan tai saadaan liian paljon materiaaleja, joille ei ole käyttöä. Kumminkin yli- ja alituotanto aiheuttavat ylimääräisiä kuluja ja hukkaavat työaikaa. Odottelun hukkaa syntyy, kun keskeneräiset työt tai ihmiset odottavat tuotannon seuraavaa vaihetta. Odottaminen on erittäin yleinen hukan muoto. Tehokkaammilla prosesseilla voidaan eliminoida odottelusta syntyvä hukka. Tarpeettomassa kuljetushukassa on luotu tehoton kuljetus materiaaleille, kun ne siirtyvät varastoon ja sieltä pois tai kulkevat prosessien välillä. Tarpeetonta kuljetusta syntyy, kun ei ole suunnitelmaa materiaalin varastoinnille. Ylimääräinen kuljetus voi aiheuttaa virheitä, koska liikkuva materiaali on aina isommassa riskissä tulla vahingoitetuksi. (Lean Construction Institute 2023.)

Yliprosessointi tarkoittaa tarpeettomien vaiheiden suorittamista prosessissa. Aliprosessoinnissa laiminlyödään prosessissa tarvittavia toimenpiteiden suorittamista. Nämä poistetaan supistamalla tuotannon vaiheita, jotta ne sisältävät vain tarpeelliset vaiheet, jotka tuottavat suoraan arvoa. Ylimääräistä varastohävikkiä syntyy, kun esimerkiksi tuote ja materiaalit ylittävät välittömän tarpeen tukemisen. Puskuri voidaan tulkita hukkana, koska puskuria ei melkein koskaan käytetä. Ylimääräinen varastointi voi johtaa tarpeettomaan kuljetukseen ja liikkumiseen, jos työntekijät joutuvat etsimään tilaa materiaaleille, joita ei vielä tarvita tai jos työntekijät eivät löydä varastosta tarvitsemiaan materiaaleja. Tarpeeton liikkuminen voi olla ihmisten aiheuttamaa turhaa liikkumista tai sellaista, joka ei lisää arvoa. Tarpeetonta liikkumista syntyy usein, jos materiaalit ovat sijoiteltu kauas työntekijöiden työpisteiltä. (Lean Construction Institute 2023.)

Hukan yksi suurimmista aiheuttajista ovat virheet. Virheitä syntyy, kun valmistetaan viallisia osia, töitä tai tietoja, joiden vuoksi työ romutetaan tai tehdään uudelleen. Työn uudelleen tekeminen on yksi suurimmista hukan syistä, joka yleensä johtaa projektin myöhästymiseen ja ylibudjettiin. Esimerkiksi työtii-
mien välinen väärin kommunikointi voi aiheuttaa virheitä, joista voi seurata työn uudelleen tekeminen. Tiimin jäsenten käyttämätöntä luovuutta syntyy, kun tiimi menettää aikaa, ideoita, taitoja ja parannuksia, koska työntekijöitä ei ole otettu projekteihin mukaan tai heitä ei ole kuunneltu. Jos työntekijöiden panosta ei ole kunnioitettu, luovia ratkaisuja monimutkaisiin ongelmiin ei monesti synny. (Lean Construction Institute 2023.)

3 Menetelmät

3.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Opinnäytetyön ja projektin tarkoituksena on parantaa kokoonpano-osaston tehokkuutta ja joustavuutta. Tehokkuuden parantaminen voi tarkoittaa monia asioita, mutta tässä projektissa keskitytään kokoonpanotuotannon virrantehokkuuden parantamiseen, hukkien poistoon ja minimointiin sekä muiden asioiden korjaamiseen, joilla on pienempi tai isompi vaikutus tuotantoon. Vuonna 2022 osasto 1:llä ei päästy haluttuihin tuotantomääriin. Syitä tähän olivat muun muassa suuret hukkahävikit, laatuvirheet ja poikkeamat. Tämän takia aloitettiin parannusprojekti, jotta tulevaisuudessa ei tapahtuisi samanlaista tilannetta. Projektilla toivotaan, että samanlaisia kehityskeinoja voidaan hyödyntää myöhemmin muissa tehtaan osastoissa, jotta tuotteiden valmistus olisi varmempaa ja tehokkaampaa. Opinnäytetyön kautta myös itse saan enemmän ammatillista osaamista tuotannon kehitykseen liittyen.

Projektissa kehitetään esimerkiksi tuotannon layoutia, materiaalin virtausta, työntekijöiden osaamista ja koneiden toimivuutta. Opinnäytetyön työkuvaan kuuluu myös uusien ja vanhojen osien vertailua, jotta nähdään, ovatko uudet

osat olleet parempia tuotannossa. Vertailussa hyödynnetään Power BI -sovel-
luksella tehtyjä taulukoita, joista nähdään tarkat lukemat osien määristä, hylyistä
ja poikkeamista.

3.2 Toimintaympäristö

Opinnäytetyö on toiminnallinen työ, joka suoritettiin Medisizen Lammintien teh-
taalla osastolla 1. Osastolla valmistetaan insuliinisäiliöitä, joiden vuotinen val-
mistusmäärä vaihtelee asiakastilauksien mukaan. Osastolla hyödynnetään
funktionaalista layoutia. Kokoonpanotuotanto on jaettu puhtaan hallin puolella
niin, että kokoonpanolinja keskittyy keskelle tuotantoa (kuva 3) ja sen ympärillä
on koneita, jotka valmistavat eri kappaleita lopullisesta tuotteesta kokoonpa-
nolinjalle yhdistettäväksi. Tuotantoon liittyy myös kaksi eri pakkausosastoa. Ko-
koonpanolinjan kautta saadut valmiit insuliinisäiliöt siirretään puhtaan puolen
hallin toiseen päähän, missä tuotteet pakataan koneen läpi muovipakkauksiin.
Lopuksi muovipakkaukset siirretään likaisen puolen pakkauspuolelle, missä
tuotteet pakataan pahvilaatikoihin käyttöohjeiden kanssa. Opinnäytetyön yksi
tehtävistä on parantaa osaston layoutia, koska vanha layout ei ole tarpeeksi
joustava tuottamaan tuotteita.



Kuva 3. Osasto 1 kokoonpanolinja (Kuva: Markus Piironen).

Tehtaan toimintaympäristö jaetaan puhtaaksi puoleksi ja likaiseksi puoleksi.
Puhtaalle puolelle sijoittuvat ruiskuvalu ja kokoonpano-osastot. Koska kyseessä

on lääketieteellisuuden muovitehdas, pyritään pitämään puhtaalla puolella irtopartikkelien taso miniminä ja hygieniataso korkeana, jotta tuotteet ja osat pysyvät mahdollisimman puhtaina. Puhtaalla puolella käytetään aina tehtaan omia vaatteita, jotka ovat suunniteltu sinne. Ennen kuin puhtaalle puolelle siirrytään pitää kädet pestä, pukea suojamaski, laittaa hiussuojia päähän ja jos on parta, täytyy se erikseen suojata. Tehtaan puhtaalla puolella työskennellessä käytetään koko ajan muovihanskoja, suojalaseja, suojakenkiä ja kuulokkeita. Muovihanskat pitää puhdistaa desinfektiolla noin puolen tunnin välein. Likaisella puolella tarkoitetaan tehtaan muita alueita kuten taukotiloja, varastoja, toimistoja ja tehtaan omaa ravintolaa.

3.3 Käytetyt menetelmät

Opinnäytetyön tiedonkeruussa on hyödynnetty nettisivustoja ja kirjallisuutta etsien tietoa Lean Six Sigmasta ja sen eri työkaluista. Lean Six Sigman työmenetelmien käyttäminen on keskeinen osa tuotannon kehittämistä. Opinnäytetyö ja projekti käyttävät monia Lean Six Sigman -työkaluja, kuten DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmää ja VSM-arvovirtakarttaa apuna ratkaisemaan tuotannon kehitysongelmia. Opinnäytetyön aputyökaluina on myös käytetty Power BI-, Excel- ja Minitab -sovelluksia.

Opinnäytetyön prosessi kulkee DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmän mukaan eteenpäin. Projektin aluksi on määriteltä kohde, mitä lähdetään parantamaan ja projektiin kuuluva tiimi. Projektia käydään läpi viikoittaisessa palaverissa tuotannosta vastaavien henkilöiden kanssa. Mittausvaiheessa projektiin on kerätty mahdollisimman paljon tietoa asioista, mitkä voivat vaikuttaa enemmän tai vähemmän tuotannon tehokkuuteen. Vaiheessa on esimerkiksi laskettu uudet ajat tuotannon eri työvaiheisiin eli tahtiajat, jotka on lisätty arvovirtakarttaan. Analyysivaiheessa hyväksytään projektitiimin kesken mitä ideoita aloitetaan rakentamaan ja kuka tiimin jäsen vastaa asian etenemisestä. Parannusvaiheessa toteutetaan analyysivaiheessa saatuja ratkaisuja ja ideoita. Lopuksi ohjausvaiheessa on projektin viimeistelyä ja tehdään ongelmiin saaduista ratkaisuista pysyviä.

Projektin palaverissa käytetään Lean Six Sigma -työkaluja. Projektin alussa rakensimme A3-menetelmän pohjalle projektityön alkutiedot. Pohjasta (kuva 4) löytyy vasemmalta viisi kertaa miksi -analyysi, jonka avulla saamme pohjatiedot projektille. Miksi-analyysistä näkee mikä on ongelma, missä ongelma on, ongelman vaikutus, miksi ongelma on tapahtunut, mitä pitää tarkastaa, mikä on projektin tavoite ja millainen aikataulu projektilla on. A3-pohjan oikealla puolella on kalanruotokaavio. Kalanruotokaavioon jaetaan seitsemään eri osa-alueeseen: johtaminen, henkilöstön käyttö, materiaalien hallinta, tuotantolaitteet, tuotanto- ja toimintatavat, tuotantotilat ja järjestelyt sekä tuotteiden arviointimenettelyt. Kalanruotokaavioon kerätään ideoita, jotka jaetaan värikoodilla valkoisesta punaiseen. Punaisella värillä on juurisyy ongelmaan ja siitä alaspäin valkoiseen asti, joka on havainto. A3-pohjasta vielä löytyy oma osio toimenpiteille, jossa on ideoita mitä on valittu eteenpäin tutkittavaksi ja mahdollisesti toteutettavaksi. Toimenpiteiden vierellä on myös lähtötilan ja nykytilan kaaviot tuotannon tuotteiden valmistusmääristä.

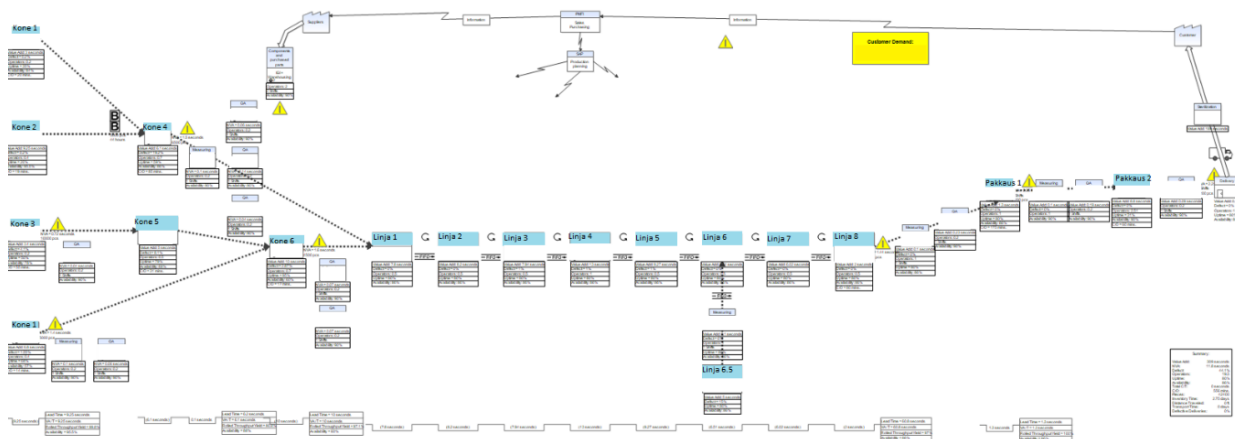
Kuva 4. A3-menetelmän pohja.

3.4 VSM-työprosessi

Projektin tehtäviin kuului päivittää nykyistä arvovirtakarttaa ja tarvittaessa tuottaa uusi arvovirtakartta. Arvovirtakartan avulla projektitiimi pystyy havainnollistamaan tuotannon kaikki työvaiheet alusta loppuun asti asiakkaalle. Jokaiselle

työvaiheelle mitataan tahtiajat, työntekijöiden määrät, koneen päällä oloajat ja osien hylkyprosentit. Tahtiaika lasketaan työaika jaettuna tilattujen tuotteiden lukumäärällä. Eri työvaiheiden työajat voidaan mitata sekuntikellolla. Muiden tietojen laskentaan käytetään Excel-sovelluksella tuotettuja laskuja. Arvovirtakarttaan saaduilla tiedoilla löydetään tuotannon suurimmat hukan lähteet ja pullonkaulat, joita täytyy parantaa tai muuttaa. Pullonkauloilla tarkoitetaan työvaiheita, joilla on huomattavasti huonompi suorituskyky kuin muilla työvaiheilla erillisistä syistä.

Tuotannon nykyisessä arvovirtakartassa (kuva 5) työvaiheet alkavat vasemalla koneista 1–6, joista kappaleiden virtaus jatkuu kokoonpanolinjalle 1–8 ja siitä pakkaus 1 ja pakkaus 2 työvaiheisiin. Pakkausten jälkeen valmistuote lähtee kuljetukseen asiakkaalle. Kartan loppupäässä on SAP-tietojärjestelmä ja toimittaja. Toimittajalta saadaan uutta materiaalia tuotantoon ja SAP-tietojärjestelmän avulla tehdään tuotantosunnittelua. Työvaiheiden välistä löytyy QA eli laadunvarmistuksia ja kappaleiden mittauksia. Laadunvarmistuksille ja mittauksille on omat mitatut ajat merkitty. Arvovirtakartan pohjasta näkee kokonaisaikoja työvaiheille ja oikeasta alanurkasta yhteenvedon kaikille arvovirtakartan tiedoille.

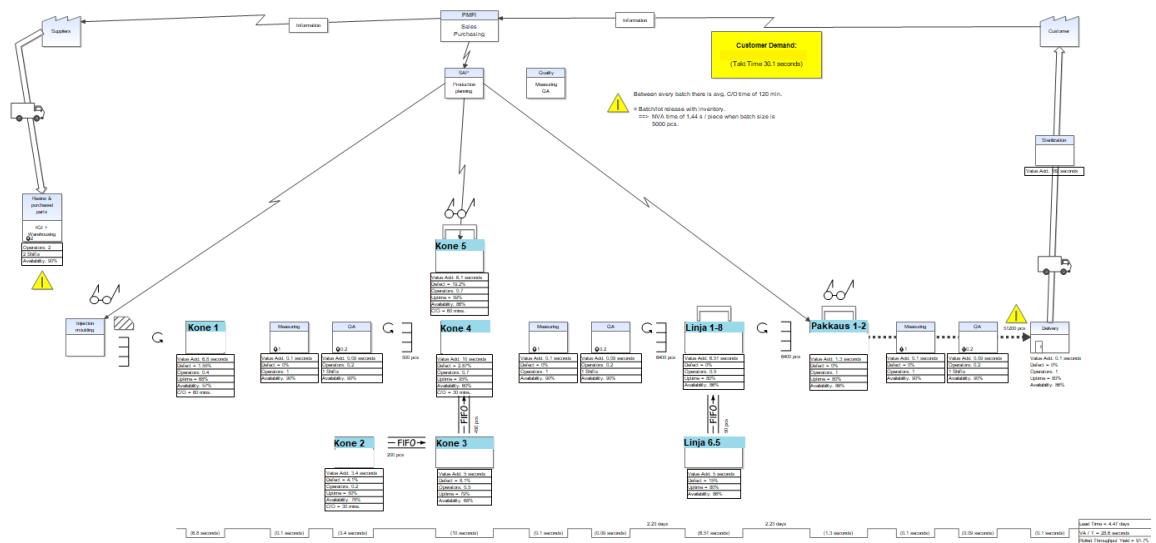


Kuva 5. Tuotannon vanha arvovirtakartta.

Projektin aikana todettiin, että tarvitsemme uuden arvovirtakartan (kuva 6). Projektitiimistä osa jakaantui tekemään uutta arvovirtakartoitusta ulkopuolisten asiantuntijoiden kanssa. Ensimmäisenä he tekivät nykytilanteesta arvovirtakartan ja spagettikaaviot. Spagettikaavio kuvaa kuinka tuote liikkuu alusta loppuun teh-

taan sisällä. Kun nykytilan kuvaus oli saatu valmiiksi, voitiin aloittaa tulevaisuuden tilan kuvausta suunnittelemaan. Jotta uutta arvovirtakarttaa voidaan suunnitella, työvaiheille lasketaan uudet tiedot, esimerkiksi tahtiaika pitää laskea tulevaisuuden kysynnän mukaan. Materiaalivirran tasapainottaminen on tärkeä osa uuden arvovirtakartan suunnittelussa. Jotta tasapaino säilyisi virtaukseen lisäämään supermarket -imuohjauksia, töiden ajoitus ja tiheys lasketaan sopivaksi, tunnistetaan jäljelle jääneitä hukkia ja poistetaan ne. Lopuksi tunnistetaan tarvittavat prosessiparannukset. Parannuksena voidaan pitää esimerkiksi työvaiheiden yhdistämistä toisiinsa, jos se auttaa materiaalivirran kulkua.

Uudessa arvovirtakartassa (kuva 6) on päivitetty koneiden tietoja uudestaan lasketuilla ajoilla ja tiedoilla. Tiedot määräytyvät sen aikaisen asiakkaan tilausmäärän mukaan. Työvaiheiden väliin on lisätty supermarketteja kuten kokoonpanolinjan ja pakkausten väliin. Kokoonpanolinjan kaikki työvaiheet ovat yhdistetty omaan laatikkoonsa ja samanlaisesti pakkaustyövaiheet ovat yhdistetty omaan laatikkoonsa. Muut koneet ovat sijoiteltu niin, että koneet 1–3 ja 5 syöttävät osia koneelle 4 ja sen kautta osat kulkevat kokoonpanolinjalle. Koneilla 2 ja 3 valmistuvat ensimmäiset osat siirtyvät myös ensimmäisinä seuraavaan työvaiheeseen. Kartoituksen mukaan ruiskuvalun, kone 5:n ja pakkauksen varastoja seurataan manuaalisesti, jotta voidaan tehdä tuotantopäätöksiä. Arvovirtakartta voi päivittyä myöhemmin erilaiseksi, mutta kuvassa 6 esitetty kartta on opinnäytetyön aikana tuotettu arvovirtakartta. Liitteissä 1 ja 2 arvovirtakartat ovat esitettynä suuremmin.

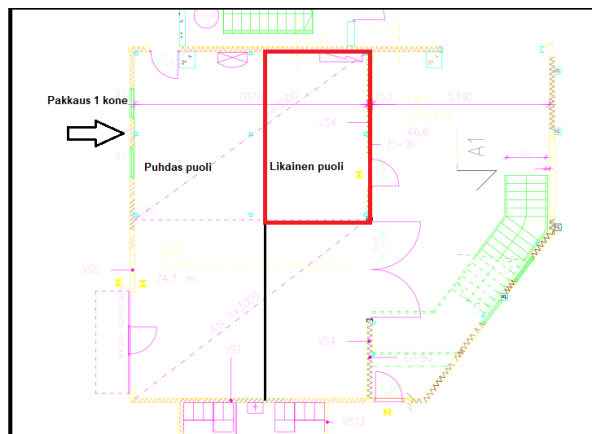


Kuva 6. Tuotannon uusi arvovirtakartta.

3.5 Layout-työprosessi

Projektin palaverissa yhdeksi parannusideaksi muodostui muuttaa tuotannon layoutia paremmaksi ja tehokkaammaksi. Ideaksi tuli yhdistää pakkaustyövaiheet toisiinsa ja muuttaa kokoonpanolinjaa niin, että sitä olisi mahdollista tehdä kolmella tai neljällä työntekijällä tehokkaimmin. Opinnäytetyön aikana saimme pakkaustyövaiheet yhdistettyä toisiinsa, mutta kokoonpanolinjan muutoksia emme tehneet vielä opinnäytetyön aikana. Projekti jatkuu opinnäytetyön jälkeen, jolloin aiheena on muuttaa kokoonpanolinjaa tehokkaammaksi.

Pakkaustyövaiheet ovat ennen olleet erillisinä työvaiheina. Pakkaus 1 sijaitsi yläkerrassa puhtaalla puolella tehdasta ja pakkaus 2 on sijainnut alakerrassa likaisella puolella tehdasta. Pakkaus 1 on kone, jonka kautta insuliinisäiliöt pakataan muovipakkauksiin ja siitä pahvilaatikoihin, jotka viedään alakertaan pakkaus 2 alueen lähelle. Pakkaus 2:n työpisteillä muovipakatut insuliinisäiliöt pakataan myyntipakkauksiin käyttöohjeiden kanssa. Pakkaus 1:n kone on jaettu kahteen osaan. Toinen on tavarasulun puolella, josta muovipakatut tuotteet tulevat ulos ja toisella puolella on mihin insuliinisäiliöt ja vaadittavat pakkausmateriaalit lisätään. Tavarasulku (kuva 7) jaetaan puoliksi puhtaaksi ja likaiseksi puoleksi. Tavarasulussa puhtaalla puolella työskentelee kokoonpano-osaston työntekijät ja likaisella puolella logistiikan työntekijät. Pakkausvaiheiden yhdistämisessä pakkaus 2 siirretään tavarasulkuun likaiselle puolelle, pakkaus 1 koneen vierelle. Kuvassa 6 punaisella väritetty alue on missä uusi pakkaus 2:n työalue sijaitsee. Alueella on ennen ollut materiaalivarastoa ja pakkaus 1:n vaiheen laavat, joiden päälle laitetaan valmiit pahvilaatikot, siirrettäväksi alakertaan pakkaus 2:n lähelle.



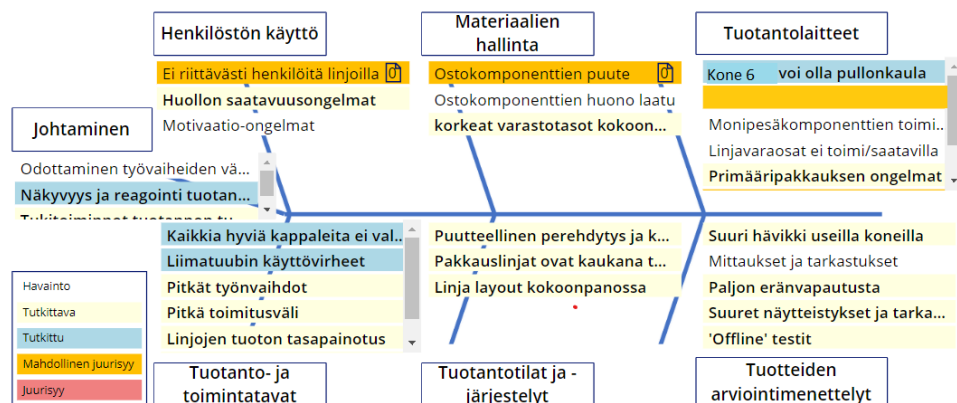
Kuva 7. Tavarasulun pinta-ala piirustus.

Ennen kuin layout-muutosta päästäisiin tekemään pitää ottaa huomioon monia asioita. Riittääkö tilaa työskennellä, onko tarpeeksi varastotilaa kummankin pakkausvaiheiden materiaaleille ja valmiille pakkauksille. Käykö pakkaustilojen muuttaminen logistiikan työntekijöille, jotta heiltä ei rajoiteta työalueita ja miten hygieniarajoitukset vaikuttavat, koska likainen ja puhdas työpiste olisivat vierekkäin. Muita asioita mitä pitää ottaa huomioon ovat, poistetaanko vai muute- taanko määritettyjä tarkastuksia työvaiheiden välistä, yhdistetäänkö pakkausten SAP-järjestelmät toisiinsa ja milloin koulutetaan tuotannon työntekijät uusiin käytäntöihin. Jotta nämä asiat saataisiin tarkastettua, jaettiin jokaiselle projekti- tiimin jäsenelle oma asia selvitettäväksi määräaikaan mennessä.

4 Käsittelyosa

4.1 A3-palaverit

Viikoittain pidetyissä palavereissa keräsimme tutkittavia ideoita A3-pohjalle ka- lanruotokaavioon (kuva 8). Projektitiimin ideat jaetaan kalanruotokaaviossa ha- vaintoon, tutkittavaan, tutkittuun, mahdolliseen juurisyyyhyn ja juurisyyyhyn. Syn- tyneitä ideoita olivat esimerkiksi: henkilöiden riittävyys kokoonpanolinjalla, osto- komponenteista on puutetta, kone 6 voi olla pullonkaula, näkyvyys ja reagointi tuotantoon huono, liimatuubeja käytetään väärin, työntekijöillä on puutteellinen perehdytys ja suurta hävikkiä esiintyy useilla koneilla. Kuvassa 8 on esitetty mo- nia muitakin ideoita mitä on syntynyt projektitiimin kesken. Näitä ideoita kerättiin projektin ensimmäisissä palavereissa.



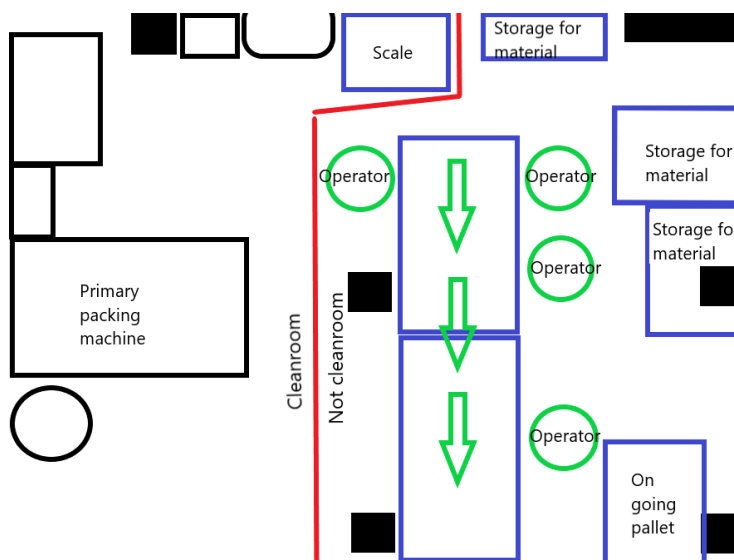
Kuva 8. A3-pohjan kalanruotokaavio.

Kun ideoita oli syntynyt tarpeeksi, poimimme ideoita eteenpäin toimenpiteiksi. Toimenpiteille kirjoitetaan kuvaus, siitä mitä ne aiheuttavat ja mitä niiden korjauksella tai parannuksella toivotaan saada. Toimenpiteille valitaan projektitiimistä henkilö vastaamaan asian etenemisestä. Yhdessä tiimin kanssa valitsemme päivämäärän, milloin toimenpidettä katsotaan uudestaan ja tarkastetaan, onko asialle tapahtunut mitään vai tarvitaanko vielä enemmän aikaa asian korjaamiseen. Ideoita mitä tarkasteltiin eteenpäin, olivat esimerkiksi: SAP-järjestelmään lisää oikeuksia kokoonpanoasettajille, voidaanko liimatuubien käyttöä korjata, vuorojärjestelyjen tutkimista, linja 6.5 koneen ongelmien tutkimista ja mitä huoltotoimenpiteitä kokoonpanoasettajat voivat tehdä, jos huollon työntekijöitä ei ole paikalla tai saatavilla.

A3-pohjaan saaduista toimenpiteistä suurin osa saatiin toteutettua opinnäytetyön aikana. Liimatuubien käyttövirheet poistettiin kouluttamalla kokoonpanoasettajat uudestaan ja lisäämällä ohjemuistutus liimatuubien tekopaikalle. Kun koneeseen vaihdetaan uusi tuubi, tehdään se liimojen tekopaikalla eikä koneen sisällä, jotta liimaa ei tipu koneen sisälle. Osien saatavuus on varmistettu vuodelle 2023, joten materiaalin loppumista ei pitäisi tapahtua kesken töiden. SAP-järjestelmään on lisätty kokoonpanoasettajille uusia toimintoja, mitä he pystyvät tekemään. Huolto koulutti kokoonpanoasettajille heidän pienempiä töitensä. Työnvaihtoja tutkittiin ja katsottiin voiko työnvaihtamisen tehtäviä tehdä samaan aikaan, kun edellinen työ on loppumaisillaan. Koneille on suoritettu huoltoja ja tarkastettu mitä voidaan tehdä, jotta ehkäistään hukan syntymistä. Vuorojärjestelyjä on muutettu. Ennen tehtiin kolmessa vuorossa töitä ja muutoksien jälkeen vaihdettiin kahteen vuoroon. Opinnäytetyön aikaisen tuotantomäärän kannalta kahteen vuoroon siirtyminen oli kannattavampaa ja arvovirran parannuksilla materiaalin kulku toimi hyvin kahdessa vuorossa. A3-pohjaan saaduilla ideoilla ja toimenpiteillä tuotannosta poistetaan ylimääräistä hukkaa, virheiden syntymistä, häiriöitä koneilla, vähennetään odottelua ja parannetaan materiaalin kulkua tuotannon läpi. A3-pohjan avulla myös hyödynnetään tiimityöskentelyä ja kuullaan kaikkien jäsenien mielipiteitä parannusideoista.

4.2 Layout-muutokset

Kun vaaditut tarkastukset ja hyväksynnit pakkausten muuttamista varten oli saatu suoritettua, voitiin layout-muutosta aloittaa toteuttamaan tavarasulkuun. Aluksi tyhjennettiin tavarasulku ja siirrettiin pakkaus 2:n pöydät ja muut tavarat niiden uusille määritetyille paikoille, jonka jälkeen sähköpuolen henkilöstö asensi tietokoneet ja muut sähköiset laitteet valmiiksi. Kun tavarat oli saatu paikoilleen, koulutettiin kokoonpanotyön henkilöstö uusiin pakkaamisen työtapoihin. Uudessa layoutissa (kuva 9) pakkaustyövaiheet sijaitsevat vierekkäin ja niissä työskennellään samaan aikaan. Työntekijät jakautuvat pakkausvaiheiden välille, niin että pakkaus 1:n puolella on yksi tai kaksi työntekijää ja pakkaus 2:n puolella neljä tai viisi työntekijää. Materiaali kulkee pakkaus 1:n kautta suoraan pakkaus 2:n alkuun ja siitä valmiiksi lopputuotteeksi asiakkaalle. Pakkaus 1:n koneen tahtiaikaa on hidastettu, jotta pakkaus 2 pysyy työtahdin mukana. Tah-
tiajan muuttaminen ei vaikuta työnteon nopeuteen, koska koneen kautta menevät kappaleet eivät mene varastoon vaan suoraan seuraavaan pakkausvaiheeseen. Pakkauskoneen korjaussäädöt ovat hitaampia tahtiajan muutoksen seurauksena, mutta asialla ei ole suurta vaikutusta työntekoon. Työvaiheiden välissä tarkastukset pysyivät samoina ja pakkausten SAP-järjestelmiä ei vielä yhdistetty opinnäytetyön aikana.



Kuva 9. Layout -piirustus tavarasulun uudesta pakkauksesta.

Pakkausten yhdistämisellä on monia positiivisia vaikutuksia tuotantoon. Huonot tai virheelliset kappaleet havaitaan nopeammin, koska kummassakin pakkausvaiheessa käytetään saman työnumeron kappaleita, eikä niin että pakkaus

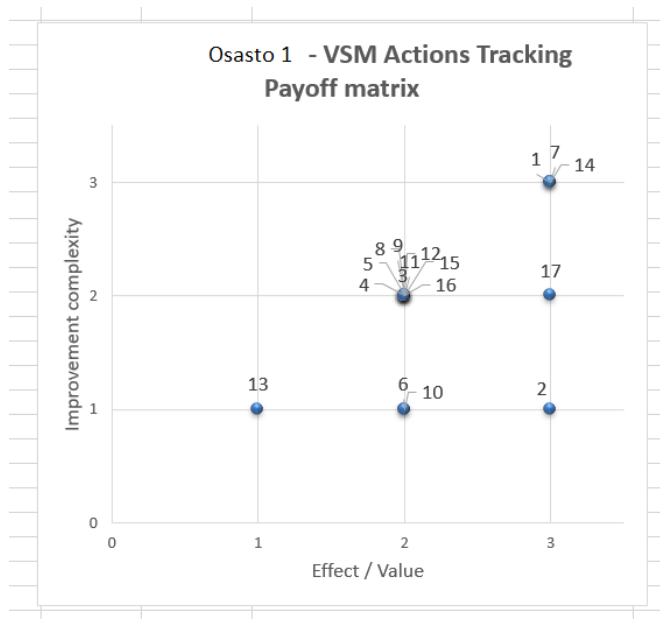
2:ssa on toisen työn kappaleita käytössä ja pakkaus 1:ssa valmistetaan jo uusia kappaleita. Jos huonoja kappaleita löydetään, tämän työtavan avulla vähennetään kappaleita, joita täytyisi tarkastaa tai pakata uudestaan pakkaus 1:n koneen kautta. Muutoksilla vähennetään tuotteiden liikkumista tehtaan sisällä, joka vähentää logistiikan työntekijöiden työtehtäviä ja vapauttaa heidät tekemään muita työtehtäviä. Samalla liikkuviin tuotteisiin vaikuttavia riskitekijöitä vähentyy. Työporukan välinen kommunikointi on helpompaa, koska pakkaus 2 sijaitsee lähempänä muuta tuotantoa. Ryhmävastaava tai kokoonpanoasettajat pääsevät nopeammin paikalle, jos ongelmia ilmenee. Yhdistäminen myös vapauttaa lisää tilaa alakerrasta entisen pakkaus 2:n alueelta, jonka voi esimerkiksi käyttää varastotilaksi. Negatiivista työntekijöille on, että heillä ei ole yhtä paljon työtilaa kuin ennen ja hiljaista työpaikkaa ei enää ole, koska pakkaus 1 kone tuottaa melua sen verran, että joudutaan käyttämään kuulosuojaimia.

Pakkausvaiheiden yhdistäminen poistaa ja vähentää hukkia mitä esiintyy tehdastyöskentelyssä. Tuotannon materiaalivirta on helpompi tasoittaa, jonka kautta yli- tai alituotantoa ei synny niin paljoa. Muutoksen kautta odotteluaika pienenee, ylimääräinen varastointi vähenee, pakkausten välivaiheessa ei enää tarvita omaa varastoa tuotteille ja alakerrassa vapautuu lisää tilaa muuhun käyttöön. Myös tarpeeton liikkuminen pakkaustilojen välillä on poistettu ja kappaleiden tai työntekijöiden virheet huomataan nopeammin.

4.3 Arvovirtakartoitus

Arvovirrankartoitusta varten projektitiimin kanssa ideoitiin asioita, jotka voivat auttaa materiaalin virtauksessa tuotannon läpi. Ideoilla myös saadaan muitakin apuja, kuten hukan vähenemistä ja säästöjen keräystä tehtaalle. Ideat kerättiin omaan Excel-taulukkoon. Parannusideat jaettiin vireillä oleviksi, kesken-eräiseksi tai valmiiksi. Ideoista esitettiin niiden kuvaukset ja ongelmat, ja mitä ratkaisuja tai toimenpiteitä ne vaativat. Aiheille määritettiin päivämäärät, milloin ne olisi saatava valmiiksi, samalla tavalla kuten A3-pohjan toimenpiteille. Päivämääriä pystyi muuttamaan jälkikäteen, jos ongelmia syntyi aiheiden edistämässä. Jokaiselle parannusideallemme määriteltiin, kuinka suuri vaikutus idealla on kokoonpanotuotantoon ja kuinka monimutkaista sitä olisi toteuttaa. Vaikutus- ja

monimutkaisuustasot jakautuvat korkeaksi-, keski- ja alhaistasoiksi. Jotta ideoita voitaisiin esittää tehokkaammin, teimme pistekaavion (kuva 10). Kaavion x-akselilla on vaikutustasot yhdestä kolmeen ja y-akselilla monimutkaisuuden tasot yhdestä kolmeen. Pistekaaviosta nähdään kuinka ideat 1,7 ja 14 ovat vaativimpia ja aiheuttavat suurimman vaikutuksen tuotantoon. Ideat 2 ja 17 pitäisi saada ensimmäisinä valmiiksi, koska ne vaikuttavat eniten tuotantoon ja ne eivät ole monimutkaisia suorittaa. Idealla 13 on pienin vaikutus ja se olisi helpoin toteuttaa. Suurin osa parannusideoista jakautui keskelle pistekaaviota.



Kuva 10. Vaikutus- ja monimutkaisuus -pistekaavio.

Muutamia parannusideoita ei saatu toteutettua opinnäytetyön aikana. Koneella 5 ei saatu korkeaa hukkaprosenttia pidettyä alhaisissa luvuissa ja työn alle jäivät koneiden tehokkuutta parantavat toimenpiteet, jotka vaativat suurempia investointeja. Edellä mainitut aiheet ovat pistekaavion mukaan vaikeimpia toteuttaa. Työvuorot vaihdettiin kolmesta vuorosta kahteen vuoroon ja tämän myötä työntekijöiden jakaminen vuoroihin saatiin toteutettua. Työvuorojen optimointi oli yksi monimutkaisimmista aiheista, jolla oli suurin vaikutus tuotannon työntekoon. Muita toteutuneita parannusideoita olivat; palettien ja osto komponenttien toimitusten varmistaminen, pakkaus 2:n siirtäminen yläkertaan pakkaus 1:n vierele ja tuotantoon lisättiin näyttö, josta nähdään kaikkien tuotannossa käytettyjen materiaalien varastotilanteen. Materiaaleille on laskettu maksimivarastomäärät ja minimivarastomäärät. Näytöstä kaikki työntekijät voivat lukea mitä materiaalia on vähiten tehtynä ja sen kautta voivat päätellä mitä töitä täytyisi

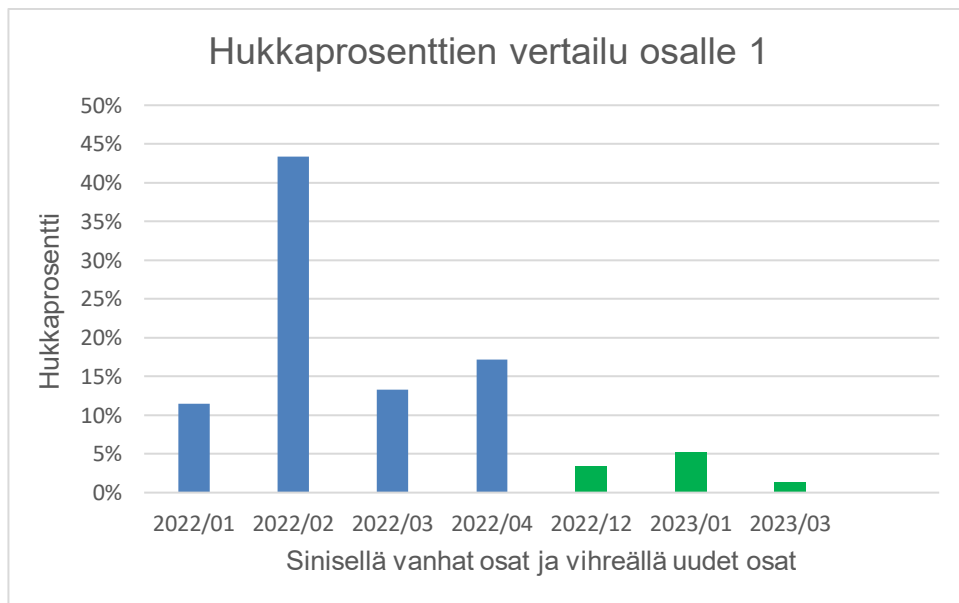
tehdä. Näyttö auttaa visualisoimaan työntekijöille töiden tärkeysjärjestyksen. Parannusideoiden periaatteena on saada kokoonpanotuotannon materiaalivirtaus tasaiseksi, joustavaksi ja tehokkaammaksi, jotta tuotteiden valmistuminen on varmempaa ja ylimääräiset hukat ovat saatu poistettua tuotannosta.

4.4 Osien vertailua

Kokoonpanotuotantoon saatiin uudet versiot insuliinisäiliöiden osille vuoden 2023 alussa. Osat ovat muuten samanlaisia, mutta niissä on pieniä mallimuutoksia. Osat saadaan kokoonpanotuotantoon ruiskuvalun puolelta, jossa on suurimmat muutokset suoritettu osia varten. Ruiskuvalukoneet ovat ennen olleet vain yksipesäisiä ja muutoksien jälkeen koneet ovat muutettu kaksi- tai neljäsäisiksi. Pesiin tehdyt muutokset tarkoittavat, että kokoonpanotuotantoon saadaan paljon enemmän osia valmiiksi kuin mitä on ennen ollut mahdollista tuottaa. Tämän kautta komponenttipulaa ei enää synny ja osien saatavuus ei vaikuta pullonkaulana tuotantoon. Ruiskuvalussa on todettu, että uusien osien laatu on pysynyt tasaisempana kuin mitä se ennen on ollut ja koska laatu on pysynyt hyvänä, voitiin ruiskuvalusta poistaa 100 % tarkastukset osille. Tarkastusten poistaminen lisää säästöjä tehtaalle, joita voidaan käyttää muihin asioihin. Uusien osien mallimuutoksien myötä ultraäänihitsauksessa kappaleiden laatu on parantunut ja koneella 5 neulojen liimaus on luotettavampaa uusiin hitsausriivoihin. Osista on huomattu, että insuliinikanavaan tehty muotomuutos on ollut negatiivinen ja aiheuttanut lisää hukkaa koneella. Tarkoituksena on muuttaa se takaisin vanhan mallin tapaiseksi. Muutosta ei suoritettu opinnäytetyön aikana. Muut pienemmät mallimuutokset eivät ole vaikuttaneet tuotannon toimivuuteen.

Uusien ja vanhojen osien tietoja voidaan verrata toisiinsa Power BI- sovelluksen avulla. Tiedoille määritetään samat vertailuajat ja sovellus tuottaa taulukot annetuille tiedoille. Power BI on Microsoftin kehittämä sovellus, jolla voidaan interaktiivisesti visualisoida esimerkiksi taulukoita ja raportteja. Kun vertailin vanhojen ja uusien osien tuotantomääriä ja hävikkimääriä, uusilla osilla oli pienemmät määrät hävikkiä verrattuna vanhoihin osiin. Poikkeustapauksia ilmeni muutamilla vanhoilla osilla, joita oli valmistettu huomattavasti enemmän verrattuna

muihin kuukausiin. Poikkeustapauksia ei voida hyödyntää vertailussa, koska uusia osia ei ole vielä käytetty niin kauan, jotta tapauksia olisi syntynyt. Merkittävin muutos hävikkimäärissä oli tapahtunut osalle 1. Keräsin Excelliin eri ajoilta osan 1 hukkamääriä ja tein niistä taulukon (kuva 11). Taulukossa on esitettyä sinisellä osan 1 vanha versio ja vihreällä uusi versio. Taulukosta huomataan kuinka vuoden 2022 alussa hukkaprosentit ovat korkeimmillaan olleet yli 40 %. Kun osa oli vaihdettu uuteen versioon, hukkaprosentti tippui merkittävästi, jopa alle 2 %. Tuotantomäärät ovat olleet suunnilleen samat taulukossa esitettyinä kuukausina. Tarkkoja tuotanto- tai hukkamääriä en voi esittää opinnäytetyössä.



Kuva 11. Hukkaprosenttien vertailu osalle 1.

5 Tulokset

5.1 Suuremmat parannukset

Työn aikana saimme suurimman osan suunnitelluista muutoksista ja parannuksista tehtyä kokoonpanotuotantoon. Suurimmat parannuksemme olivat layout-muutokset pakkaustyövaiheisiin, työvuorojen vaihtaminen kolmesta vuorosta kahteen vuoroon, ostokomponenttien tilauksien varmistaminen, kokoonpanot tuotannon materiaalivirran tasapainottaminen ja uuden arvovirtakartan tuottaminen. Vaikka parannuksia seurattiin lyhyeltä ajanjaksolta, voitiin huomata, että niillä oli

positiivisia vaikutuksia kokoonpanotuotantoon. Tuloksia mitä saimme A3-pohjaan ja arvovirtakartoitukseen kerätyillä suuremmilla parannusideoilla olivat monien hukkien väheneminen, kuten odottamisesta ja kuljettamisesta syntyvien hukkien, tuotannon materiaalivirtauksen tasapainottuminen ja työvirheiden väheneminen eri työpisteillä. Tuloksia mitä saimme uusien osien käyttöönotolla, olivat laatuhävikin vähentyminen ja osien saatavuuden varmistuminen. Isoimpien muutoksien tekeminen tuotannossa on vaikeampaa tehdä, mutta niillä on suuremmat vaikutukset tuotannon kehittämiseen ja parantamiseen. Suuremmat aiheet vaativat myös enemmän aikaa, mutta positiiviset tai negatiiviset tulokset huomataan nopeammin.

Opinnäytetyöhön ei saatu lopullisia tuloksia projektista, kuten kuinka paljon enemmän tuotteita saatiin valmistettua muutoksien jälkeen ja esimerkiksi kuinka paljon vähemmän hukkaa syntyi verrattuna viime vuoden tuotantomäärään. Pienemmiltä ajanjaksoilta vertailuja pystyttiin tehdä, mutta koko vuoden tuloksia ei tiedetty vielä opinnäytetyön aikana. Lopulliset tulokset vievät paljon aikaa ja kokoonpanotuotantoon tulee vielä monia muutoksia vuoden aikana. Todelliset tulokset saadaan selville vasta kun projekti on viimeistelty.

5.2 Pienemmät parannukset

Teimme kokoonpanotuotantoon monia pienempiä parannuksia ja muutoksia. Näitä keräsimme kalanruotokaavioon, joka on liitettynä A3-pohjaan. Kokoonpanoasettajille annettiin lisää oikeuksia SAP-järjestelmään, jotta he voivat auttaa ryhmävastaavaa. Huoltopuolen henkilöstö neuvoi asettajille pienempiä töitä mitä he voivat tehdä, jos huollosta ei ole ketään paikalla. Liimatuubien oikeita käyttötapoja opetettiin uudestaan, jotta ylimääräistä hukkaa ei syntyisi. Tuotannon koneille suoritettiin monia huoltoja ja niitä jatketaan säännöllisesti loppuvuoden aikana. Kokoonpanolinjalla lisättiin linja 6.5 koneelle Excel-taulukko, jolla seurataan huonojen kappaleiden määriä ja arvioidaan sen kautta, jos toimenpiteitä täytyy koneelle tehdä. Kokoonpanolinjalla vaihdettiin linjan 5 koneelle jalkapoljin napiksi, jonka avulla työnteke nopeutui ja työpisteellä ei ole niin raskasta työskennellä. Napin vaihdon kautta täytyi tahtiaika päivittää arvovirtakarttaan linja 5 koneen kohdalle.

Muita pienempiä muutoksia mitä teimme kokoonpanotuotantoon, olivat tuotantoon lisätty näyttö, jonka avulla seurataan materiaalivarastojen tilanteita, työohjeiden päivittämistä ajan tasalle ja töiden määrittelyiden tarkastuksien yhdistämistä, päivittämistä tai poistamista SAP-järjestelmästä. Pienemmillä muutoksilla ja parannuksilla on pienempiä vaikutuksia kokoonpanotuotantoon, mutta kaikista on lopulta apua tuotannon kehittämisessä. Pienempien parannusideoiden tuloksia olivat tuotannon hukkien väheneminen, työpisteillä työskentelyolojen parantuminen ja työntekijöiden oma-aloitteisuuksien ja taitojen lisääntyminen.

5.3 Ilmenneitä ongelmia

Kokoonpanotuotantoon muutoksia tehdessä ilmeni myös ongelmia ja negatiivisia tuloksia. Uuden pakkaamisen alkuvaiheissa ilmeni yhteysongelmia tietokoneissa ja tulostimissa, jonka seurauksena tarroja ei saatu tulostettua valmiisiin laatikoihin ja työnteko hidastui. Tietokoneiden kaikki toiminnot olisi täytynyt testata ennen pakkaustöiden aloittamista, jotta ongelmilta olisi välttytty. Työskennellessä tavarasulussa huomattiin, että ilmanvirtausta pitäisi kehittää paremmaksi, koska työntekijöillä tuli useasti kuuma ja ilma ei kiertänyt tarpeeksi tavarasulussa. Työskentelyn mukavuutta yritettiin parantaa tilaamalla uudet pakkausvaatteet, jotka hengittävät paremmin ja tehostamalla ilmanvirtausta. Tavarasulussa myös esiintyy melua, mutta melulta suojauduttiin kuulosuojaimilla.

Pakkauskoneen virheiden korjaaminen on hitaampaa kuin ennen koska käytetään pienempää tahtinopeutta. Jos työn aikana pakkauskoneelle tulee enemmän ongelmia, vaihdetaan tahtiaika koneella nopeammaksi korjausten ajaksi ja tämän jälkeen vaihdetaan takaisin hitaammaksi. Tästä täytyy tehdä merkkaus SAP-järjestelmään. Korjaukset pyrittiin kerralla saada oikein, jotta korjauksiin ei kuluisi paljoa aikaa. Tuotannon toisella puolella, kun seurasimme koneen 5 hylkyprosenttia, huomasimme, että korjaukset eivät säily koneella. Koneelle täytyy suorittaa isompia muutoksia tai korjauksia, jotta saisimme hylkyprosentin pidettyä alhaisissa luvuissa koko ajan. Korjaukset vaativat pidemmän ajan, jota ei ole käytettävissä opinnäytetyöhön. Muutoksia kehitetään jatkuvasti, jotta suunniteltuihin tuloksiin päästäisiin projektissa.

6 Pohdinta

6.1 Menetelmän ja toteutuksen arviointi

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää kokoonpanotuotantoa Phillips Medisizen tehtaalla. Projektin avulla haluttiin päästä parempiin tuotantotuloksiin ja kehittää tuotantoa varmemmaksi ja tehokkaammaksi kuin mitä se on ennen ollut. Jotta tämä saavutettaisiin, käytimme apuna Lean Six Sigma -työtapoja ja työkaluja tuotannon kehittämiseen. Lean Six Sigma on yleisessä käytössä maailmalla ja se on todennettu tehokkaaksi työvälineeksi tuotannon kehittämisessä. Samalla tavalla Lean Six Sigma auttoi meidän projektissamme ongelmien ja tehtävien ratkaisemiseen. A3-menetelmän ja arvovirtakartoituksen kautta saimme parannusideoita, joita jatkoimme eteenpäin DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmän avulla. Ongelmanratkaisumenetelmän työvaiheiden kautta pääsimme ratkaisuihin, jotka auttavat kehittämään kokoonpanotuotantoa.

Projektissa päästiin väliaikaisiin tavoitteisiin, mutta huomasin, että minulla ei ole tarpeeksi aikaa opinnäytetyötä varten raportoida kaikista suunnitelluista parannuksista ja muutoksista kokoonpanotuotantoon. Monet aiheet jäivät kesken, kuten kokoonpanolinjan layout-muutokset, osa pienemmistä muutoksista tuotantoon ja lopulliset tulokset projektista. Luonnollisesti projektin isoimmat aiheet vaativat pidemmän ajan toteutuakseen. Projektin lopullisten tuloksien perusteella arvioidaan, voidaanko tehtaan muissa osastoissa aloittaa samanlaisia projekteja. Osasto 1:n kehittämisprojekti pyritään saada valmiiksi vuoden 2023 aikana.

6.2 Projektin luotettavuus ja eettisyys

Projektiä tehtiin luotettavassa yrityksessä ja toteutettiin eettisiä sääntöjä noudattaen. Projektissa oli mukana kokeneita työnjohtajia ja työntekijöitä tehtaalta. Kaikille jaettiin omat tehtävät heidän osaamisensa perusteella ja tarpeen vaatiessa autettiin toisiamme, jotta projektista saataisiin parhaimmat mahdolliset tulokset. Projektiä tehtiin hyvässä hengessä ja positiivisessa ilmapiirissä.

Opinnäytetyön tietoperustan luotettavuus varmistetaan luotettavilla lähteillä ja työtoimenpiteillä. Työssä käytetyt lähteet ovat tunnettujen yhtiöiden tai kaupungin omistamia nettisivustoja, joista löytyy varmaa tietoa opinnäytetyössä käytetyistä tiedoista. Esimerkiksi Quality Knowhow Karjalainen Oy tarjoaa heidän nettisivuillaan tietoa Lean Six Sigmasta ja eri työvälineistä, joita hyödynnetään tuotannon kehittämisessä. Opinnäytetyössä hyödynsin myös heidän tekemäänsä kirjaa nimeltään Lean Six Sigma 2.0 ja laatuteknologia. Kirjan avulla osaamiseni Lean Six Sigmasta kehittyi ja sain luotettavampaa tekstiä kirjoitettua opinnäytetyötä varten.

6.3 Oma ammatillinen kasvu

Opinnäytetyön edetessä oma osaamiseni kasvoi tuotannon kehityksen ja tietoperustan osalta. En ole ennen osallistunut samanlaisiin projekteihin, joten kokoonpanotuotannon kehitysprojekti oli hyvin opettava kokemus. Opinnäytetyötä varten täytyi kerätä aineistoa kirjallisuudesta ja nettisivuilta, joita hyödynnettiin käytännössä projektin aikana. Ymmärrykseni kasvoi Lean Six Sigmasta ja sen monista työvälineistä, kuten DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmästä ja arvovirtakartasta. Tulevaisuudessa, jos minulle tulee tehtäväksi hyödyntää näitä työvälineitä, minulta löytyy osaamista ja tietoa tämän projektin kautta. Opinnäytetyö ja osasto 1:n projekti antavat hyvän pohjan tulevaisuuden työtehtäviä varten.

Jotta projekti olisi edennyt tehokkaammin olisi hyvä ollut pitää viikoittaisia palaverieita enemmän tai pidentää niiden pituutta. Monesti tunnin kestävät yksittäiset palaverit viikossa olivat liian lyhyitä asioiden keskustelua varten. Palaverieissa käytiin monia aiheita läpi, joten monesti aiheiden keskustelut jäivät kesken aikataulun takia. Projektin jatkuessa vuoden aikana olisi hyvä tarkistaa täytyisikö palaverieita lisätä tai pidentää niiden kestoja huomioiden, että se käy jokaisella palaveriin osallistujalle. Suurimmaksi osin parannusideoiden ja muutoksien toteutukset onnistuivat hyvin, mutta muutamia asioita olisi voinut käydä läpi tarkemmin. Pakkaustyöpisteiden layout-muutoksissa olisi ollut hyvä ennakoida enemmän ongelmien lähteitä, joita tuli esiin muutoksien yhteydessä. Esimerkiksi ilmanvaihdon tehon lisäystä tavarasulkuun ja tietokoneiden toimivuuden tarkastamista, jotta työntekijöillä olisi ollut paremmat työolot.

6.4 Jatkotutkimus- ja kehittämisideat

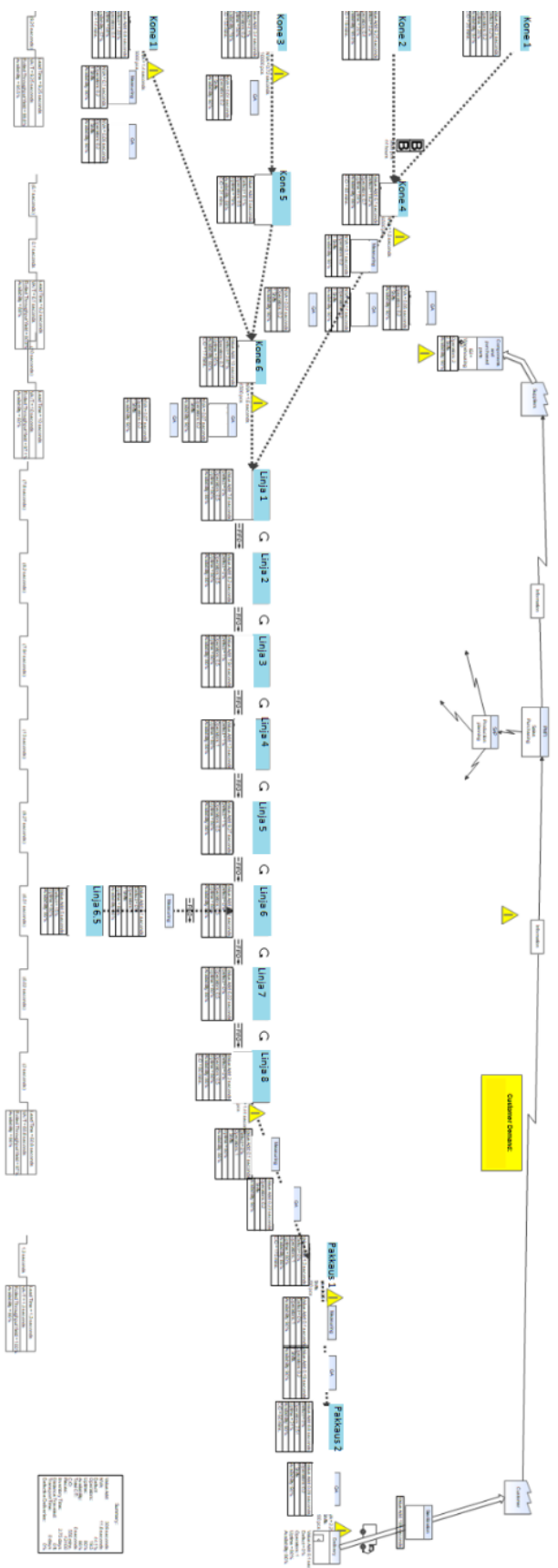
Kokoonpanotuotannon kehitysprojekti jatkuu vuoden 2023 aikana ja palavereita jatketaan viikoittain. Palavereiden pituuksia ja kertoja täytyy seurata eli onko niitä tarvetta vai jatketaanko samalla tavalla kuin ennenkin. Opinnäytetyön aikana monet parannusideat ja muutokset jäivät kesken tai niitä ei vielä aloitettu. Ideoita, joita jatketaan tuotannossa ovat; kokoonpanolinjan layout-muutokset, hylkyprosenttien raja-arvioiden laatiminen kaikille tuotannon koneille, uuden pakkauskoneen harkitseminen, arvovirtakartan päivittäminen ja muiden pienempien muutoksien suorittaminen osastolle. Kokoonpanolinjaa pitäisi muuttaa niin, että sitä voidaan tehdä kolmella tai neljällä henkilöllä tehokkaimmin. Tuotannon koneille laadittavat raja-arvot hylkyprosentteille auttaisivat henkilöstöä päättämään, milloin koneet laitetaan kiinni korjauksia varten. Uuden pakkauskoneen avulla saisimme monet pakkauspuolen ongelmat ratkaistua, mutta se vaatii suuremman rahoituksen ja aikavälin hankintaa varten. Arvovirtakarttaa päivitetään projektin aikana esimerkiksi päivittämällä tahtiajat uuden pakkauspuolen osalta.

Phillips Medisizen tehtailla kehitysprojektit jatkuvat ja lisääntyvät osasto 1:n kautta muille osastoille. Uskon, että lopullisissa tuloksissa näkyy positiivisia vaikutuksia projektissa suoritetuista parannuksista ja muutoksista. Esimerkiksi parannuksien myötä hukka- ja virhekappaleet vähentyvät tuotannosta. Positiivisten vaikutuksien myötä tehdas tuottaa voittoa, asiakkaiden tilaukset saadaan toimitettua varmemmin ja tuotteiden laatu pysyy hyvänä. Tämän opinnäytetyön kautta suosittelen, että samanlaisia tuotannon tehostamisen projekteja pidettäisiin vastaavissa työpaikoissa.

Lähteet

- Helsingin kaupunki. 2023. A3-kehityssuunnitelma jäsentää ongelmaa.
<https://kehmet.hel.fi/menetelmalaari/a3-kehityssuunnitelma/>
 10.02.2023.
- Helsingin kaupunki. 2023. Kalanruotokaavio (Ishikawa-diagram).
<https://kehmet.hel.fi/menetelmalaari/kalanruoto/> 10.02.2023.
- Helsingin kaupunki. 2023. Juurisyyn etsintä (5 x miksi).
<https://kehmet.hel.fi/menetelmalaari/juurisyys/> 18.02.2023.
- Karjalainen, E. & Karjalainen, T. 2020. Lean Six Sigma 2.0 ja Laatu teknologia.
 Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy.
- Karjalainen, T. 2023. Yhdistä ideointityökaluilla luovan ajattelun eri ulottuvuudet.
 Quality Knowhow Karjalainen Oy. <https://qkk.fi/luova-ajattelu/>
 18.02.2023.
- Karjalainen, E. 2023. Juurisyysanalyysi vai pinnallinen syysanalyysi?
 Quality Knowhow Karjalainen Oy. <https://qkk.fi/juurisyysanalyysi/>
 18.02.2023.
- Lean Construction Institute. 2023. 8 Wastes of Lean.
<https://leanconstruction.org/lean-topics/8-wastes-of-lean/>
 04.03.2023.
- Logistiikan Maailma. 2023. Tuotannon Layout.
<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/> 30.01.2023.
- Phillips Medisize. 2023. Etusivu.
<https://www.phillipsmedisize.fi/> 11.01.2023.
- Quality Knowhow Karjalainen Oy. 2023. Yleistä Lean Six Sigmasta.
<https://sixsigma.fi/leansixsigmasta/> 17.01.2023.
- Rother, M. & Shook, J. 2018. Learning to See: Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda.
 Boston, MA: Lean Enterprise Institute.

Vanha VSM-arvovirtakartta



[illegible]