



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Juho Järvi

Tuotannon prosessikuvaus

Konetekniikka
2024

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Juho Järvi
Opinnäytetyön nimi	Tuotannon prosessikuvaus
Vuosi	2024
Kieli	suomi
Sivumäärä	34
Ohjaaja	Osku Hirvonen

Insinöörityön aiheena on laatia prosessikuvaukset ja laitelistaukset kaikista teollisuusyrityksen tuotantolinjoista. Opinnäytetyössä myös tutkitaan mahdollisia tuotannon pullonkauloja ja niiden vaikutusta tehokkuuteen. Opinnäytetyön lopussa pohditaan mahdollisia kehitysideoita tulevaisuuden prosessikuvausten päivittämiseksi.

Perehdyin tuotannon prosesseihin sekä haastatteleamalla tuotannon työntekijöitä ja toimihenkilöitä. Tutustuin myös valmiina löytyviin tietoihin yrityksen tietokannasta. Tuotantotalouden ja prosessien perusteorioihin tutustuin kirjallisuuden avulla.

Työn taustalla oli yrityksen ajankohtainen tarve päivittää prosessinkuvaus, mahdollisten muutosten myötä tehtaalla. Laitelistaus on tukemassa yrityksen siirtymistä digitaalisempaan muotoon. Ajankohtainen prosessinkuvaus on myös tärkeää tehtaan tuottavuuden kannalta.

ABSTRACT

Author	Juho Järvi
Title	Description of the Production Process
Year	2024
Language	Finnish
Pages	34
Name of Supervisor	Osku Hirvonen

The subject of the engineering thesis is to make extensive process descriptions for an industrial company, as well as equipment lists for all production lines. The thesis also investigates possible production bottlenecks and their impact on efficiency. The thesis also considers possible development ideas for future process descriptions.

The study was carried out by looking into the process of importing, interviewing production workers and staff and by consulting the information available in the company's databases. The basic theories of production and processes were studied with the help of literature.

The study was carried out because the company is in the process of updating the process description, with possible changes in the factory, and the equipment inventory is supporting the company's transition to a more digital format. An up-to-date process description is also important for the productivity of the factory.

Keywords: Production, process description, continuous improvement, productivity, digitalisation

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
2	DIGITAALINEN KAKSONEN.....	8
3	LEAN-MENETELMÄ	9
3.1	Lean 5S -menetelmä	9
3.2	Just-In-Time-valmistusmenetelmä (JIT).....	11
3.3	Jatkuva parantaminen (Kaizen).....	11
3.4	Ennakoiva ja ehkäisevä lähestymistapa (Total Productive Maintenance)	
	11	
3.5	Arvovirtakuvaukset (Value Stream Mapping).....	12
4	PROSESSIKUVAAMINEN.....	13
5	TOTEUTUS.....	15
6	PROSESSIKUVAUKSET	16
7	MANUAALINEN TUOTANTOLINJA	19
8	PUOLIKSI AUTOMATISOITU TUOTANTOLINJA.....	22
9	AUTOMATISOITU TUOTANTOLINJA.....	25
10	PULLONKAULAT	28
10.1	Manuaalinen tuotantolinja	28
10.2	Puoliksi automatisoitu tuotantolinja	29
10.3	Automatisoitu tuotantolinja	30
11	JATKOKEHITYSIDEOITA	31
12	TULOKSET JA YHTEENVETO	32
	LÄHTEET	33

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. 5S (5S today, 2024)	10
Kuva 2. Process Flows (Integrify, 2024)	14
Kuva 3. Layout-kuva manuaalisesta tuotantolinjasta.....	17
Kuva 4. Havainnollistava kuva manuaalisen tuotantolinjan prosessikuvauksesta.	19
Kuva 5. Havainnollistava kuva Operations-listauksesta.	20
Kuva 6. Havainnollistava kuva laitelistauksesta.....	21
Kuva 7. Havainnollistava kuva puoliksi automatisoidun tuotantolinjan prosessikuvauksesta.....	23
Kuva 8. Layout-kuva puoliksi automatisoidusta tuotantolinjasta.	23
Kuva 9. Havainnollistava kuva automatisoidun tuotantolinjan prosessikuvauksesta.....	26
Kuva 10. Layout-kuva automatisoidusta tuotantolinjasta.....	26

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on tehdä kohdeyritykselle tuotannon prosessinkuvaus kaikista tuotantolinjoista ja keskeisimpien laitteiden kartoitus kyseisiltä linjoilta. Laiteluettelot on rajattu robotteihin, testereihin sekä muihin keskeisimpiin laitteisiin tuotantolinjoilla. Opinnäytetyön oli myös tarkoitus pitää sisällään digitaalisen kaksoisen tekemisen yhdestä tuotantolinjasta, mutta työn laajuuden vuoksi se päätettiin jättää kuitenkin pois.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin tehtaalla työskentelevien ihmisten haastattelua, kirjallisuuteen tutustumista, ennestään löytyviä tietoja yrityksen tietokannasta sekä omia havaintointoja. Haastattelut tarjosivat opinnäytetyöhön käytännönlaheista tietoa tuotannon eri prosesseista ja kirjallisuus sekä erilaiset tietokannat mahdollistivat laajemman teoreettisen vertailupohjan ja ymmärryksen.

Opinnäytetyössä tutkitaan myös tuotantolinjoilta löytyviä pullonkauloja sekä sitä, miten niihin voitaisiin reagoida ja miten niitä voitaisiin kehittää. Pullonkaulat ovat kohtia, joista syntyy hukkaa ja ne hidastavat prosessien tehokkuutta. Näiden pullonkaulojen analysointi ja tunnistaminen on tärkeä osa tuotantokapasiteetin parantamisessa. Opinnäytetyössä pyritään tunnistamaan ongelmakohtien taustalla olevat syyt ja tarjota konkreettisia toimenpiteitä niiden parantamiseksi.

Opinnäytetyön tulokset tullaan esittämään selkeästi ja kattavasti, mikä tarjoaa uusia näkemyksiä prosessien parantamiseen ja jatkuvaan kehittämiseen. Työstä saatujen tulosten perusteella esitetään jatkokehitysideoita, jotka voivat auttaa kyseistä yritystä optimoimaan toimintaansa entisestään. Työn yhteenveto tiivistää työn tärkeimmät löydökset ja johtopäätökset.

Opinnäytetyön tavoitteena on ymmärtää ja luoda selkeät, mutta yksityiskohtaiset prosessikuvaukset tuotannon eri vaiheista sekä saada taulukoitua kaikki keskeisimmät laitteet tuotantolinjalta. Työn kautta päästään tunnistamaan ja reagoi-

maan mahdollisiin prosessin epäkohtiin, jotka voivat vaikuttavat tehtaan tehokkuuteen. Päivitettyjen prosessikuvausten on myös tarkoitus toimia tehtaalla tukena mahdollisissa muutoksissa tehtaan sisällä sekä tukea mm. siirtymistä digitaaliin huoltojärjestelmään laitelistausten avulla.

Onnistuneella prosessin kuvauksella voidaan optimoida resurssien käyttöä ja luoda vankka perusta jatkuvalla parantamiselle työympäristössä. Toimivaa prosessikuvausta voidaan myös käyttää koulutus- ja perehdytysmateriaalina eri sidosryhmille, kuten uusille työntekijöille. Tavoitteenani on varmistaa, että uudet prosessikuvaukset eivät ainoastaan dokumentoi nykyisiä käytäntöjä, vaan myös tarjoavat pohjan jatkuvalla parantamiselle ja tehokkuuden lisäämiselle tuotantolinjoilla.

Työ tehdään, koska tehtaalla on ajankohtaista päivittää prosessikuvaus mahdollisten muutostöiden kannalta. Lisäksi vanhat kuvaukset eivät ole niin kattavia, eivätkä ne ole enää täysin ajan tasalla. Prosessikuvauksiin tulee myös taulukointi tuotantolinjojen keskeisimpien laitteiden osalta, sitä on tarkoitus hyödyntää siirtäessä sähköiseen huoltojärjestelmään.

Yrityksellä on myös kunnianhimoinen tavoite luoda lähitulevaisuudessa digitaalinen kaksonen koko tehtaasta tai vähintään kaikista kriittisimmistä tuotantolinjoista. Digitaalisen kaksosen luonnissa on erityisen tärkeää, että mallinnettavan tuotantolinjan prosessit ymmärretään tarkasti ja niistä on tehty kattavat kuvaukset.

Toisena tavoitteena yrityksellä on myös tuotantolinjojen reaaliaikainen seuranta. Yrityksellä on tavoitteena luoda digitaaliset reaaliaikaiset mittarit (KPI) jokaiselle tuotantolinjalle. Yrityksen eri tuotantolinjoissa on paljon eroja prosesseissa ja automaatioasteissa, joten yhtenäisen mittariston rakentaminen on haastavaa. Kattavat prosessikuvaukset kaikista tiimeistä vaaditaan, kun KPI-mittaristoa suunnitellaan.

2 DIGITAALINEN KAKSONEN

Digitaalinen kaksonen on virtuaalisesti tehty mallinnus kohteesta tai järjestelmästä, jonka tarkoitus on kuvata tarkasti sen prosessia. Sen avulla voidaan analysoida erilaisia simulointeja, tehdä mahdollisia parannuksia ja luoda ennustuksia. Yleensä siis luodaan digitaalinen 3D-mallennus kohteesta, jota voidaan ohjata ja rikastaa reaali maailmasta kerätyillä tiedoilla. Digitaalisissa kaksosissa käytetty tieto saadaan yleensä erilaisten antureiden tai laitepohjaisten keruutyökalujen avulla. Tietoa voidaan hyödyntää koneoppimisen ja tekoälyn valmistavassa ennustavassa analytiikassa. (Processgenius, 2024)

Simuloinnin ja digitaalisen kaksosen isoin ero on mittakaavat. Simuloinnilla tutkitaan yleensä vain yhtä kohdetta, mutta digitaalisella kaksosella voidaan luoda virtuaaliympäristö, jossa voidaan suorittaa useita hyödyllisiä simulointeja samaan aikaan, mikä auttaa prosessin tutkimisessa ja parantamisessa. Digitaaliset kaksoset tarjoavat merkittäviä etuja, kuten paremman tuotekehityksen, suuremman tehokkuuden ja tuotteen elinkaarenhallinnan, mikä johtaa kustannussäästöihin ja kestävämpään toimintaan. (IBM, 2024)

Erilaisia digitaalisia kaksosia on käytössä eri tarpeisiin nähden ja niitä ovat esimerkiksi Komponentti- tai osakaksonen, ominaisuuskaksonen, järjestelmä- tai yksikökkaksonen ja prosessikaksonen. Näitä voidaan hyödyntää samanaikaisesti järjestelmässä tai prosessissa. (IBM, 2024)

3 LEAN-MENETELMÄ

Yritys, jolle suoritan opinnäytetyöni hyödyntää, tuotantoprosesseissaan paljon erilaisia Lean-menetelmiä. Aluksi tarkastellaan Lean-filosofian perusperiaatteita ja miten se ilmenee tuotannon eri vaiheissa kyseisessä yrityksessä. Tarkastelen myös viittä keskeistä Lean-työkalua ja niiden soveltamista kyseisen yrityksen toiminnassa.

Lean-menetelmä on asiakaslähtöistä prosessijohtamista. Leanin perustana on virtauksen maksimointi ja hukan minimointi. Leanin perimmäinen tarkoitus on läpimenoajan lyhentäminen, mikä johtaa taloudellisiin parannuksiin. Lean-menetelmä sai alkunsa vuonna 1945 Toyota Motor Corporationin tehtaalla, kun sen päätuotantoinisinööri sai tehtäväkseen nostattaa yrityksen tuottavuutta. Lean eroaa muista johtamistavoista mm. painottamalla jatkuvaa parantamista, korostamalla asiakkaiden arvoa sekä näkemällä työntekijät yrityksen oleellisimpana osana. Lisäksi siihen kuuluvat joustavuus ja sopeutumiskyky. (SixSigma, 2024)

On paljon erilaisia työkaluja, joilla pyritään vähentämään ja tunnistamaan prosessien hukkaa. Seuraavaksi tarkastellaan viittä työkalua, joita näkee useasti valmistusympäristössä. Yrityksen tarpeista ja tilanteista johtuen nämä voivat vaihdella. (SixSigma, 2024)

3.1 Lean 5S -menetelmä

Lean 5S on siisteyden ja järjestyksen ylläpitomenetelmä, jota seurataan viiden kohdan avulla. Se on otettu käyttöön kaikkien tuotantolinjojen työpisteissä järjestyksen ja siisteyden ylläpitämiseksi. Se vähentää hukkaa ja parantaa tehokkuutta sekä työympäristön turvallisuutta. Kuva 1 visualisoi menetelmän viittä vaihetta.

1. Sortteeraus: tavarat lajitellaan kolmeen luokkaan, tarpeellinen, hyvä olla olemassa ja tarpeeton. Kaikki ”tarpeettomat” poistetaan, ”hyvä olla olemassa” laitetaan sivuun ja vain ”tarpeelliset” jätetään työpisteelle.

2. Systematisointi: Systematisoinnilla tarkoitetaan tavaroiden, työpisteiden ja niiden paikkojen standardointia. Sen avulla pyritään parantamaan materiaalien säilytysongelmia.
3. Siivous: Siivous alkaa työntekijöiden henkilökohtaisesta työskentelypisteestä, minkä jälkeen siivotaan yhteiset alueet. Siivouksen tarkoituksena on saada tilat siisteiksi ja tavarat järjestykseen, jolloin työntekijät saavat konkreettisen käsityksen siitä, millainen tilan kuuluisi olla optimaalisen työskentelyn kannalta.
4. Standardisointi: Standardisoinnilla tarkoitetaan työtapojen ja -menetelmien yhdenmukaisuutta. Standardisoinnilla tarkoitetaan tässä yhteydessä myös sitä, miten usein työtilat siivotaan ja laitteistoa tarkastetaan/huolletaan. Siinä seurataan rutiinilistaa, josta nähdään, milloin toimenpiteet suoritetaan.
5. Seuranta: Seurannalla tarkoitetaan jatkuvaa seuraamista ja säännöllisiä auditointeja, joilla säilytetään saavutettu taso. (Tehos, 2024)



Kuva 1. 5S (5S today, 2024)

3.2 Just-In-Time-valmistusmenetelmä (JIT)

Just-In-Time valmistusmenetelmässä tarkastellaan tuotantoprosessin eri vaiheita. Tavoitteena on kustannusten alentaminen ja viiveaikojen poistaminen. Just-In-Time menetelmässä valmistetaan, kuljetetaan ja siirretään materiaaleja vain sen mukaan, mitä tarvitaan todellisen asiakaskysynnän perusteella.

Just-In-Timella pyritään nollavarastoon, nopeaan läpimenoaikaan, virheettömyyteen, virtaavaan ja joustavaan tuotantoon sekä hukan poistamiseen. Tämä, kuten kaikki muutkin Lean menetelmät, kantavat hedelmää vasta myöhemmin ja eivätkä ne sovellu lyhyen aikavälin muutokseen. (RFgen, 17.2.2023; Logistiikan maailma, 2024)

3.3 Jatkuva parantaminen (Kaizen)

Jatkuva parantamisen periaate on integroitu kyseisen yrityksen kulttuuriin. Työntekijöitä myös kannustetaan tekemään ja tuomaan ilmi pieniä parannuksia päivittäisissä työtehtävissään. Kaizenin toimintatapa on syventyä pieniin muutoksiin työprosessissa, tuotteissa ja palveluissa. Perusajatuksena on, että merkittäviä parannuksia voidaan saavuttaa ajan myötä tekemällä jatkuvasti pieniä muutoksia.

Kaizenilla painotetaan kaikkien henkilöiden aktiivista osallistumista ja sitoutumista jatkuvaan parantamiseen, mikä myös korostaa tiimityöskentelyä ja läpinäkyvää kommunikointia. Kaizenia käytetään mm. tehokkuuden ja laadun parantamiseen, työpaikka- ja asiakastyytyväisyyteen sekä joustavuuteen ja riskien vähentämiseen. (Flovio, 2024)

3.4 Ennakoiva ja ehkäisevä lähestymistapa (Total Productive Maintenance)

Total Productive Maintenance on ennakoiva ja ennaltaehkäisevä lähestymistapa laitteiden kunnossapitoon. Tavoitteena on, että tuotannossa ei tulisi pysähtymisiä

laitteiden pienten vikojen tai rikkoutumisten takia sekä arvostetaan turvallista työympäristöä. Tällä lailla voidaan maksimoida laitteiden tehokkuus, sekä pidentää niiden elinikää. (Leanproduction, 2024)

Ennakoivan ja ennaltaehkäisevän lähestymistavan keskeinen osa on kouluttaa työntekijät huolehtimaan itse laitteidensa kunnossapidosta, joiden kanssa he työskentelevät. Tähän kuuluu myös sellaisten laitteiden suunnittelu ja asentaminen, jotka vaativat vain vähän, tai ei ollenkaan kunnossapitoa. Laitteiden tehokas korjaaminen rikkoutumisen jälkeen on myös avainasemassa tässä lähestymistavassa. (EPA, 2023)

3.5 Arvovirtakuvaukset (Value Stream Mapping)

Arvovirtakuvauksessa kuvataan kaikki prosessin vaiheet, yhteydet, tapahtumien laajuudet, varastojen saldot ja prosessien ajanjaksot yhdelle kaavakkeelle. Keskeisin asia prosessien kehittämisessä on virtaviivaistaminen ja halu ajatella asioita toisella tavalla, kyseenalaistaen. Arvovirtauksien avulla tunnistetaan ja priorisoidaan prosessien virtauksien esteitä. (SixSigma, 2013)

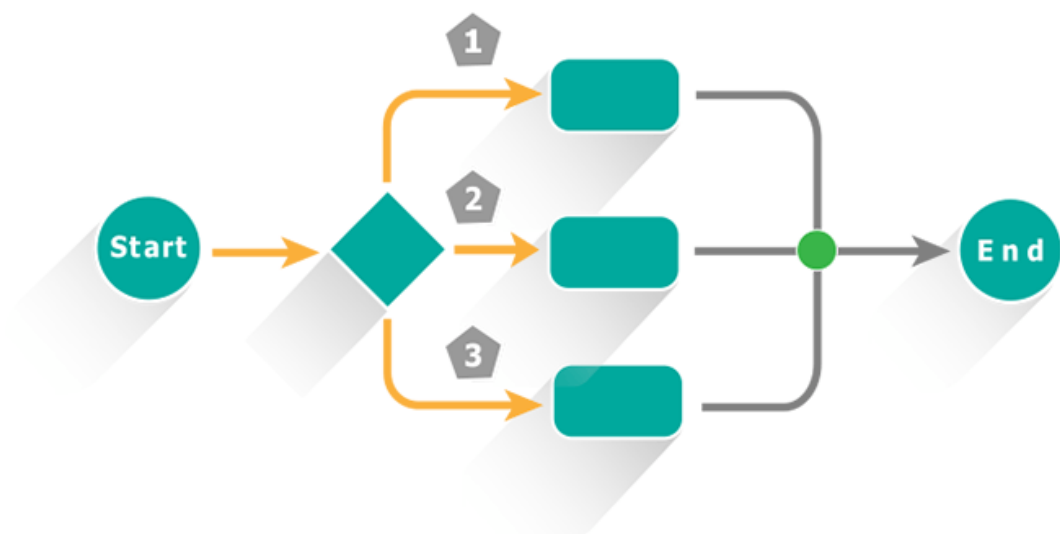
Oikeiden ongelmien tunnistaminen ja niiden ratkaiseminen ovat avainasemassa tehokkuuden lisäämisessä. Arvovirtaus (läpimenoaika) kuvaa kokonaisaikaa, joka kuluu, kun asiakas tekee tilauksensa ja saa tuotteen käyttöönsä. Arvovirtauksen kuluvaa aikaa pyritään siis pienentämään mahdollisimman paljon. (QKK, 2013)

4 PROSESSIKUVAAMINEN

Prosessikuvaus on sarja tapahtumia, joka luo perustan toimintojen toteuttamiselle yrityksissä. Prosessin kulku ja kaikki sen olennaiset vaiheet merkitään käyttäen periaatetta ”kuka tekee mitä, milloin ja millä?” ja ”mitä informaatiota sen suorittamiseen tarvitaan?”. Prosessikuvauksia kuvataan usein graafisesti ja visuaalisesti, mikä tekee niistä selvempiä lukea. Prosessikuvauksessa käytettäviä yläkäsitteitä voidaan erotella seuraavasti:

- Ohjausnäkökulma eli työntekijöiden kuului pystyä tietämään mitä tehdään, milloin ja miksi. Tämä auttaa tunnistamaan virheitä ja epäjohtonmuokaisuuksia.
- Organisatorinen näkökulma eli toiminnallisuus ja tehtävät määritetään osastoille tai yksittäisille henkilöille.
- Tiedonhallinnan näkökulma: Katsotaan, mitä tietoa tarvitaan, että voidaan suorittaa toimintavaiheet oikeaoppisesti ja tehokkaasti.
- Seurantanäkökulma: Tutkitaan, onko prosessi saavuttanut tavoitteen, ajan ja kustannusten suhteessa.
- Turvallisuusnäkökulma: Tarkastellaan kysymyksiä kuten ”onko kaikkia ohjeita seurattu”, ”onko prosessin sisäiset roolit selvillä, kuka tekee mitäkin ja onko siihen luvat kunnossa”. (Operations1, 2024)

Kuvassa 2 on esitetty yksinkertainen prosessikaavio malli, mikä näyttää prosessin alkamisen ja sen mahdolliset kulkureitit. Prosessi voi tässä kuvassa edetä kolmea eri tapaa saavuttaakseen loppupisteen. Kolme reittiä kuvastaa tässä erilaisia tapoja, millä prosessi kehittyy riippuen esimerkiksi päätöksenteosta ja muista muuttujista.



Kuva 2. Process Flows (Integrify, 2024)

Prosessikuvaus auttaa prosessinkehittämistä. Prosessin vaiheita kuvaamalla prosessista on mahdollista löytää kehitys sekä riskeihin johtavia kohteita. Prosessin pitäisi aina olla yksityiskohtaista ja läpinäkyvää. Tällä tavoin sen jatkuva kehittäminen ja tiedon säilyttäminen on mahdollista. Prosessikuvaukset ovat ehdottoman tärkeitä, kun prosessit ovat pitkiä, monimutkaisia tai laillisesti vaadittuja.

Prosessikuvauksen hyötyjä voi tarkastella kolmesta eri näkökulmasta: valmistuksen, työntekijöiden ja yrityksen. Valmistuksen kannalta isoimmat hyödyt ovat yhdenmukaisuus, prosessien optimointi ja standardointi, korkean laatutason ylläpito ja tehottomuuden vähentäminen. Työntekijöiden kannalta suurimmat edut saadaan uusien työntekijöiden yhtenäisellä ja yksinkertaistetulla perehdyttämisellä, mikä ei synnytä riippuvuutta prosessin tunteviin henkilöihin sekä työprosessin yksinkertaistamisella ja tyytyväisyyden lisäämisellä. Yrityksen kannalta suurimmat hyödyt ovat nopeat reagoinnit puutteisiin, tulevaisuuteen suuntautunut tuotanto ja kyky reagoida työntekijöiden vaihtumiseen, ammattitaitopulaan sekä ulkopuolisia häiriöitä vastaan. (TeamLaamanen, 2020)

5 TOTEUTUS

Opinnäytetyö lähti liikkeelle siihen keskittyvässä palaverissa yrityksen opinnäytetyön ohjaajan ja tuotantopäällikön kanssa. Kävimme läpi, mitä prosessikuvauksissa haetaan ja mitä kaikkea niihin halutaan sisällyttää. Tärkeimpinä asioina nousi työpisteiden standardointi sekä robottien ja muiden automaatiolaitteiden listaaminen linjakohtaisesti. Opinnäytetyö alkoi projektisuunnitelman tekemisellä ja sen hyväksyttämällä koulun puolesta olevalla opinnäytetyöohjaajalla. Projektisuunnitelman jälkeen sovittiin ohjaajien kanssa, että teen alkuun kuvaukset yhdestä tuotantolinjasta ja katsomme sen jälkeen tuloksia.

Työ alkoi tutustumalla ensin tuotantolinjaan syvällisemmin ja selaamalla siitä valmiiksi löytyvää tietoa. Niin sanottua ”hiljaista tietoa” sai kerättyä haastatteleamalla linjan työntekijöitä ja työnjohtajaa. Lisäksi tuli hyödynnettyä omaa tietoa aiemmista töistä. Tutustumisen jälkeen aloin hahmotella prosessikuvauksia, eli miltä ne näyttäisivät. Yrityksen tietokannoista löytyi vanhoja prosessikuvauksia ja päätin niiden pohjalta lähteä rakentamaan uusia.

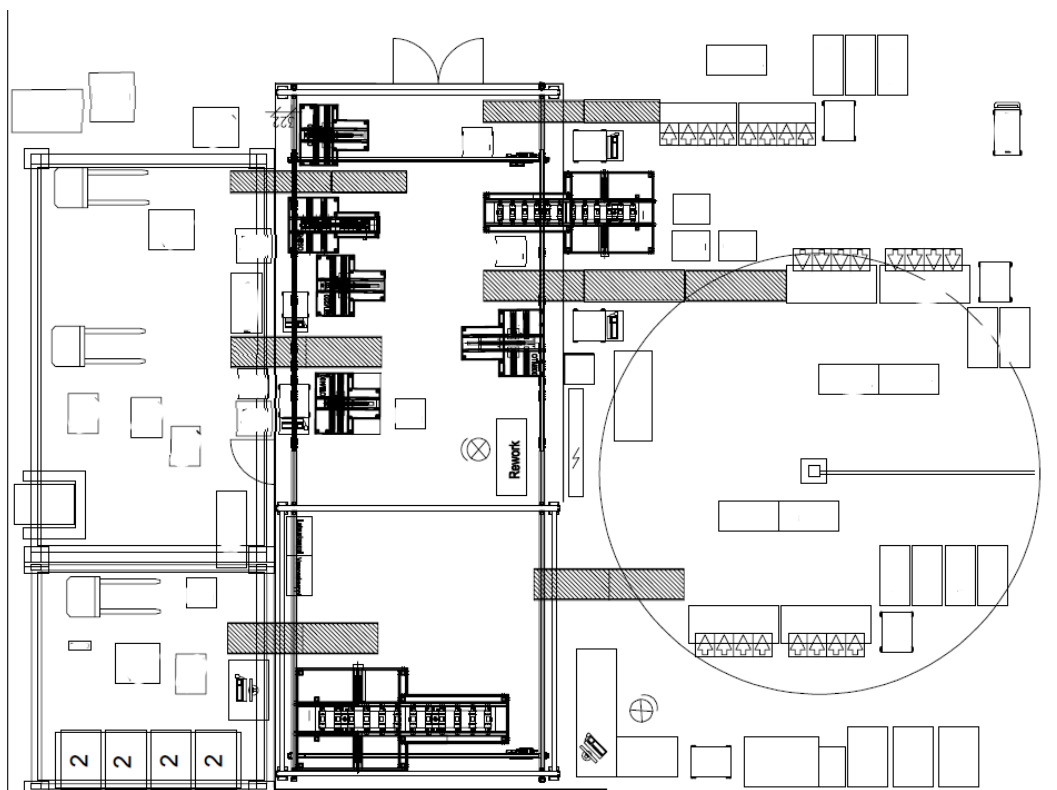
Prosessikuvaukset ja laitteiden listaus tehtiin yhteensä kolmestatoista eri tuotantolinjasta, mutta tässä opinnäytetyössä käydään niistä läpi vain kolme. Opinnäytetyössä esiintyy kolme erityyppistä tuotantolinjaa: manuaalinen, puoli manuaalinen ja kokonaan automatisoitu. Alkuperäisen tarkoituksen mukaan minun oli myös tarkoitus tehdä digitaalinen kaksonen ennalta määrätystä tuotantolinjasta, mutta opinnäytetyön laajuuden takia se jätettiin kuitenkin pois.

6 PROSESSIKUVAUKSET

Prosessienkuvausten tekemisen aloitin kokonaan manuaalisesta tuotantolinjasta, jossa ainoastaan tuotteiden testaus oli automatisoitu. Kyseinen tuotantolinja oli helppo ottaa ensimmäiseksi työn alle, koska sen prosessit olivat yksinkertaisia ja selkeitä. Aloitin tutustumalla ensiksi yrityksen sisäisestä tietokannasta löytyviin tietoihin ja sieltä löytyviin vanhoihin prosessikuvauksiin tuotantolinjasta. Vanhoista prosessikuvauksista löytyi paljon vanhentunutta tietoa ja vaiheita prosesseissa, jotka eivät enää vastanneet nykytilannetta, mutta niistä sai hyvän pohjan rakentaa uudet ja kattavammat kuvaukset.

Tutustuttuani vanhoihin prosessikuvauksiin siirryin tutustumaan tuotantolinjaan tarkemmin ja haastattelemaan tuotantolinjalla työskenteleviä ihmisiä. Tuotantolinjan työntekijöiltä sain opastusta, miten prosessit toimivat ja mistä ne koostuvat. Tuotantolinja koostu kolmesta eri kokoonpanolinjasta, jossa valmistetaan erilaisia tuotteita. Jokaisessa tuotantolinjassa on sama prosessi: kootaan tuote, toimitetaan tuote testaukseen ja lopuksi vielä tuotteen pakkaus. Sama prosessi toistui kaikissa näissä kolmessa tuotantolinjassa, mutta ne oli vain toteutettu eri tavalla palvelemaan kyseisillä linjoilla valmistettavia tuotteita.

Pääsin nopeasti perille tuotantolinjan prosesseista ja niitä tukevista vaiheista, mikä mahdollisti prosessikaavioiden sujuvan rakentamisen. Laadin prosessikaaviot kokoonpano-, testaus- ja pakkausprosesseista. Prosessikaaviot syntyivät ilman merkittäviä ongelmia ja antoivat kattavan kuvan tuotantolinjan kustakin prosessista. Prosessikaavioiden luomisessa kiinnitin huomiota prosessien rajapintoihin ja mahdollisiin pullonkauloihin, sekä tehokkuuden optimointiin. Kuvassa 3 on esitetty manuaalisen tuotantolinjan layout-kuva.



Kuva 3. Layout-kuva manuaalisesta tuotantolinjasta.

Ensimmäisen prosessikuvauksen valmistuttua varasimme palaverin, johon osallistui työpaikan ohjaaja, tuotantopäällikkö, laatupäällikkö ja IT-päällikkö. Palaverissa kävimme läpi tekemääni prosessikaaviota tuotantolinjasta ja sen vaiheita sekä itselle ja sidosryhmille nousseita kysymyksiä. Palaverissa tuli ilmi, että prosessikaaviomalli tulisi muuttaa toisenlaiseksi. Uusi prosessikaaviomalli oli otettu käyttöön yrityksen toisessa toimipisteessä ja sen toimintamalli nähtiin soveltuvan paremmin myös tämän organisaation tarpeisiin. Palaverissa myös sovittiin aikatauluista prosessikaavioiden etenemiselle ja niihin liittyvistä tavoitteista. Sovimme, että uuden seurantalaverin ajankohta on silloin, kun saan päivitettyä jo tehdystä tuotantolinjasta uudet prosessikuvaukset. Vaikka alkuperäiset prosessikuvaukset eivät johtaneet toivottuun lopputulokseen, antoivat ne kuitenkin tärkeää tietoa ja pohjan rakentaa uuden ja paremmin palvelevan prosessikuvausmallin yritykselle.

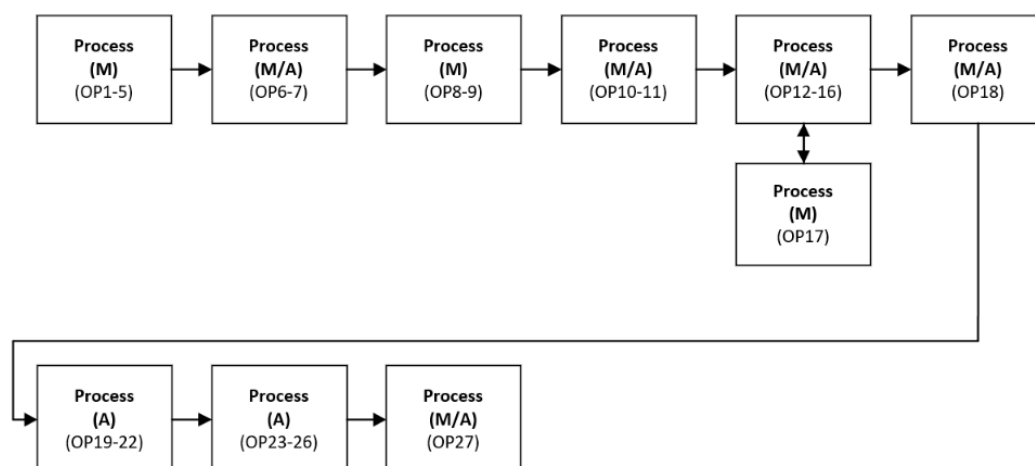
Visuaalinen toteutus uudella prosessinkuvausmallilla oli aiempaa yksinkertaisempaa ja tehokkaampaa. Työvaiheiden yksityiskohtaisempi kirjaaminen toi kuitenkin

lisätyötä, erityisesti automatisoidussa tuotantolinjoissa. Automatisoitujen prosessien monimutkaisuus ja toimintaperiaatteiden yksityiskohtaisuus vaativat tarkkaa dokumentointia, jotta saadaan varmistettua prosessin selkeys ja läpinäkyvyys pitäen ne kuitenkin yksinkertaisina ja ytimekkäinä

Prosessikuvausten uudet mallit päätettiin tehdä englanniksi, mikä aiheutti myös lisätyötä erityisesti teknisen sanaston käytön suhteen, mikä ei ollut minulle entuudestaan kovin tuttua. Prosessikuvausten siirtyminen englanniksi tarjoaa kuitenkin mahdollisuuden parantaa kommunikaatiota ja yhteistyötä kansainvälisten sidosryhmien kanssa. Lisäksi se helpottaa tietojen jakamista ja vertailua muiden yrityksen toimipisteiden kanssa.

7 MANUAALINEN TUOTANTOLINJA

Ensimmäisenä oli vuorossa täysin manuaalinen tuotantolinja, josta olin jo tehnyt prosessikuvauksen aikaisemmin. Uusien prosessikuvauksien tekeminen tästä linjasta ei aiheuttanut ongelmia, koska pystyin siirtämään vanhat tiedot uuteen kaavioon. Työllistävin osuus oli prosessien tarkempi kuvaaminen ja tätä kautta tuotantolinjan prosesseihin vielä tarkempi tutustuminen. Uudesta prosessikaaviosta löytyy kaikki prosessin vaiheet dokumentoituna sekä listattuna, onko kyseinen prosessi (M) manuaalinen, vai (A) automaattinen, tai (M/A) molempia sisältäen pitävä. Kaaviosta löytyy myös Operations-sarake (OP), josta voi erillisestä Excelistä katsoa, mitä juuri tietty prosessi pitää sisällään (Kuva 4).



Kuva 4. Havainnollistava kuva manuaalisen tuotantolinjan prosessikuvauksesta.

Taulukko prosessin aikana olevista tapahtumista on tehokas lisäys prosessikuvauksen rinnalle tarjoten visuaalisen ja helposti hahmotettavan tavan ymmärtää prosessin kulkua ja sen tapahtumia tarkemmin. Taulukkoa voisi viedä vielä pidemmälle laittamalla siihen tahtiaikoja eri vaiheille, mahdollisia pullonkauloja, resursien käyttöasteita ja muita relevantteja tietoja, jotka auttavat ymmärtämään ja parantamaan prosessin suorituskykyä. Taulukko on esitetty kuvassa 5.

OP	Description
1	example
2	example
3	example
4	example
5	example
6	example
7	example
8	example
9	example
10	example
11	example
12	example
13	example
14	example
15	example
16	example
17	example
18	example
19	example
20	example
21	example
22	example
23	example
24	example
25	example
26	example
27	example

Kuva 5. Havainnollistava kuva Operations-listauksesta.

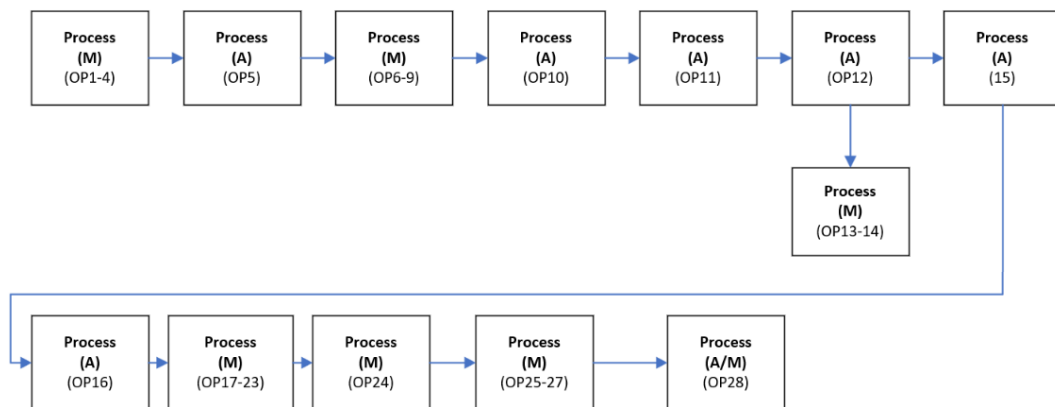
Prosessikaavio sisältää myös taulukon, joka sisältää tiedot prosessin aikana käytettävistä roboteista ja automaatiolaitteista. Kyseisellä tuotantolinjalla pääosa työstä on manuaalista, joten tästä taulukosta ei löytyisi testereiden lisäksi muita laitteita. Taulukko prosessin aikana käytettävistä roboteista ja automaation tukemista laitteista täydentää prosessikuvausta ja tarjoaa tietoa tuotantolinjan teknisestä infrastruktuurista sekä mahdollisista kehityskohteista. Taulukko auttaa myös varmistamaan, että huoltoprosessit toimivat mahdollisimman tehokkaasti, kun tiedetään heti, mistä löytyy huoltoa tarvitseva laite, sen sarjanumero ja nimi. Taulukko on esitetty kuvassa 6.

Cell	Device	Serial number
1	Device	1234
2	Device	1234
3	Device	1234
4	Device	1234
5	Device	1234
6	Device	1234
7	Device	1234

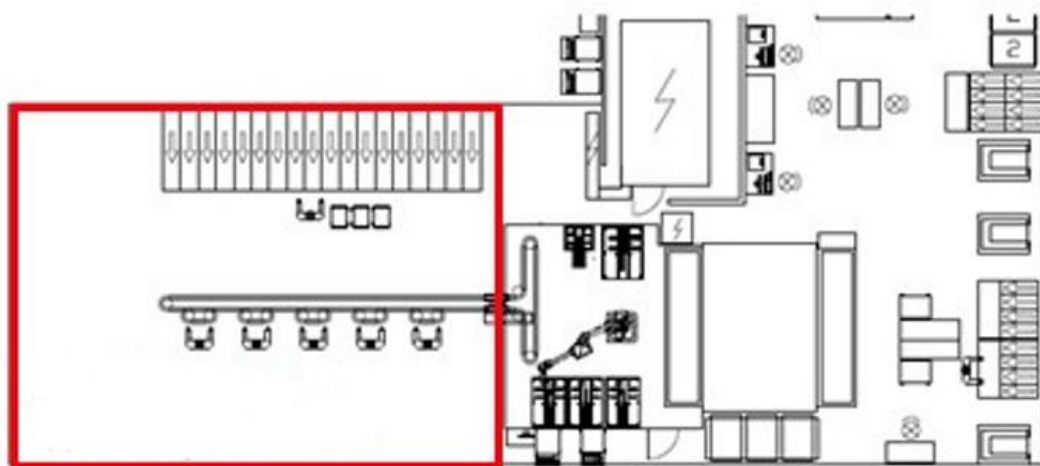
Kuva 6. Havainnollistava kuva laitelistauksesta.

8 PUOLIKSI AUTOMATISOITU TUOTANTOLINJA

Seuraavaksi prosessikuvauksissa oli vuorossa tuotantolinja, jossa tuotteiden kokoonpano suoritetaan kahdella eri kokoonpanolinjalla manuaalisesti. Kokoonpanolinjat on rajattu punaisella kuvassa 8. Molemmat kokoonpanolinjat on optimoitu varmistuen prosessin tehokkuus ja laadunvalvonta, hyödyntäen Lean-menetelmiä ja jatkuvaa parantamista. Kokoonpanoprosessin valmistuttua tuote siirtyy testisoluun, jossa tuotteiden testaus on automatisoitu. Testauksessa suoritetaan kattava laadunvarmistusprosessi, joka kattaa erilaisia toiminnallisia testejä. Tällä varmistetaan, että jokainen tuote täyttää tiukat laadulliset vaatimukset ja spesifikaatiot. Tuotteiden testauksen jälkeen siirtyvät ne automaattiseen varastointi järjestelmään. Automaattinen varastointijärjestelmä optimoi tällä tuotantolinjalla varastoinnin tuotantokyvyn, mahdollistaa nopean ja tarkan tuotteiden käsittelyn sekä vähentää inhimillisiä virheitä. Pakkausprosessissa tuotteet pakataan asiakaskohtaisten vaatimusten mukaisesti manuaalisesti. Kuvassa 7 nähdään puoliksi automatisoidun tuotantolinjan havainnollistava prosessikuvaus.



Kuva 7. Havainnollistava kuva puoliksi automatisoidun tuotantolinjan prosessikuvauksesta.



Kuva 8. Layout-kuva puoliksi automatisoidusta tuotantolinjasta.

Prosessikuvauksien suunnitleminen alkoi kyseisestä tuotantolinjasta samalla tavalla kuin aikaisemmassakin tuotantolinjassa. Tutustuin ensimmäiseksi tuotantolinjasta löytyvään teoriaan yrityksen sisäisestä tietokannasta ja siitä ennestään löytyvään vanhaan prosessikuvaukseen. Tässäkin tapauksessa prosessikuvaus sisälsi paljon vanhentunutta tietoa prosesseista, mutta tarjosi hyvän pohjan työn aloittamiseen. Teoriaan perehtymisen jälkeen siirryin tarkkailemaan tuotantolinjan toimintaa paikan päälle.

Kokoonpanovaiheen prosessit oli helppo hahmottaa, koska ne noudattivat pitkälti samaa kaavaa eri tuotteiden välillä. Testausvaiheen prosessit olivat myös selkeitä, koska kaikille tuotteille tehtiin yhtenäiset testaukset niille tarkoitetuissa testilaitteissa. Pakkausprosessin hahmottaminen onnistui myös ongelmitta, koska nekin noudattivat yhtenäisiä prosessimalleja.

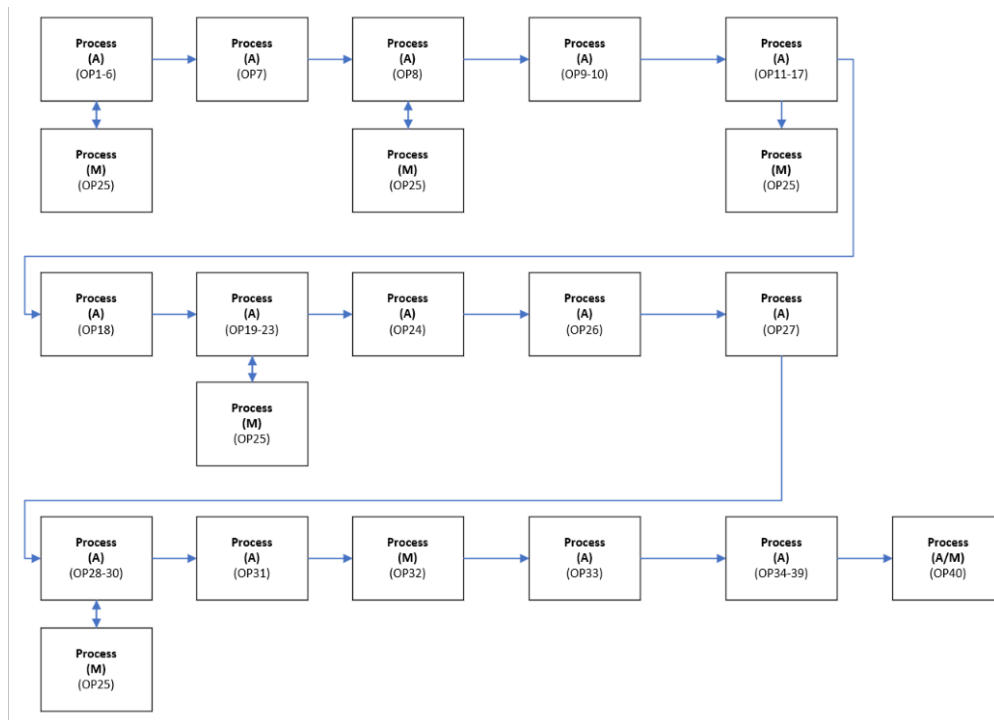
Seuraavaksi aloitin yksityiskohtaisten prosessikaavioiden dokumentoinnin. Tässä kohtaa oli tärkeä varmistaa, että kaikki prosessin vaiheet oli tarkoin kuvattu ja että ne vastasivat laatustandardeja, jotka olimme sopineet sidosryhmien kanssa. Kyseisestä tuotantolinjasta on myös tehty erilliseen Exceliin samanlaiset listaukset työvaiheista ja laitteista.

9 AUTOMATISOITU TUOTANTOLINJA

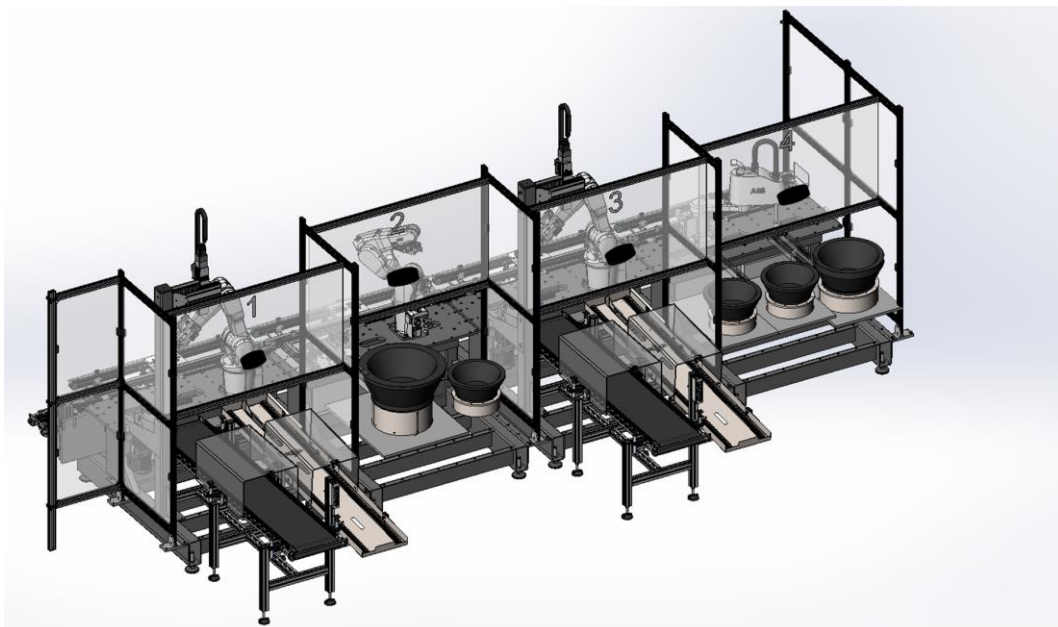
Viimeisenä tässä opinnäytetyössä käydään läpi kokonaan automatisoitu tuotantolinja, joka kattaa kokoonpanon, testauksen ja pakkaamisen. Kokonaan automatisoitu tuotantolinja osoittautui kaikista työläimmäksi projektiksi tässä opinnäytetyössä. Työn haastavuutta kasvattivat monimutkaiset operaatiot automaation varassa, sekä laitteiden runsas määrä ja monimuotoisuus. Prosessikuvauksien tekeminen alkoi jälleen samalla tavalla, tutustumalla linjasta löytyvään teoriaan ja vanhaan prosessikuvaukseen. Prosessikuvaus eteni kuitenkin sujuvasti, koska prosessin kulkua oli esittämässä kokenut operaattori, joka pystyi selventämään jokaisen prosessin kulkua yksityiskohtaisesti. Kokonaisuuden hahmotettua alkoivat kaikki palaset loksahdella paikoilleen ja monimutkainen tuotantolinja alkoi vaikuttaa yksinkertaisemmalta.

Tuotteen valmistusprosessi alkaa ensimmäisestä solusta, josta tuote aloittaa kulkunsa tuotantolinjan lävitse. Tuote etenee solulta toiselle kuljetinta pitkin valmistusvaiheessa. Mikäli valmistusvaiheessa tuotantolinjalla sijaitsevat erilaiset tarkastuslaitteet havaitsevat tuotteessa jotain vikaa, menee se välittömästi Rework-asemalle ja siihen tehdään tarvittavat korjaustoimenpiteet. Kun tuote saavuttaa neljännen solun, menee se kokoonpanon jälkeen testausasemalle, jossa siihen suoritetaan kaikki vaadittavat testaukset laadun ja toiminnallisuuden varmistamiseksi. Testauksen jälkeen tuote menee vielä viimeiseen soluun, jossa suoritetaan kokoonpano työ loppuun.

Kokoonpanoprosessin jälkeen tuotantolinjan operaattori suorittaa tuotteelle vielä visuaalisen tarkastuksen, että se täyttää kaikki laatuvaatimukset. Mikäli kaikki on kunnossa, jatkaa tuote matkaa pakkausvaiheeseen. Tuotteen paketointi tapahtuu myös täysin automaattisesti. Paketoitu tuote tulee linjan ulostulo kuljettimelle. Kuvissa 9 ja 10 nähdään automatisoidun tuotantolinjan prosessikaavio sekä layout kuva.



Kuva 9. Havainnollistava kuva automatisoidun tuotantolinjan prosessikuvauksesta.



Kuva 10. Layout-kuva automatisoidusta tuotantolinjasta.

Kyseisellä tuotantolinjalla on laitteiden lukumäärä merkittävästi suurempi verrattuna aikaisempiin linjoihin, mikä lisäsi työkuormaa kyseisellä linjalla. Laitteisiin tutustuminen ja niiden dokumentointi olivat työllistävä osuus. Laitteet on lajiteltuna solukohtaisesti, mikä tehostaa niiden hallintaa ja seurantaa. Tuotantolinjalla on käytössä monipuolinen valikoima erilaisia laitteita, mutta listasin Exceliin niistä vain kaikista oleelliset laitteet linjan toiminnalle. Kyseisestä linjasta tehtiin myös työvaiheista listaus Exceliin, mikä osoittautui työlääksi monien yksityiskohtaisten työvaiheiden vuoksi.

10 PULLONKAULAT

Prosessikuvauksien ohessa keskityttiin myös tuotantolinjoilla vaikuttaviin pullonkauloihin. Vaikka tarkastelun kohteena olivat kaikki tuotantolinjat, tässä raportissa käsitellään vain kolmea niistä, joita olen jo aiemmin tässä työssä analysoinut. Tuotantolinjoilla havaitsin sekä suurempia että pienempiä pullonkauloja, mutta kyseinen tehdas on yleisesti reagoanut tehokkaasti ongelmakohtiin ja tuotteiden virtaus on päällisin puolin sujuvaa. Pullonkauloja tunnistin tutustuessani tuotantolinjojen prosesseihin sekä haastatteleamalla linjojen työntekijöitä ja työnjohtajia. Vaihtoehtoisia ratkaisuja pullonkaulojen ja riskien minimointiin mietin itse.

10.1 Manuaalinen tuotantolinja

Pakkauspään suuret vaihtelut ovat yksi isoimmista haasteista manuaalisella tuotantolinjalla. Erilaisten tuotteiden pakkaamiseen tarvitaan monia eri pakkauspahveja, joista osa on vieläpä suurikokoisia. Tämä pahvien monimuotoisuus hidastaa pakkauspään työskentelyä ja lisää virheiden sattumista pakkausvaiheessa. Ratkaisuna voisi olla pakkaamisen standardointi, mikä tekisi pakkaamisesta yksinkertaisempaa. Vaihtoehtoinen ratkaisu voisi olla investointi pakkaamisen automatisointiin ja sen mukautuminen toisista poikkeaviin pakkauskokoihin ja malleihin. Tämä vähentäisi manuaalista työtä ja tehostaisi prosessia.

Testauksessa pullonkauloina esiintyi testilaitteiden toimintahäiriöt ja niiden perässä pysyminen kokoonpanon kanssa. Testilaitteisiin tulevat toimintahäiriöt pysäyttävät koko tuotantolinjan, jolloin myöskään tuotteiden kokoonpano ei etene. Tähän ratkaisuna toimisi testilaitteiden ennakoivat huolto-ohjelmat, jotka auttaisivat tunnistamaan mahdolliset viat ennen kuin ne vaikuttavat tuotantoon. Lisäksi jos linjalla olisi useampi testilaitte edes volyymituotteille varmistaisi se sen, että yhden laitteen ollessa vikatilassa se ei pysäyttäisi koko tuotantoa. Useampi testilaitte myös auttaisi niiden tahtia pysyä perässä kokoonpanosta nopeammin valmistuvien tuotteiden kanssa.

10.2 Puoliksi automatisoitu tuotantolinja

Puoliksi automatisoidulla tuotantolinjalla ensimmäiseksi kiinnitin huomiota kaksi-vaiheiseen tuotteiden kokoamiseen. Tuotteiden kokoonpano koostuu kahdesta vaiheesta, joissa työskentelee kaksi eri ihmistä. Tämä tarkoittaa sitä, että toisen henkilön työtahti on riippuvainen toisen työntekijän vauhdista. Tässä on mahdollista se, että toisen kokoonpanovaiheen työntekijä työskentelee nopeammin kuin toinen, mikä voi aiheuttaa odotusaikoja, jotka lisäävät hukka-aikaa kokoonpanossa. Kokoonpanovaiheen tehokkuuden parantamiseksi voitaisiin tehdä kaikki tuotteen vaiheet samalla työpisteellä. Tämä vähentäisi työntekijöiden riippuvuutta toisista ja antaisi tasaisemman työskentelytahdin.

Kokoonpanovaiheen jälkeen tuotteet siirtyvät testaukseen, jossa vain yksi robotti jakaa tuotteita niille kuuluviin testereille, sekä mahdollisesti reworkkiin. Robotti ja testerit voivat ruuhkaantua tässä kriittisessä vaiheessa, mikä lisää tuotteiden seisonta aikaa, jos robotti ja testerit eivät pysy tuotannon volyymin perässä. Testauksen jälkeen robotti nostaa tuotteet vielä automatisoituun varastointijärjestelmään. Tällöin robotin ollessa vikatilassa pysähtyvät myös kokonaan testaus- ja varastointi prosessi. Tässä koin isona riskinä käyttää prosessissa vain yhtä robottia. Vikatilanteissa robotista tulee prosessin pullonkaula.

Prosessin tehostamiseksi voitaisiin toteuttaa suoraviivaisempaa läpivirtausta, jossa kokoonpanosta siirtyvät tuotteet siirtyisivät suoraan testauksen jälkeen pakkaukseen ilman varastointia. Tämä muutos vähentäisi pakkauspään puskuria ja vaatisi tarkempaa tuotannonsuunnittelua.

Pakkauksessa kiinnitin huomiota moniin erilaisiin pakkausmenetelmiin, mistä myös mainitsin manuaalisen tuotantolinjan pullonkauloina. Volyymituotteiden

kohdalla olisi järkevää siirtyä bulkkipakkaamiseen, mikä olisi kustannustehokkaampaa ja vähentäisi yksittäispakkausten käsittely ja materiaalityöitä. Tällä tavalla nopeutettaisiin pakkausprosessia ja saataisiin alennettua kustannuksia.

10.3 Automatisoitu tuotantolinja

Automaattisella tuotantolinjalla on prosessin rakenne merkittävästi erilainen kuin aiemmilla tuotantolinjoilla, mikä on vähentänyt samanlaisten pullonkaulojen esiintymistä. Pullonkaulat kyseisellä linjalla liittyvät pääosin tuotteiden materiaalien laadullisiin haasteisiin. Nämä laadulliset ongelmat työllistävät tuotantolinjojen operaattoreita, jotka joutuvat puuttumaan niihin. Tuotantolinjalla tulee myös toisinaan robottien törmäyksiä, joista ei tule hälytystä operaattoreille ja tällöin heidän pitää itse paikoittaa, missä kyseinen virhe on. Tämä vie aikaa ja resursseja operaattoreilta, joita voitaisiin käyttää muuhun tuotannon optimointiin. Ratkaisuna voisi lisätä sensoreita tai ohjelmistoja, jotka havaitsevat törmäyksen ja lähettävät tästä ilmoituksen operaattorille.

Vikojen ja häiriötilanteiden tullessa tarvitaan usein ulkopuolista apua huoltohenkilöistä tai asiantuntijoista, joilla on enemmän tuntemusta robotiikasta ja automaatiosta. Tämä lisää hukkaa, kun joudutaan odottamaan ulkopuolisia henkilöitä ratkaisemaan ongelmia. Tähän ratkaisuna voisi olla investointi operaattoreiden koulutukseen erityisesti automaation ja robotiikan osalta, jolloin he voisivat itse ratkaista myös laajemmin ongelmia. Tietoliikenneongelmat, jotka liittyvät erilaisen ohjelmistojen väliseen kommunikaatioon, aiheuttavat myös tuotantolinjoilla haasteita.

11 JATKKEHITYSIDEOITA

Tuotantolinjojen prosessikuvauksia on mahdollista vielä syventää entisestään, sekä tutkia niitä vielä tarkemmin. Erityisesti laadunvalvontaa voisi tuoda vielä tarkemmin esille lisäten laadun integroinnin prosessiin tuotteiden asianmukaisen laadun ja turvallisuuden varmistamiseksi. Lisäksi olisi myös hyödyllistä kirjata tuotantolinjojen tahtiaikoja eri prosesseissa, mikä taas tarjoaisi yksityiskohtaisempaa analyysiä tuotantolinjoista ja sen pullonkauloista.

Yksi kehitysidea liittyy tuotantolinjojen mukautumiseen eli kykyyn reagoida erilaisiin tilanteisiin nopealla aikataululla, esimerkiksi kykyä valmistaa erilaisia tuotteita ja mukautua muuttuviin olosuhteisiin tilauskannassa ja henkilökapasiteetissa. Tuotantolinjojen ympäristövaikutuksia kestävyysnäkökulmasta voisi tuoda myös esiin ja kertoa miten niihin on reagoitu.

Henkilökapasiteetin kirjaaminen prosessien vaiheeseen, olisi keino kertoa kuinka paljon tarvitaan henkilöitä, jotta prosessi etenee. Tämä taas toisi lisäarvoa tahtiaikojen ja tehokkuuden seuraamiseen muutosten kannalta. Prosessikaavioissa voisi myös tuoda esille turvallisuusnäkökulman, miten on reagoitu henkilöiden ja ympäristön suojelemiseksi.

Viimeisenä kehitysideoana oli digitaalinen kaksonen, eli virtuaalinen malli fyysisestä tuotantolinjasta ja prosessista, mikä auttaisi myös optimoimaan tuotantolinjoja ja ennakoimaan mahdollisia ongelmia. Mielestäni tämä voisi olla eniten arvoa tuova seuraava askel prosessikuvausten tueksi.

12 TULOKSET JA YHTEENVETO

Projektin alkaessa tavoitteena oli tehdä teollisuusyritykselle päivitetyt ja laajemat prosessikuvaukset kuin mitä oli käytössä sillä hetkellä. Tulevien muutostöiden myötä tehtaalla oli tarvetta prosessikuvauksien päivittämiseen, että digitaalisen huoltojärjestelmän luomiseen. Opinnäytetyön tulokseen olen tyytyväinen ja koen, että olen saanut tuotua esiin tuotantolinjoista kaikki keskeiset asiat yksityiskohtaisesti, mutta myös tarpeeksi tiiviisti jättäen ylimääräiset asiat pois.

Opinnäytetyö oli odotettua työläämpää, koska kolmentoista tuotantolinjan prosesseihin ja laitteisiin tutustuminen sekä niiden dokumentointi järkevään muotoon osoittautui aikaa vieväksi työksi. Työläisyydestä huolimatta opinnäytetyön tekeminen juuri tästä aiheesta ei minua kaduta. Sain ainutlaatuisen tilaisuuden tutustua yksityiskohtaisemmin tehtaan tuotannon prosesseihin ja kasvattaa omaa osaamistani tekniikan ja tuotannon parissa.

Uusien prosessikuvauksien myötä on kohdeyrityksellä jälleen ajanmukaiset prosessikuvaukset laitelistauksien kanssa, ja ne on tehty yrityksen tarpeiden mukaisesti. Päivitettyjen prosessikuvausten myötä niitä on helppo lähteä päivittämään mahdollisten muutosten myötä tuotantolinjoilla. Niiden täydentäminen on myös mahdollista ja suotavaa esimerkiksi tavoilla, joita nostin esiin luvussa 11.

Pullonkauloja tunnistin tuotannosta ja suurin osa niistä on ollut jo kyseisessä tehtaassa tiedossa ja niihin on tarkoituksena reagoida. Opinnäytetyöraportissani pureuduttiin vain kolmen tuotantolinjan pullonkauloihin, mutta niitä tunnistettiin myös lopuista tuotantolinjoista, joita ei tässä työssä käsitellä. Lopuissa tuotantolinjoissa pullonkaulat olivat pitkälti samankaltaisia kuin aiemmin käsittelyssä olivat.

LÄHTEET

EPA. (21.12.2023). Lean thinking and methods-TPM. Viitattu 3.9.2024.
<https://www.epa.gov/sustainability/lean-thinking-and-methods-tpm>

Flovio. (2024). Mitä on Kaizen? Viitattu 27.3.2024 <https://flovio.fi/kaizen/>

IBM. (2024). What is a digital twin? Viitattu 19.3.2024
<https://www.ibm.com/topics/what-is-a-digital-twin>

Integrify. (2024). Process flows. Noudettu 1.5.2024. [Process Flows | What Is a Process Flow? \(integrify.com\)](https://integrify.com/process-flows)

LeanProduction. (2024). TPM. Viitattu 27.3.2024 <https://www.leanproduction.com/tpm/>

Logistiikanmaailma. (2024). JIT (JUST-IN-TIME) JA IMUOHJAUS. Viitattu 27.3.2024 <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>

Operations1. (2024). What is a process description. Viitattu 15.3.2024
<https://operations1.com/en/blog/process-descriptions>

Processgenius. (2024). Mikä on digitaalinen kaksonen. Viitattu 26.8.2024 [Mikä on digitaalinen kaksonen? | Process Genius](https://processgenius.com/digitaalinen-kaksonen/)

RFGEN. (17.2.2023). Michael Clark. Just-in-Time Manufacturing. Viitattu 27.3.2024 <https://www.rfgen.com/blog/understanding-lean-and-just-in-time-manufacturing-methods/>

SixSigma. (4.6.2013). VSM (Value Stream Mapping) – Arvovirtakuvaus. Viitattu 1.4.2024 https://sixsigma.fi/vsm-arvovirtakuvaus/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwqmwBhBVEiwAL-WAYbtN0w4Cz2Sh1zyXRPvRSVfPJplaDCg4_ISAXFLxsC08XL_wDah_5BoCD_MIQAvD_BwE

SixSigma. (2024). Leanin historia. Viitattu 5.3.2024 <https://sixsigma.fi/leanin-historia/>

SixSigma. (2024). Lean- työkalut. Viitattu 13.3.2024 <https://sixsigma.fi/yleista-leanista/>

SixSigma. (2024). Yleistä Leanista. Viitattu 5.3.2024 <https://sixsigma.fi/yleista-leanista/>

TeamLaamanen. (25.6.2020). Miten ja miksi prosessit kannattaa kuvata? Viitattu 15.3.2024 <https://teamlaamanen.fi/prosessien-kuvaaminen/>

Tehos. (2024). Lean 5S opas. Viitattu 13.3.2024 <https://tehos.fi/lean-5s-opas/>

5S today. (2024). What is 5S. Noudettu. 28.8.2024 [What is 5S? 5S System is explained including tips on getting a 5S program started. \(5stoday.com\)](https://5stoday.com/What-is-5S-5S-System-is-explained-including-tips-on-getting-a-5S-program-started/)