



Teemu Nieminen

Valmistavan tuotantosolun kehittäminen ja virtauttamisen parantaminen röntgenlaitetuotannossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Älykäs teollisuus

Insinöörityö

6.4.2025

Tiivistelmä

Tekijä:	Teemu Nieminen
Otsikko:	Valmistavan tuotantosolun kehittäminen ja virtauttamisen parantaminen
Sivumäärä:	72 sivua + 5 liitettä
Aika:	6.4.2025
Tutkinto:	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma:	Älykäs teollisuus
Ohjaajat:	Lehtori Matti Välikylä Lehtori Tatu Suomi

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin röntgenlaitetuotannon valmistavan tuotantosolun kehityskohteiden löytämiseen. Tavoitteena oli tutustua konkreettisesti tuotannon toimintaan ja löytää kehitettäviä asioita, jotta tuotantoa saadaan sujuvoitettua, läpimenoaika lyhennettyä ja työergonomiaa parannettua. Tuotteita valmistetaan vuositasolla noin xxx kpl, joten tuotantosolun kehittämiseen on syytä kiinnittää huomiota.

Työtä tehtiin konkreettisesti ja käytännönläheisin tutkimusmenetelmin. Työssä käytettiin konstruktivistista tutkimusmenetelmää, teoriana Lean-toimintatavan kautta kirjallisuudesta hankittuja tietoja sekä itse luotuja tutkimuskysymyksiä. Nämä menetelmät tukevat käytännönläheistä tavoitetta ja ovat hyvin tunnettuja menetelmiä teollisuuden kehityshankkeissa. Lisäksi on huomioitu työntekijöiden mielipiteitä nykyisestä toimintatavasta. Tarkoitus oli löytää ketteriä ja nykyaikaisia tapoja kehittää tuotantoa ja poistaa hukkaa, eli ei asiakasarvoa nostavia asioita.

Työn tuloksena syntyi kehitysehdotuksia esille nostettuihin tutkimuskysymyksiin. Lopputuloksina esitellään asioita, joilla voidaan tehostaa tuotantoa virtautuksen, työergonomian, viihtyvyyden sekä tehokkuuden kannalta. Lisäksi otetaan kantaa alihankinnan kehittämiseen, jolla saadaan poistettua ylikäsittely. Työn tuloksissa voidaan havaita, että jokaista seitsemää Leanin hukkaa voidaan todentaa nykyisessä toimintamallissa, ja niitä voidaan tämän työn tuloksena syntyneillä kehitysehdotuksilla poistaa.

Työn erityisenä tuloksena esitellään uusi toimintatapa, joka hyödyntää uutta tuotantovälinettä. Tämä väline on suunniteltu erityisesti tämän tuotantosolun ergonomiahaasteiden poistamiseen ja tuottavuuden parantamiseen. Uuden työvälineen avulla voidaan aloittaa demo-työpisteellä testausprojekti, jonka avulla tunnistetaan tuotteen valmistuksen haasteet ja optimoidaan valmistusprosessia suurentamalla laitteiden valmistusvolyymia.

Avainsanat: työergonomia, tuotannon kehittäminen, materiaalivirta, Lean, 3D-layout

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Teemu Nieminen
Title: Development of the Manufacturing Production Cell and Improvement of Material Flow
Number of Pages: 72 pages + 5 appendices
Date: 6 April 2025

Degree: Master of Engineering
Degree Programme: Intelligent Industrial Solutions
Supervisors: Matti Välikylä, Lecturer
Tatu Suomi, Lecturer

This thesis focuses on identifying development areas within the manufacturing production cell of X-ray device production. The objective was to gain a hands-on understanding of the production process and identify areas for improvement to streamline production, shorten lead times, and enhance ergonomics. Approximately 4000 units are produced annually, making it crucial to focus on improving the production cell.

The work was carried out with a practical and hands-on approach using appropriate research methods. The research method applied was constructive research, with Lean management principles providing the theoretical background, complemented by information gathered from literature and self-formulated research questions. These methods align with the practical goal and are widely used in industrial development projects. Additionally, employee opinions on the current practices were considered. The aim was to find agile and modern approaches to improve production by eliminating waste – non-value-adding activities.

The result of this work was the creation of development proposals addressing the research questions. The results highlight areas that can enhance production in terms of flow, ergonomics, employee well-being, and overall efficiency. Additionally, the development of subcontracting practices is addressed, focusing on eliminating over-processing. The study reveals that all seven types of Lean waste can be identified in the current operating model, and the proposed development suggestions can eliminate them.

The key outcome of this work is the introduction of a new operational approach utilizing a new production tool. This tool was specifically designed to address the ergonomic challenges within the production cell and improve productivity. A dedicated demo workstation is proposed to initiate a pilot project to identify challenges in the product manufacturing process and optimize the production process with the goal of scaling up production volume in the future.

Keywords: work ergonomics, production development, material flow, Lean, 3D-layout

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	7
2	Planmeca Oy	9
2.1	Historia	9
2.2	Planmeca nykyään	9
3	Aihe, rajaus ja ajankäyttö	12
4	Tutkimusmenetelmä ja tutkimuskysymykset	13
4.1	Konstrukttiivinen tutkimus	13
4.2	Tutkimuskysymykset	15
5	Lean-teorian soveltuvia osa-alueita työhöni	15
5.1	LEAN	16
5.2	5S	16
5.3	7 Hukkaa	18
5.4	Genchi qenbutsu	19
5.5	JIT	20
5.6	Virtaustehokkuus	20
5.7	Kaizen	21
5.8	VSM	22
5.9	Työturvallisuus	23
5.10	Fyysinen kuormittavuus	25
5.11	Laatu	25
5.12	MES	25
5.13	3D layout suunnittelun edut	26
5.14	Työntutkiminen	30
6	Lähtökohdat ja nykyinen toimintamalli	31
6.1	Nykyinen toimintamalli	31
6.2	Edelliset toimintamallit	36
7	Kehitysehdotukset	37
7.1	One-piece-flow	37

7.2	Demo työpiste	38
7.3	Tuotantoväline, joka poistaa ergonomiahaasteet	39
7.4	Layout muutokset	40
7.5	Panoraamatuotteiden valmistuksen edut	43
7.6	Panoraamalaitteiden rungon valmistussolu	43
7.7	Pääkohdat muutoksille	44
7.8	Päivittäisjohtamien	45
7.9	Työnkierto	45
7.10	Yhteinen tavoite ja tuotantopalkkio	46
7.11	Tulevaisuuden uusi tuote	46
7.12	Alihankinnan lisääminen	47
	7.12.1 Pakkauslaatikoiden toimituksen kehittäminen	47
	7.12.2 Osien yliprosessointi	48
7.13	Osakokoonpanojen erkaannuttaminen päätuotteista	50
7.14	Työhön perehdyttäminen	50
7.15	Viallinen tuote valmistuksen yhteydessä	50
7.16	Settikeräily	50
7.17	Mahdolliset investointikustannukset	51
8	Pohdinta	52
9	Yhteenveto	53
	9.1 1. kerros	54
	9.2 2. kerros	55

Liitteet

Liite 1: standardiaikakuvaus	[Liite poistettu julkaistavasta versiosta]
Liite 2: standardiaikakuvaus	[Liite poistettu julkaistavasta versiosta]
Liite 3: standardiaikakuvaus	[Liite poistettu julkaistavasta versiosta]
Liite 4: standardiaikakuvaus	[Liite poistettu julkaistavasta versiosta]
Liite 5: tarjous	[Liite poistettu julkaistavasta versiosta]

Lyhenteet

MES Manufacturing Execution System

JIT Just-In-Time

VSM Value Stream Mapping

TPS Toyota Production System

KanBan Lean periaatteen mukainen ohjausjärjestelmä

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehdään omalle työpaikalleni Planmeca Oy:lle, joka valmistaa yhtenä tuotteenaan röntgenlaitteita hammaslääketieteelliseen käyttöön. Työssä keskitytään röntgenlaitetuotannon Intra-oral lopputuotteen valmistusprosessiin ja sen valmistettavuuden kehittämiseen. Näitä laitteita valmistetaan noin jopa xxxx kappaletta vuositasolla, joten suuren valmistusmäärän sekä prosessissa esiintyneiden haasteiden vuoksi laitteiden valmistettavuutta olisi tärkeä kehittää.

Nykyinen tilankäyttö, työergonomia ja tarvittavien komponenttien sekä valmiiden tuotteiden kuljetus tuo haasteita nykyisessä toimintamallissa. Röntgenlaitetuotannon tuotantotilat ovat kerrostalomaisesti useassa kerroksessa, joten esimerkiksi hissejä käytetään runsaasti. Tavoitteena on löytää ratkaisuja tuotteiden virtauksen parantamiseen (materiaalinen kulku), läpimenoajan lyhentämiseen, työviihtyvyyteen sekä eritoten työergonomian kehittämiseen.

Työssä kaiken pohjana on tuoda ajatuksia älykäs teollisuus -opintosuuntani kautta hankittujen oivallusten pohjalta siitä, miten voimme nykypäivän ratkaisuilla luoda sujuvampia tuotantomenetelmiä Planmecan röntgenlaitetuotantoon.

Työ tehdään omalla ajalla, eikä siihen ole käytettävissä työaika. Työ on täten teoriapohjainen. Työn aiheen valitsin itse oman kiinnostukseni pohjalta, erityistä projektia tähän ei tullut työpaikalta. Perehdyin tuotantoon opintovapaani aikana, jolloin pääsin itse valmistamaan tuotetta ja tekemään havaintoja sen pohjalta. Pidän tärkeänä, että käytännöllisessä kehitystyössä osallistuu valmistukseen itse, jotta voi löytää kehityskohteita. Siksi työ on käytännönläheinen ja siinä tuodaan epäkohtia esiin havainnollistavien kuvien avulla. Konkreettisia toimia tuotantoon ei tehdä, vaan ehdotetut toimenpiteet kerrotaan ideatasolla.

Tarkoitukseni on havainnollistaa kehityskohteita, joihin kannattaa ryhtyä, jotta voimme Planmecassa toimia jatkossa kustannustehokkaasti, ketterästi ja asiak-

kaan toivetta toteuttaen (mm. mahdollisimman lyhyt toimitusaika). Lisäksi tavoitteena on luoda tuotantosolusta toivottu ja haluttu työympäristö työntekijöille. Yhtenä ajatuksena tälle työlle onkin ollut kysymys itselle; kuinka saada Intra-oral valmistuksesta innostava, mielekäs, turvallinen sekä helposti ohjautuva tuotantosolu. Lisäksi tuotantosolussa pitäisi pystyä suoriutumaan työtehtävistä ilman ponnisteluja fyysisesti, jolloin tehtävät sopivat erilaisille operaattoreille fyysisistä ominaisuuksista huolimatta.

Haasteena on myös nykyinen tuotantomalli, joka on pilkottu eri pituisiin vaiheisiin. Kaikki vaiheet eivät ole tasapainossa, joka aiheuttaa pullonkaulamaista odottelua vaiheiden välillä. Lisäksi eri vaiheet ovat fyysisesti eri lailla kuormittavia. Työntekijöiden mahdolliset rajoitteet esimerkiksi nostotyöhön, aiheuttavat ongelmia työnkierrossa ja poissaolotilanteissa. Tavoitteena on luoda toimintamalli, jossa fyysinen kuormitus minimoitaisiin ja rajoitteet poistuisivat. Ideana, että kuka vain voi valmistaa laitteita.

Planmecan tuotannossa käytetään työpisteiden layout suunnitteluun pääosin 2D piirrustuksia ja layout suunnittelua tehdään 2D-pohjaisilla ohjelmilla. Älykäs teollisuus opinnot ja tehdasvierailut eri yrityksissä sekä muiden opiskelijoiden kanssa käydyt keskustelut herättivät kiinnostukseni 3D layout suunnitteluun, jolla voisi korvata nykyisen 2D suunnittelun. Työssäni kerronkin 3D layout suunnittelun eduista, joilla voidaan kehittää tuotantoa tehokkaasti ja havainnollistavasti työturvallisuusnäkökulmat huomioiden.

Työssäni esitän joitakin kuvia tuotannosta, joilla on tarkoitus havainnollistaa kehityskohteita. Kuvat tuotannosta on poistettu julkisesti esitettävästä versiosta työnantajani toiveesta. Lisäksi liitteenä olevat standardiaikakuvaukset tuotteiden valmistusajoista, luvut valmistusmääristä sekä tarjous 3D layout mallintamisen tarjouksesta on poistettu. Myös joitakin kappaleita on poistettu salassapitosopimuksen mukaisesti julkisesta versiosta.

Työtä tehtäessä kehitysehdotukset laajenivat koskemaan koko röntgenlaitetuotantoa, koska ehdotetut ideani vaativat toimia myös muilta osin tuotantoa, jos toimintaa halutaan kehittää järkevästi. Isojen muutosten vuoksi tuotantoa voi-

daan tehostaa hyvin, mutta myös pienillä muutoksilla voidaan saada aikaan huomattavia toimia. Pienillä muutoksilla joudutaan kuitenkin hyväksymään, että turhaa hukkaa jää vielä tuotantoon, eikä sujuvuutta voida taata.

2 Planmeca Oy

2.1 Historia

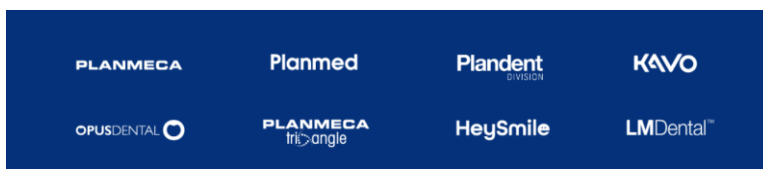
Työpaikkani historia juontaa juurensa vuoteen 1971, jolloin Heikki Kyöstilä perusti Planmeca Oy:n. Alkutaipaleella valmistettiin ensiksi hammaslääkärin apu-
tuoleja sekä instrumenttikaappeja vastaanotoille. Nopeasti vuotta myöhemmin Planmecan lisäksi perustettiin Plandent Oy, joka erikoistui myynti- ja markkinoitiasioihin. (Planmeca, 2021)

Heikki Kyöstilä toimi ennen Planmecaa myyntiedustajana yhdessä Suomen johtavassa hammastarvikeyhtiössä, josta hän sai kokemusta hammaslääkärialalta. Kyöstilä totesi, että tuotteissa on paljon kehitettävää ja muutoksia voisi tehdä suhteellisen kevyesti, joten hän päätti perustaa Planmecan. Tällöin hän pääsi itse viemään kehitystä eteenpäin omien tuotteiden valmistuksen ja kehityksen osalta. Planmeca on lähtöisin Helsingin Kulosaaresta, jossa sen ensimmäinen tukikohta oli autotalli, eli toiminta on lähtenyt käyntiin vaatimattomista tiloista. (Planmeca, 2021)

2.2 Planmeca nykyään

Planmeca tunnetaan maailmalla yhtenä isoimmista terveysteknologian laitevalmistajista. Tuotteita viedään maailmanlaajuisesti yli 120 maahan. Tuotevalikoimaan kuuluvat esimerkiksi digitaaliset hammashoitokoneet sekä hammaskuvantamisessa käytettävät röntgenlaitteet. Lisäksi tuotevalikoimassa on lukuisia muitakin tuotteita ja ohjelmistoratkaisuja hammaslääketieteen asiakkaille. Palvelut ja laitteiden huolto ovat myös keskeisiä asioita asiakkaille. (www.planmeca.com/fi)

Yritys on maailman suurin yksityisomisteinen hammasteknologian yritys. Yhtiö työllistää noin 4400 henkilöä ja sen liikevaihto on noin 1.2 miljardia euroa. Planmeca kuuluu useita eri yrityksiä ympäri maailmaa. Alla olevassa kuvassa 1 on esitelty Planmeca Groupiin kuuluvat yritykset. (Planmeca, 2021)

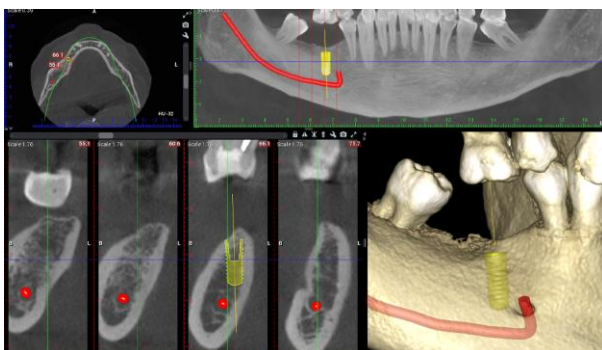


Kuva 1. Planmeca Group. (www.planmeca.com)

Yrityksen tuoteskaala on laaja, esittelen tässä esimerkin röntgenlaitteesta (kuva2), jossa on Planmecan Viso mallisarjan tuote. Tyypillinen röntgenlaitteella otettu kuva potilaasta Viso-sarjan tuotteella kuvassa 3.



Kuva 2. Planmeca Viso panoraamaröntgenlaite. (Teemu Nieminen)



Kuva 3. Tyypillinen röntgenkuva Viso laitteella. (www.planmeca.com)

Kuvassa 4 on tyypillinen hoitokone kokonaisuus, joka pitää sisällään useita lisälaitteita pelkän potilastuolin lisäksi. Planmeca tarjoaa erilaisia kokonaisuuksia klinikoille asiakkaan tarpeen mukaisesti.



Kuva 4. Hammashoitokone oheislaitteineen. (Teemu Nieminen)

Kuvassa 5 on Intra-oral röntgenlaite, jonka valmistusta myös tämä insinööriyö käsittelee. Laite on mahdollista hankkia integroituna hoitokoneeseen (kuva 4) tai seinäkiinnitteisenä (kuva 5)



Kuva 5. Intra-oral röntgenlaite. (Teemu Nieminen)

3 Aihe, rajausta ja ajankäyttö

Työ tehtiin omalla-ajalla, eikä siihen käytetty työaika. Työ oli teoriapohjainen, ja sen tarkoituksena oli tuottaa ideoita johdannossa esille otettuihin kohtiin tuotannossa. Työ toteutettiin ylemmän ammattikorkeakoulun opinnäytetyön opintopisteiden määrittelemän ajankäytön puitteissa. Työn tekeminen aloitettiin vuonna 2023 ja se valmistui keväällä 2025.

Aiheeseen olen tutustunut oman työni työnjohtotuturauksien kautta. Aihetta pohiessani, pidin tärkeänä, että työ on mieleinen työelämän kehitystehtävä, joka on mahdollista toteuttaa käytäntöön ja sillä saataisiin konkreettisia hyötyjä valmistuksen suhteen sekä röntgenlaitetuotannon- ja asiakastytyväsyyden näkökulmasta. Lisäksi haluan tuoda esiin kestävän kehityksen näkökulman, jotta voidaan kehittää tuotantoa ekologisempaan suuntaan.

Tutustuin työskentelyyn käytännönläheisesti valmistamalla tuotantosolussa kaksi laitetta alusta loppuun opintovapaani aikana. Täten sain kattavan käsityksen epäkohdista ja sain tehtyä itselleni havaintoja puutteista ja epäkohdista. Pääsin samalla myös haastattelemaan työntekijöitä, joilta sain hyviä huomioita nykyisen toimintamallin eduista ja haitoista.

Muutokset tuotantomalliin, tilan käyttöön sekä työergonomiaan ovat työssäni avainasemassa, joihin kiinnitän työssäni huomiota. Työssäni käsittelen myös muita havaintojani tuotannosta pääpiirteittäin, mutta ne ovat sivuhuomioita, joihin on myös syytä jatkossa kiinnittää huomiota. Näitä ovat esimerkiksi osakoonpanojen visuaalinen toimivuus sekä työpiste, jossa koonnoksia tehdään. Tein myös päätöksen, että etsinkö kehitysehdotuksia nykyiseen toimintaan pienillä muutoksilla vai käsittelenkö ongelmaa isommassa mittakaavassa, jolloin työn tulokset koskevat myös muuta röntgenlaitetuotantoa.

Työlle on mielestäni perusteltu tarve tulevaisuuden kannalta, koska tuotantoa on tarve sopeuttaa uusien tuotteiden jalkauttamisen kannalta. Lisäksi asiakastytyväsyyttä on syytä parantaa nopeasti muokattavilla valmistussuunnitelmillä, jotta voidaan tarvittaessa valmistaa sekä vanhempaa mallia tai uutta versiota.

Ideana on tuoda aloitteellisesti ideoita ja hyviä kehitysehdotuksia sekä muutostoiminnan malleja käytäntöön. Lisäksi on tarkoitus oppia itse uutta ja kehittyä asioiden kehittäjänä sekä työelämän uudistajana. Nykyisen tuotantomallin haastaminen ja sen parantaminen on oleellisessa osassa tätä työtä. Työ perustuu pääsääntöisesti omakohtaisiin kokemuksiin tuotantosolun päivittäisistä haasteista, joihin pyrin löytämään ratkaisuehdotuksia. Käytän myös apuna tutkimuskysymysten kautta saatuja lisätietoja.

4 Tutkimusmenetelmä ja tutkimuskysymykset

Työ kohdistuu käytäntöön ja suorittavaan tekemiseen, joten päätin valita sitä vastaavan tutkimusmenetelmän. Lisäksi asetin tutkimuskysymyksiä, joihin etsin konkreettisia kehitysehdotuksia. Työ on laadullinen, eli kvalitatiivisen tutkimusmenetelmän kautta tuotettu aineisto. Työssä otetaan myös kantaa määrälliseen tutkimukseen, koska tavoitteena on nostaa valmistettavien tuotteiden määrää nykyisestä, perustuen standardiaikatutkimukseen.

4.1 Konstruktiivinen tutkimus

Konstruktiivinen tutkimus on lähestymistapa, joka yhdistää teoreettisen pohdinnan ja käytännön ongelmanratkaisun. Sen tavoitteena on tuottaa käytännönläheisiä ratkaisuja todellisiin ongelmiin, mutta samalla tuottaa uutta tietoa ja kehittää teoriaa. Konstruktiivinen tutkimus on erityisesti soveltuva menetelmä silloin, kun halutaan kehittää uusia malleja, menetelmiä tai prosesseja, jotka voivat vastata tiettyihin tarpeisiin tietyssä kontekstissa (Virtanen, 2006).

Konstruktiivisessa tutkimuksessa prosessi alkaa usein ongelman tunnistamisella ja sen syvällisellä analysoinnilla. Tämän jälkeen luodaan ratkaisu, joka voi olla esimerkiksi uusi menetelmä, prosessi tai järjestelmä. Ratkaisun kehittämisen pohjautuu aiempaan tutkimukseen ja teoriaan, mutta se on myös luonteeltaan innovatiivista ja uutta tietoa tuottavaa. Konstruktion luomisen jälkeen se testataan käytännössä, ja sen toimivuutta arvioidaan ennen sen mahdollista yleistämistä (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti, 2015).

Konstruktiivisessa tutkimuksessa on tärkeää yhdistää teoria ja käytäntö. Tämä yhdistäminen ei ole pelkästään teoreettista pohdintaa, vaan sen keskeinen tavoite on kehittää käytännön ratkaisuja, jotka vastaavat tutkimuksessa tunnistettuihin ongelmiin. Virtanen (2006) korostaa, että konstruktiivinen tutkimusote mahdollistaa syvällisen yhteistyön tutkimuksen kohteena olevien toimijoiden kanssa, mikä voi johtaa ratkaisujen parempaan soveltavuuteen käytäntöön. Tämä lähestymistapa on erityisen hyödyllinen soveltavassa tutkimuksessa, kuten liiketoiminnassa ja koulutuksessa, joissa teoreettisen tiedon ja käytännön kokemuksen yhdistäminen on olennaista.

Konstruktiivinen tutkimus ei rajoitu vain teoreettiseen kehittämiseen, vaan keskiössä on myös käytännön soveltaminen ja ratkaisun testaaminen. Ojasalo, Moilanen ja Ritalahti (2015) toteavat, että konstruktion kehittämissuorissa voidaan hyödyntää empiiristä tutkimusta, kuten pilotoiteja tai kokeiluja, jotka antavat tietoa siitä, miten ratkaisu toimii todellisessa ympäristössä. Testausvaiheessa saatu palaute on ratkaisevaa, sillä sen perusteella konstruktiota voidaan muokata ja parantaa.

Konstruktiivinen tutkimus eroaa perinteisistä tutkimusmenetelmistä siinä, että se ei ainoastaan pyri tuottamaan yleispäteviä teoreettisia totuuksia, vaan sen tavoitteena on tuottaa konkreettinen ja käytännöllinen lopputulos, joka voi ratkaista tutkittavaa ongelmaa. Virtanen (2006) korostaa, että konstruktiivinen tutkimus on ongelmanratkaisupainotteista ja sen päämääränä on tuottaa hyödyllisiä ja toimivia ratkaisuja, joita voidaan käyttää käytännössä.

Konstruktiivisen tutkimuksen kautta syntyy uutta tietoa, joka on sekä teoreettisesti relevanttia että käytännön tasolla sovellettavaa. Ojasalo, Moilanen ja Ritalahti (2015) huomauttavat, että tutkimuksen lopputulos voi olla esimerkiksi uusi kehittämismenetelmä, prosessimalli tai työkalu, joka parantaa toimintatapoja tai ratkaisee olemassa olevan ongelman. Tämä erottuu perinteisestä tieteellisestä tutkimuksesta, jossa painopiste on enemmän teoreettisessa tiedon tuottamisessa ilman välitöntä käytännön soveltamista. Konstruktiivisen tutkimuksen suu-

rimpia vahvuuksia on sen kyky tuottaa uutta tietoa, joka voi vaikuttaa suoraan käytäntöön ja parantaa toimintatapoja.

4.2 Tutkimuskysymykset

Työni tutkimuskysymyksiä ovat:

- Minkälaisia ongelmakohtia nykyisessä tuotantomallissa esiintyy?
- Minkälaisia päivittäisiä haasteita nykyisessä tuotantomallissa esiintyy työnjohdon näkökulmasta?
- Minkälaisia päivittäisiä haasteita nykyisessä tuotantomallissa esiintyy logistiikan näkökulmasta?
- Tehdäänkö tuotteita oikeassa järjestyksessä ja oikeaan aikaan?
- Voidaanko muuttuviin asiakastoimituksiin reagoida ketterästi?
- Miksi tavoiteaika on xx tuotetta / henkilö päivässä? [Määrä poistettu julkaisuvasta versiosta]
- Onko työpiste viihtyisä, turvallinen ja tehokas?

5 Lean-teorian soveltuvia osa-alueita työhöni

Tässä työssä hyödynnetään Lean-ajattelun työkaluja, joiden avulla voidaan tunnistaa ja analysoida hukkaa esimerkiksi materiaalien käytössä, turhissa liikkeissä sekä toiminnassa, joka ei tuota asiakkaalle lisäarvoa. Leanin näkökulma on keskeinen työn analyysissä, sillä se auttaa erottamaan asiakkaalle arvoa tuottavat ja tuottamattomat toiminnot, joita kehitysehdotuksissa pyritään vähentämään tai poistamaan.

5.1 LEAN

Lean-toimintamalli kehitettiin alun perin Japanissa Toyotan autotehtailla, heidän tuotantoperiaatteidensa pohjalta. Aluksi Lean-mallia hyödynnettiin erityisesti autoteollisuudessa, mutta nykyisin se on laajasti käytössä tuotannon kehittämisen viitekehyksenä lähes kaikilla toimialoilla (Liker, 2004; Kouri 2009) Yleensä ajatellaan, että Lean-filosofiaa voidaan hyödyntää vain teollisuudessa, mutta sen on laajasti käytössä esimerkiksi myös sairaaloissa palveluiden tehostamisessa. (Modig & Åhlström 2012)

Lean on johtamis- ja toimintafilosofia, jonka tavoitteena on lisätä asiakasarvoa poistamalla toiminnasta hukkaa, tehostamalla prosesseja ja parantamalla laatua (Kouri, 2009, s, 5-10).

Keskeistä on henkilöstön sitouttaminen ja kouluttaminen Lean-ajatteluun. Ilman ymmärrystä Lean-toimintatavoista ja yrityksen sitoutumista niiden mukaiseen toimintaan ei voida odottaa merkittäviä tuloksia (Petterson, ym., 2018)

Ytimekkäästi ilmaistuna mielestäni Lean-periaatteita noudattavat organisaatiot pyrkivät minimoimaan kaiken turhan työn ja varastoinnin sekä maksimoimaan asiakasarvoa tuottavat toiminnot.

5.2 5S

Lean-toimintamallin yksi keskeinen työkalu on 5S-menetelmä, jonka tavoitteena on luoda siisti, järjestelmällinen ja turvallinen työympäristö. Menetelmä perustuu japanilaisiin tuotannon kehittämisen periaatteisiin, ja sen taustalla on ajatus siitä, että hyvin organisoitu työympäristö tukee tehokkuutta, laatua ja työhyvinvointia (Kouri, 2009, s 26-27; <https://tehos.fi/lean-5s-opas/>)

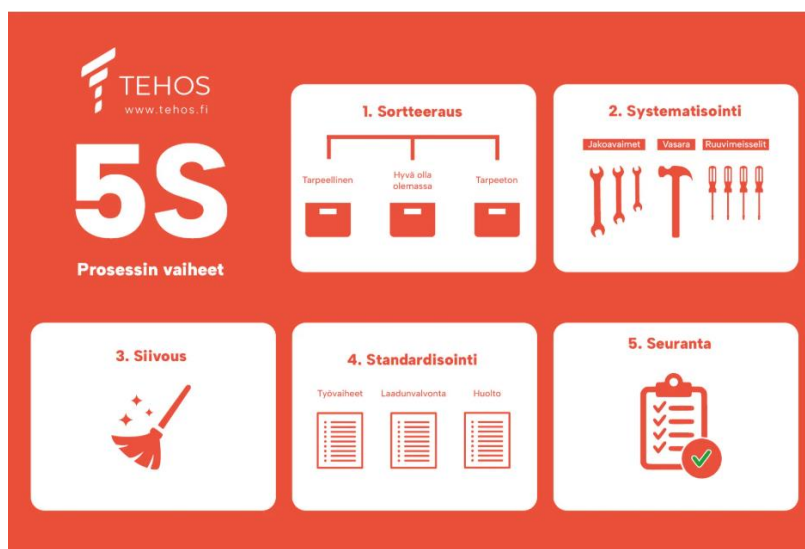
5S-menetelmän nimi tulee sen viidestä osa-alueesta, jotka Kouri (2009) ja Liker (2004) nimeää teoksessaan Lean taskukirja ja Toyotan tapaan. Nämä viisi aluetta ovat:

1. **Lajittele** (Seiri): Poistetaan työalueelta tarpeeton tavara
2. **Järjestä** (Seiton): Järjestetään työvälineet ja materiaalit loogisesti ja käyttöä tukevalla tavalla.
3. **Siivoa** (Seiso): Työympäristö pidetään jatkuvasti puhtaana ja kunnossa.
4. **Vakiinnuta** (Seiketsu): Luodaan yhtenäiset käytännöt ja ohjeet tukemaan ylläpitämistä.
5. **Ylläpidä** (Shitsuke): Sitoudutaan jatkuvaan parantamiseen ja työskentelytapojen noudattamiseen. (Kouri, 2009; Liker, 2004)

Lisäksi on tunnistettu työturvallisuus kuudentena osana tätä menetelmää, jonka haluan nostaa esiin

6. **Turvallisuus:** Huomioidaan työturvallisuus osana kaikkia muita alueita.

Kuvassa 6 on ilmaistu tämän prosessin vaiheita havainnollistavasti. Tyypillisesti aikanaan keskityttiin 5S toimintoihin, mutta myöhemmin on otettu mukaan 6S, joka on kuvaa turvallisuuden kehittämistä. Tätä ei ole ilmaistu kuvassa 6.



KUVA 6. 5S (Luettu 9.2.25 <https://tehos.fi/lean-5s-opas/>)

5.3 7 Hukkaa

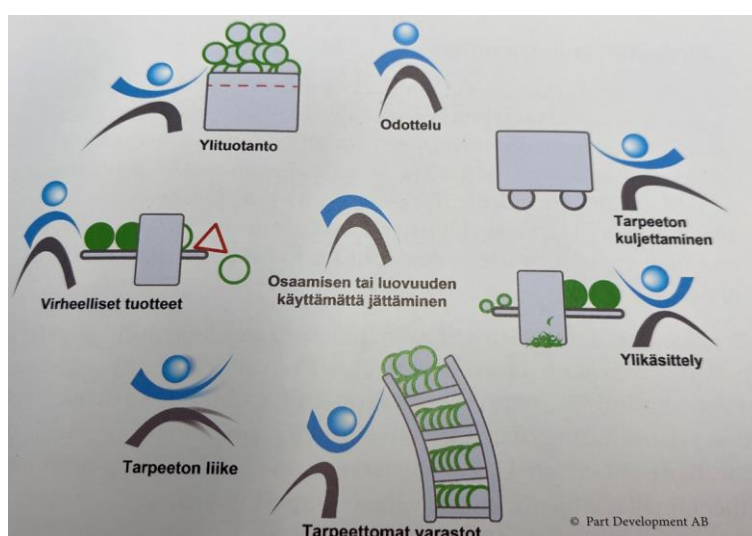
Lean-ajattelun keskeinen tavoite on asiakasarvon maksimoiminen poistamalla toiminnasta kaikki sellainen, mikä ei tuota arvoa. Tätä arvoa tuottamatonta toimintaa kutsutaan hukaksi. Pettersonin ym. (2018, s, 29-38) mukaan hukka on resurssien käyttöä, joka ei tuo lisäarvoa asiakkaalle. Lean-filosofian mukaan toiminnan kehittämisessä tulee ensisijaisesti tunnistaa ja vähentää tai poistaa nämä hukat.

Lean-ajattelussa tunnistetaan seitsemän perinteistä hukkaa, jotka esiintyvät eri muodoissa prosesseissa (Petterson ym. 2018 s. 29-38).

1. **Odottaminen** – Aika, jolloin työntekijät tai koneet odottavat seuraavaa työvaihetta, saapuvaa materiaalia tai tietoa.
2. **Ylituotanto** – Tuotteiden tai palveluiden tuottaminen ennen kuin niitä tarvitaan, mikä johtaa ylimääräiseen varastointiin ja resurssien sitomiseen.
3. **Kuljettaminen** – Tarpeeton tuotteiden, materiaalien tai tietojen siirtely prosessin eri vaiheiden välillä.
4. **Ylikäsittely** – Työn tekeminen pidemmälle kuin mitä asiakas tarvitsee tai odottaa.
5. **Varastot** – Tarpeettomien raaka-aineiden, puolivalmisteiden tai valmiiden tuotteiden varastointi, joka sitoo pääomaa.
6. **Liikkuminen** – Työntekijän turhat tai tarpeettomat liikkeet, jotka eivät lisää arvoa (esim. etsiminen, kurottelu, kävely).
7. **Virheet ja uudelleentyö** – Tuotteet tai palvelut, jotka eivät täytä laatuvaatimuksia ja jotka on korjattava tai hylättävä.

Petterson ym. (2018) lisäävät näihin vielä kahdeksannen hukkan, joka on **henkilöstön osaamisen ja luovuuden hyödyntämättä jättäminen**. Tämä tarkoittaa, että työntekijöiden kykyjä ei käytetä täysimääräisesti toiminnan kehittämisessä tai päätöksenteossa.

Seitsemän hukkan tunnistaminen on olennainen osa Lean-menetelmien käyttöönottoa. Niiden vähentäminen parantaa tehokkuutta, laatua ja työn mielekkyyttä sekä tuo konkreettisia hyötyjä organisaatiolle ja asiakkaalle. Kuvassa 7 on esitetty 7 hukkaa.



Kuva 7. 7 Hukkaa (kirjasta Petterson ym, 2018, s,31)

5.4 Genchi qenbutsu

”Et voi olla varma siitä, että todella ymmärrät jotain yrityksen ongelmaa, ellei mene itse paikan päälle katsomaan. On anteeksiantamatonta pitää asoita itseltään selvänä tai turvautua muiden raportteihin” (Jefrey K. Liker, Toyotan Tappaan 2013, s, 223)

Tätä mallia on hyvä käyttää käytännönläheisessä tutkimuksessa, jolloin selvitystyöntekijän on itse mentävä paikanpäälle toteamaan epäkohtia ja havaitsemaan epäkohtia, jotta pystyy tekemään kehitysehdotuksia.

5.5 JIT

Just-in-Time (JIT) on tuotannonohjausjärjestelmä, jonka perusajatus on tuottaa tuotteet vain silloin, kun niitä tarvitaan, oikeassa määrässä ja oikeaan aikaan. Tämän menetelmän avulla pyritään vähentämään varastointikustannuksia, lyhentämään toimitusaikoja ja parantamaan prosessien tehokkuutta. JIT perustuu vahvasti Lean-ajatteluun, jossa tavoitteena on poistaa kaikki turhat vaiheet ja vähentää hukkaa kaikilla tasoilla (Ohno, 1988, s. 35).

JIT-teorian keskeisiä periaatteita ovat:

- **Varastojen minimointi:** Tuotannon ja varastojen välinen linkki pyritään pitämään mahdollisimman tiiviinä, mikä vähentää varastointikustannuksia (Liker, 2004, s. 120).
- **Toimitusketjun hallinta:** Tavoitteena on vähentää materiaalien siirtelyä ja lyhentää tuotannon aikarajoja, jolloin tuotteet saapuvat juuri ennen kuin niitä tarvitaan tuotantoprosessissa (Ohno, 1988, s. 78).
- **Laatu ja virheetön tuotanto:** JIT-menetelmä edellyttää, että tuotannossa ei esiinny virheitä, sillä pienetkin virheet voivat aiheuttaa viivästyksiä, jotka estävät JIT:n toimimisen tehokkaasti (Liker, 2004, s. 175).

JIT-mallin käyttöönoton myötä organisaatio pystyy vähentämään hukkaa, kuten ylimääräisiä varastoja ja odotusaikoja, samalla kun se parantaa toimituskykyään ja asiakastyytyväisyyttään (Ohno, 1988, s. 93).

5.6 Virtaustehokkuus

Virtaustehokkuus (flow efficiency) on keskeinen osa Lean-ajattelua, joka keskittyy prosessien sujuvuuden ja nopeuden optimointiin. Modig ja Åhlström (2012) käsittelevät virtaustehokkuutta osana Lean-filosofiaa ja korostavat, että virtaustehokkuus liittyy suoraan siihen, kuinka hyvin prosessissa olevat osat liikkuvat ilman keskeytyksiä tai viiveitä. Heidän mukaansa virtaustehokkuuden paranta-

minen voi vähentää hukkaa ja parantaa asiakastytyvääisyyttä. Prosessien synkronointi ja materiaalien oikea-aikainen saatavuus ovat keskeisiä tekijöitä virtaustehokkuuden lisäämisessä (Modig & Åhlström, 2012, s. 45-47).

Vastaavasti Womack ja Jones (2003) Lean-ajattelussaan kuvaavat virtaustehokkuuden merkitystä tuotantoprosessin optimoimisessa. Heidän mukaansa virtaustehokkuus ei ole vain tuotannon nopeutta, vaan myös prosessien joustavuutta ja kykyä sopeutua asiakkaan tarpeisiin. Lean-ajattelussa virtaustehokkuus edellyttää jatkuvaa prosessien arviointia ja parantamista, jotta voidaan minimoida viiveet ja pullonkaulat. Tämä parantaa tuotannon tehokkuutta ja vähentää tarpeetonta varastointia ja odottelua (Womack & Jones, 2003, s. 81-83).

5.7 Kaizen

Kaizen on yksi Lean-ajattelun kulmakivistä, ja sen peruseriaatteenä on jatkuva parantaminen, jossa pienet mutta jatkuvat muutokset johtavat merkittäviin parannuksiin tuotannon tehokkuudessa, laadussa ja organisaation kulttuurissa. Kaizenin filosofia perustuu siihen, että parannuksia tehdään askel kerrallaan, ja ne voivat koskea niin prosesseja, työtapoja kuin itse työympäristöäkin. Kaizenin ytimessä on työntekijöiden osallistaminen kehitystyöhön, jolloin he voivat esittää parannusideoita ja osallistua aktiivisesti ongelmanratkaisuun. Tämä työntekijöiden osallisuus on tärkeä osa Kaizenin kulttuuria, sillä se edistää jatkuvaa parantamista ja vahvistaa omistajuuden tunnetta yrityksessä (Imai, 1986, s. 23-30).

Kaizenin periaatteet ovat vakiintuneet erityisesti Toyota Production Systemissä, jossa jatkuva parantaminen on keskiössä. Toyotan filosofiassa Kaizen ei ole vain yksittäisiä parannuksia, vaan kokonaisvaltainen ajattelutapa, joka ulottuu koko organisaatioon. Toyota on soveltanut Kaizenin periaatteita kehittäessään toimintaansa aina toimitusketjusta tuotesuunnitteluun ja asiakaspalveluun saakka (Liker & Convis, 2011, s. 100-105).

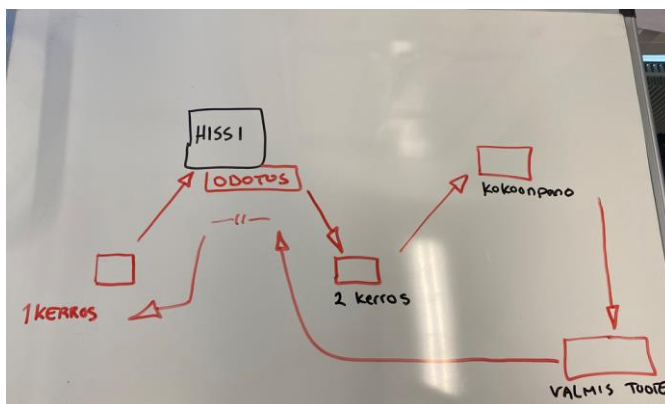
Kaizenin onnistunut toteuttaminen vaatii organisaatiolta sitoutumista pitkäjänteiseen kehitystyöhön ja johtajuutta, joka tukee jatkuvan parantamisen kulttuuria.

Tällöin organisaatio ei vain reagoi ongelmiin, vaan ennakoivasti etsii parannusmahdollisuuksia kaikilla tasoilla. Tämä lähestymistapa on erityisen tärkeä nykyajan kilpailukyvyyn ja asiakastyytyväisyyden ylläpitämisessä, sillä se mahdollistaa ketterän reagoinnin muuttuviin markkinavaatimuksiin ja parantaa prosessien sujuvuutta (Imai, 1986, s. 45-50).

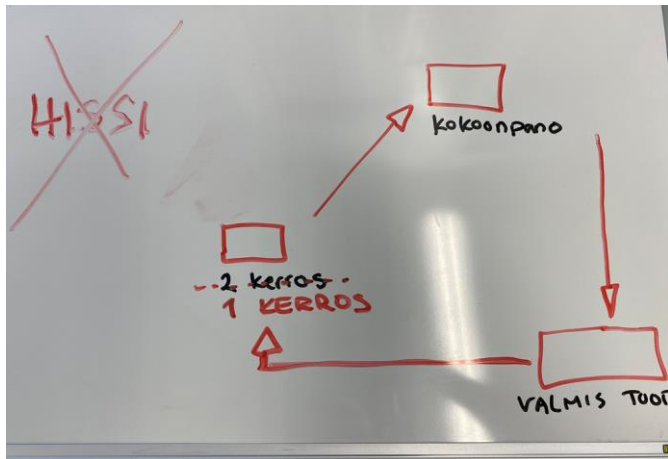
5.8 VSM

Value Stream Mapping (VSM) eli arvovirtakuvaus on keskeinen työkalu Lean-filosofiassa. Se on yksinkertainen, kynää ja paperia hyödyntävä menetelmä, jolla voidaan visualisoida ja ymmärtää tuotantoprosessin kokonaisuus sekä tunnistaa siihen sisältyvät hukkat. Menetelmässä piirretään auki nykytila, eli prosessin todellinen kulku, ja sen perusteella luodaan tulevaisuuden tavoitetila, josta hukkan lähteet on poistettu (Rother & Shook, 2009).

Tässä työssä hyödynsin arvovirtakuvausta hahmottaakseni intra-oral-tuotannon nykytilan. Piirsin prosessin valkotaululle saadakseni paremman käsityksen prosessissa esiintyvistä turhista liikkeistä (Kuva 8). Esimerkiksi hissien toistuva käyttö ja materiaalien yliprosessointi nousivat esiin merkittävänä hukkaa aiheuttavina tekijöinä. Kun prosessista poistetaan odotusaikoja ja kerrosten välistä kuljetusta (Kuva 9), vapautuu operaattorin aikaa asiakasarvoa tuottavaan työhön. Kuvista selviää, että nuolien määrä pienenee, kun asiakasarvo kasvaa ja turhaa liikettä poistetaan.



Kuva 8. VSM kuvaus alkutilanne (Teemu Nieminen)



Kuva 9. VMS tahtotila (Teemu Nieminen)

5.9 Työturvallisuus

Turvallisuuskulttuuri lisääntyy jatkuvasti ja sitä täytyy kehittää jatkuvasti, joten se on tärkeässä roolissa nykypäivän tehokkaassa toiminnassa. Siisti ja järjestelmällinen työympäristö edesauttaa saavuttamaan nolla tapaturmaa tasoisen turvallisen työpaikan. Kuvasta 10 näkee hyvin, kuinka ahdas kulkutila työpisteelle esimerkiksi on, jos tuotteet eivät ole niille määritellyillä paikoilla. Tämä ei lisää työturvallisuutta, koska tuotantotilaan pitäisi olla selkeät kulkureitit.

Kuva 10. Ahdas kulkureitti [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen).

Työturvallisuuslaki myös velvoittaa esimerkiksi, että työpaikan uloskäytävien ja kulkureittien täytyy olla esteettömät. Tämä ei toteudu aina nykyisessä layoutissa, koska tavaroita voi jäädä kulkureiteille (Työturvallisuuslaki 738/2002, 31§)

Työpisteessä tehdään runsaasti nostoja käsin. Työn kuormittavuus tietyissä työvaiheissa on haasteena nykyisessä tuotantomallissa. Työtehtäviä ei voi tehdä henkilö, mikäli hänellä on haasteita tuki- ja liikuntaelinten kanssa. Tämä luo haasteita henkilöresursseihin sekä siihen, että millä työpisteellä henkilöt voivat työskennellä. Kuvassa 11 on tyypillinen laitteen nostotilanne.

KUVA 11. Laitteen nosto. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Kuvassa 12 on tyypillinen laitteen kannattelu tilanne. Tässä vaiheessa tuotteen kanssa täytyy myös kävellä, jolloin kompastumisvaara kasvaa. Esimerkiksi lattialla olevien roskien tai tuotteesta roikkuvien sähköjohtojen takia.

KUVA 12. Laite kannattelussa. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Tuote täytyy nostaa telineestä pakkaukseen kokoonpanon jälkeen. Nykyisessä ratkaisussa pakkaus sijaitsee noin xxx cm korkeudella, mikä aiheuttaa työntekijälle kurottelevaa työskentelyä hartialinjan yläpuolella. Tämä työergonomisesti kuormittava vaihe tulisi poistaa tai vähintäänkin keventää ergonomisempien ratkaisujen avulla. Kuvassa 13 havainnollistetaan pakkauksen korkeutta ja tuotteen nostamista siihen.

KUVA 13. Laitteen nosto pakkaukseen xxx cm korkeudelle. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Tutustuin Työsuojeluhallinnon, Työturvallisuuskeskuksen sekä Työterveyslaitoksen ohjeistuksiin nostotöiden ergonomiasta. Lisäksi perehdyin työturvallisuuslain (738/2002) keskeisiin vaatimuksiin nostotyöhön liittyen. Valmistettavan laitteen paino on xxx kg, eikä se ole ergonomisesti helposti nostettavissa tuotteen nykyisissä valmistusvaiheissa. Kuvassa 14 laite on esitetty punnittuna. Nostotyön ergonomiaan tulisi kiinnittää erityistä huomiota jatkokehityksessä ja tulevaa valmistettavuutta suunniteltaessa.

Kuva 14. Valmiin tuotteen paino punnittuna. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

[Kappale poistettu julkaistavasta versiosta]

(kuva 15). Teline tulisi korvata uudella, rakenteeltaan turvallisemmalla vaihtoehdolla. Uuden telineen tulee olla CE-merkitty sekä varustettu selkeällä suurimman sallittavan kuormituksen ilmoittavalla merkinnällä. Näin voidaan varmistaa, että teline on oikein mitoitettu työssä käsiteltäville massoille. Kuormitusmerkinnät ovat olennaisia erityisesti kokoonpanotelineissä, jotta voidaan todentaa niiden soveltuvuus käyttötarkoitukseensa.

Kuva 15. Viallinen pakkausteline. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta]
(Teemu Nieminen)

5.10 Fyysinen kuormittavuus

Työn tavoitteena on vähentää fyysistä kuormitusta tuotantopisteessä. Laitteen paino pakkausvaiheessa on noin xxx kilogrammaa, mikä tekee siitä ergonomisesti kuormittavan nostettavan. Tällaisessa tilanteessa suositellaan nostovälineiden käyttöä tuotteen käsittelyssä. Työturvallisuuslaki ei määrittele yksiselitteistä painorajaa, jonka ylityttyä apuvälineen käyttö olisi pakollista, mutta työnantajalla on velvollisuus arvioida nostotöiden kuormittavuus ja huomioida riskitekijät erityisesti toistuvien nostojen osalta. (Työsuojelu.fi, 2025)

5.11 Laatu

Tuotteiden laatu on asiakkaan näkökulmasta keskeinen tekijä. Tuotannossa tyypillisiä laatuvirheitä ovat muun muassa dokumentaation puutteet sekä keräilyvirheet asiakastoimituksissa. Laadunhallinnan haasteet korostuvat erityisesti tilanteissa, joissa laitteen valmistuksesta vastaa useampi henkilö. Tällöin tiedonkulun katkokset voivat johtaa virheisiin tuotteen kokoonpanossa tai toimituksessa. Lisäksi pakkauslistat kuitataan tällä hetkellä manuaalisesti, mikä lisää virhealttiutta.

5.12 MES

[Kappale poistettu julkaistavasta versiosta]

MES-järjestelmän laajamittainen hyödyntäminen voisi tuoda merkittäviä etuja tuotannon sujuvuuden, seurattavuuden ja laadunhallinnan kannalta. Järjestelmä mahdollistaa muun muassa tuotantodokumenttien sähköisen käsittelyn sekä reaaliaikaisen tuotannon seurannan ja raportoinnin.

MES-järjestelmän keskeisiä etuja ovat tuotannon läpinäkyvyyden lisääminen, tehokkuuden ja tuottavuuden parantaminen sekä laadun ja jäljitettävyyden kehittäminen. Esimerkiksi pakkausvaiheen keräilyvirheitä voitaisiin ehkäistä viivakoodien avulla, jolloin tuotteet kirjautuvat automaattisesti järjestelmään. Näin keräilylistojen manuaaliselle kuittaukselle ei olisi enää tarvetta, mikä parantaisi prosessin luotettavuutta ja vähentäisi inhimillisiä virheitä.

Paperiton tuotanto on olennainen osa modernia MES-järjestelmän käyttöä. Tyyppillisesti MES-järjestelmä integroidaan yrityksen ERP-järjestelmään, mikä mahdollistaa tiedonkulun automatisoinnin eri toimintojen välillä. Tällöin esimerkiksi tuotantodokumenttien manuaalinen skannaaminen valmistuksen jälkeen jäisi pois.

Järjestelmän käyttöönottoon liittyy kuitenkin myös haasteita. Näitä ovat muun muassa korkeat alkuinvestoinnit, järjestelmän monimutkaisuus sekä ylläpidon resurssivaatimukset. Lisäksi MES on teknologia- ja lähtöinen ratkaisu, jolloin mahdolliset IT-häiriöt voivat vaikuttaa kriittisesti tuotantoon.

Kokonaisuutena MES edustaa modernia, asiakaslähtöistä tuotannonohjausta. Sen käyttöönoton laajempaa selvittämistä Planmecan röntgenlaitetuotannossa olisi syytä harkita, sillä järjestelmä tarjoaa konkreettisia mahdollisuuksia tuotannon tehostamiseen ja laadun varmistamiseen.

5.13 3D layout suunnittelun edut

Tutustuminen 3D-layout-mallintamiseen tuotannon kehittämisen ja tehostamisen osalta on tärkeää ottaa huomioon tulevaisuudessa, kun toimintoja kehitetään. Nykyisin käytössä oleva 2D-mallinnus ei enää hyödynnä kaikkia nykypäivän tarjoamia mahdollisuuksia. 3D-mallinnus tuo merkittäviä etuja tilojen realisti-

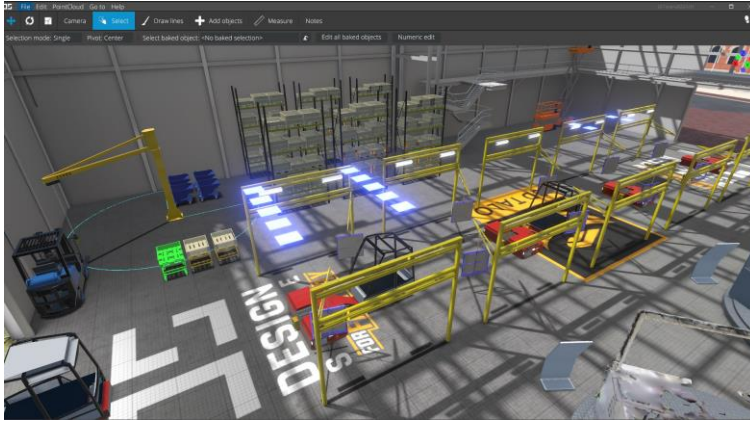
sen esittämisen osalta, mikä helpottaa suunnitelmien sisäistämistä ja hahmottamista. Se mahdollistaa paremman osallistamisen ja palautteen saamisen suunnitteluvaiheessa, koska mallin havainnollistaminen on helpompaa. Käytännölläheisyys korostuu myös, sillä 3D-mallit tuovat esiin tilan käytön todellisuuden.

3D-layout suunnittelua on hyödynnetty teollisuudessa erityisesti tilojen skannauksen ja suunnittelun yhteydessä. Verrattuna 2D-suunnitteluun, sen on havaittu tukevan paremmin suunnittelutyötä ja tilankäytön arviointia.

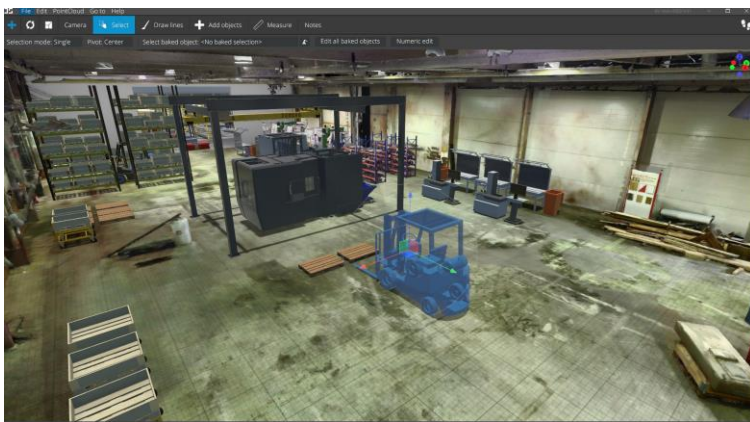
3D Layout-suunnittelun edut:

1. **Parempi käsitys lopputuotteesta ja tilasta:** 3D-mallinnuksessa käsitys tilasta ja lopputuotteesta on selkeämpi kuin 2D-malleissa, jotka vaativat enemmän tulkintaa ja mielikuvitusta.
2. **Parempi tilankäytön hallinta:** 3D-mallinnuksessa mittakaava on tarkka ja tilankäyttöä voidaan optimoida. 2D-piirroksissa eri näkymien yhdistäminen voi aiheuttaa mittavirheitä, mutta 3D-mallissa kaikki elementit ovat samassa tilassa.
3. **Nopea vaihtoehtojen testaus:** 3D-ohjelmilla voidaan testata nopeasti erilaisia suunnitelmia ilman, että täytyy piirtää useita eri versioita.
4. **Parempi päätöksenteko ja kommunikointi:** 3D-mallit helpottavat asioiden ymmärtämistä myös niiltä, jotka eivät ole teknisiä asiantuntijoita. Tämä parantaa kommunikaatiota sidosryhmien välillä. Lisäksi virtuaalikerrokset ovat mahdollisia, mikä on hyödyllistä erityisesti tuotannon esitelyssä.
5. **Helpompi tehdaslayoutin suunnittelu:** 3D-malleissa työskennellään todellisessa tilassa, jolloin voidaan havaita esimerkiksi mahdolliset törmäyskohdat, miettiä kulkureittejä sekä arvioida koneiden ja laitteiden vaatimat tilat. Myöhässä havaitut tilahaasteet voivat aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia, jos muutoksia täytyy tehdä tuotannon käynnistyttyä.

Kuvissa 15 ja 16 on esimerkkejä siitä, kuinka 3D-layout-mallintaminen onnistuu 3D Talo Oy:n tarjoamalla Design Space -ohjelmalla. (Naamanka I., Keskustelu helmikuussa 2025. 3D Talo Oy). Huomioitavaa on, että tämä tarjous on yksittäisen palveluntarjoajan näkemys ja esimerkki mahdollisuuksista, joita 3D-mallinnus voi tarjota tuotannon kehittämisessä.



Kuva 15. Esimerkki 3D mallista (kuva 3D Talo Oy)



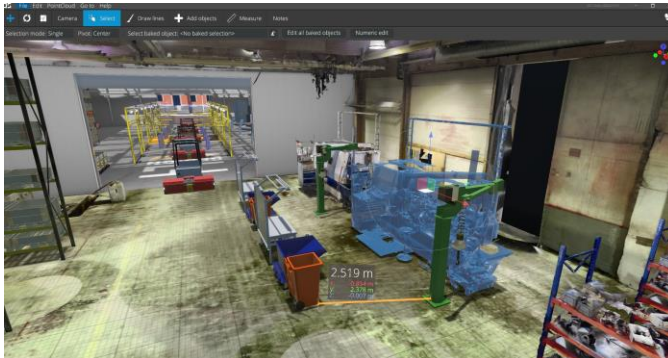
Kuva 16. Esimerkki 3D mallista (kuva 3D Talo Oy)

Lisäarvoa toimintaan voi tuoda asiakkaan toimitilan oikea kuvantaminen ja sen viennin mahdollistaminen järjestelmään, jossa asiakas voi muokata ja suunnitella tilaa itse. Tällöin ympäristö on konkreettinen, ja muutoksia voidaan tehdä visuaalisesti. Tämä voi edistää suunnitteluprosessien joustavuutta ja asiakaslähtöisyyttä.

Planmecan tuotantoympäristöissä voitaisiin harkita tämän kaltaisten menetelmien kokeilua erityisesti tietyillä kokoonpanoalueilla, kun suunnitellaan ja kehitetään uusia työtiloja. Opinnäytetyön liitteenä (5) on esimerkki tilan kuvantamisesta ja Design Space -ympäristön käyttömahdollisuuksista Intra-oral laitevalmistuksen layout-suunnittelussa. Kyseinen tarjous on yhden palveluntarjoajan näkemys ja toimii esimerkkinä mahdollisuuksista, joita 3D-mallinnus voi tarjota tuotannon kehittämisessä.

3D-pohjia voidaan hyödyntää myös työturvallisuuden parantamisessa ja virtauksen suunnittelussa, esimerkiksi silloin, kun trukkilavat tai komponentit ovat liikuteltavissa helposti. Koska kaikki osat ja tuotteet ovat oikeassa mittakaavassa, niiden hahmottaminen on helpompaa. Kuvantamisessa voivat lisäksi ilmetä mahdolliset esteet rakennuksessa, kuten betonitolpat keskellä tuotantotiloja, jotka saattavat muuten jäädä huomaamatta.

Kuvia tarkastellessa (kuvat 17 ja 18) voidaan todeta, että ero 2D-mallinnusten ja näiden esimerkkikuvien välillä on selkeä. 3D-mallintaminen voi tarjota uusia mahdollisuuksia tuotannon suunnittelussa.



Kuva 17. 3D mallinnus esimerkki (kuva 3D talo Oy)

Kuva 18. Nykyisin käytössä oleva 2D mallinnuspohja. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

3D layoutin etuja ei voida suoraan perustella hinnalla, mutta sen hyödyt ilmenevät selkeästi käytännölläisyyden, sidosryhmien osallistamisen ja visuaalisuu-

den parantumisen kautta. 3D-mallinnuksen avulla tilasuunnittelut ja muutokset voidaan esittää visuaalisesti havainnollisesti, mikä helpottaa sekä suunnittelijoiden että muiden osapuolien ymmärrystä ja osallistumista prosessiin. Tämä visuaalinen lähestymistapa tukee myös parempaa kommunikaatiota ja nopeampaa päätöksentekoa.

5.14 Työntutkiminen

Työntutkimus on systemaattinen menetelmä, jolla analysoidaan työtehtävien ja prosessien laatua, tehokkuutta sekä työn kuormittavuutta. Sen tavoitteena on parantaa tuottavuutta ja työhyvinvointia. Työntutkimuksessa keskeisessä roolissa on myös työympäristön ja työn kehityskohteiden tunnistaminen.

Planmecalla työntutkimuksessa hyödynnetään LAM-järjestelmää (standardiaikajärjestelmä), jonka avulla määritetään valmistettavalle tuotteelle sen valmistamiseen kuluva aika. Järjestelmä ottaa huomioon muun muassa päivävakiot ja elpymisajat ja tuottaa näin laskennallisen standardiajan työn suorittamiselle.

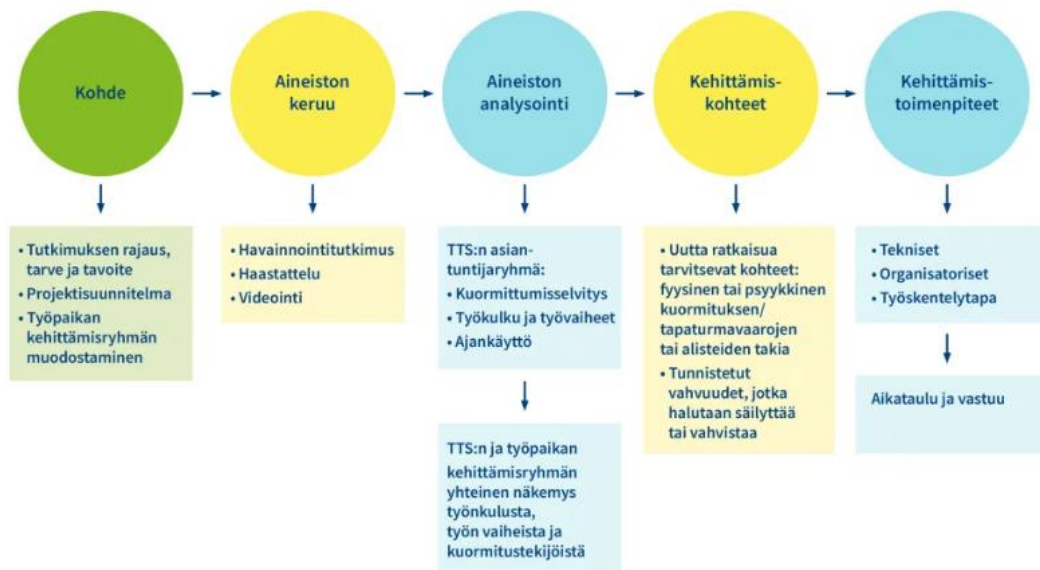
Planmecan työntutkimusprosessi etenee yleisesti seuraavien vaiheiden kautta:

1. Työvaihe suoritetaan kokeneen työntekijän toimesta, ja siitä tehdään videotallenne.
2. Työntutkija analysoi tallenteen ja määrittää standardiajan tuotteen valmistamiselle.
3. Standardiaika käydään läpi sidosryhmien kanssa ja kirjataan ERP-järjestelmään kyseisen tuotteen kohdalle.

Tässä opinnäytetyössä hyödynnän laskennallista aikaa hukkien tunnistamiseen. Uudessa ehdotetussa tuotantomallissa pyritään saavuttamaan LAM-järjestelmän määrittämä työnarvoaika. Intra-oral-laitteen valmistamisen standardiaikakuvaus on esitetty työn liitteessä (4), jossa ilmenee valmistamiseen käytettävä kokonaisaika.

Työntutkimuksen keskeisiä osa-alueita ovat nykytilan kartoitus, työtapojen ja -menetelmien kehittäminen, ergonomian ja laadun tarkastelu sekä työturvallisuushavaintojen tekeminen. Laadukas työntutkimus voi parantaa tuottavuutta, lisätä työhyvinvointia ja kohottaa laatutasoa. (*Työntutkimuksen käsitteitä, menetelytapoja ja käyttökohteita*, EK-SAK tuottavuusryhmä, 2011, Teknologiateollisuus)

Kuvassa 19 on esitetty tyypillinen työntutkimuksen kulku prosessina.



Kuva 19. Työntutkimisprosessi. (www.ttl.fi)

6 Lähtökohdat ja nykyinen toimintamalli

6.1 Nykyinen toimintamalli

Nykyinen tuotantotila sijaitsee rakennuksen toisessa kerroksessa. Kuvassa 20 on esitetty Planmecan röntgenlaitetuotannon nykyinen sijoittuminen rakennuksessa. Erityistä huomiota kannattaa kiinnittää siihen, että työtilat ovat jakautuneet useaan kerrokseen monikerroksisessa rakennuksessa. Tämä aiheuttaa tuotannon virtautuksen kannalta haasteita, kuten tarpeetonta siirtymistä kerroksesta toiseen sekä mahdollisia logistisia pullonkauloja.

Kuva 20. Röntgenlaitetuotanto. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Kuvassa 21 on yleiskuva nykyisestä intraoral tuotantosolusta. Kuvasta voidaan todeta yleisesti, että tila on kompakti ja suhteellisen tiiviisti rakennettu.

KUVA 21. Yleiskuva Intra-oral tuotantosolusta. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Tämänhetkinen työn suorittaminen tehdään kolmessa eri päävaiheessa. Vaiheistukset eroavat toisistaan runsaasti. Lisäksi vaiheet ovat epätasapainossa toisiinsa nähden. Lisäksi työn aloitus suoritetaan nostamalla varsisto kiinteälle säätöpisteelle, joka on jo lähtökohtaisesti turha vaihe, mutta se on vielä tarpeellinen tässä toimintamallissa. Erityishuomiona, että erilaisia nostovaiheita tehdään runsaasti. Työvaiheet ovat karkeasti seuraavat:

1. Laitteen nosto pakkauksesta kiinteälle kokoonpanoalustalle ja alkusäädöt. Kuva 22.

KUVA 22. Ensimmäinen vaihe. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

2. Laitteen siirto edelleen kokoonpanoalustalle (kuva 23), kalustamisen aloittaminen tarvittavilla komponenteilla

KUVA 23. Laitte nostettu siirrettävälle alustalle. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

3. Laitteen säätö ja sähköturvatestaus kuvassa 24.

KUVA 24. Laitteen sähkötestaus. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

4. Laitteen dokumentointi ja pakkaus kuvassa 25

Kuva 25. Laitteen pakkausvaihe. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta]
(Teemu Nieminen)

Nykyistä tuotantomallia on pyritty rakentamaan Leanin periaatteiden pohjalta, mutta toteutus on jäänyt puutteelliseksi tai sitä ei ole jalkautettu systemaattisesti tuotannon arkeen. Teoriassa malli soveltuisi hyvin linjat tuotantoon, jossa työvaiheiden kesto on yhdenmukainen ja odottelua ei synny. Käytännössä malli on kuitenkin muovautunut työntekijöiden toimesta tämänhetkisiin olosuhteisiin parhaiten sopivaksi kompromissiksi.

Nykytila edellyttää jatkuvaa puskurien rakentamista, kuten tuotantotiloista otetuista kuvista voidaan havaita. Eri työvaiheissa on yhtä aikaa useita laitteita kesken, ja tuotantoa pyritään ylläpitämään valmistamalla runsaasti puolivalmiita tuotteita. Näin varmistetaan, että jokaisella työpisteellä on riittävästi tehtävää. Tämä toimintamalli ei kuitenkaan vastaa Lean-ajattelun keskeisiä periaatteita, kuten virtautusta ja hukan minimointia.

Haastattelujen perusteella tuotantoympäristöä ei ole kehitetty tehokkaasti viime vuosina. Pienimuotoisia parannuksia on tehty, mutta merkittävä kehitys on puuttunut. Laitteita on uusittu ainoastaan rikkoutuessaan, eikä jatkuvaa kehittämistä ole systemaattisesti harjoitettu. Kehityksen puute heijastuu myös työtyytyväisyyteen, mikä näkyy muun muassa henkilöstökyselyiden tuloksissa.

Työvaiheet ovat vahvasti osaamissidonnaisia. Mikäli jokin tuotannon vaihe jää ilman osaavaa työntekijää, tuotanto voi pysähtyä kokonaan. Esimerkiksi pakkausvaiheen operaattorin puuttuessa koko tuotantoprosessi saattaa lamaantua. Mikäli tuotanto aloitetaan alusta, esimerkiksi testaajat ja pakkaajat joutuvat odottamaan ensimmäisten vaiheiden valmistumista, mikä aiheuttaa hukan lisääntymistä. Nykyinen toimintamalli perustuu pitkälti puskurivalmistukseen, eikä se tue Lean-filosofian mukaista virtaviivaista tuotantoa.

Työsolussa tehdään myös runsaasti osakokoonpanoja, mutta niiden osalta puuttuu selkeä visuaalinen ohjaus ja yhtenäinen toimintatapa. Ei ole yksiselitteistä tietoa siitä, onko tuotetta tarpeeksi tai onko sen valmistus varastoon järke-

vää. Kuvassa 26 on esitetty nykyinen osakokoonpanopiste, joka ei vastaa Lean-ajattelun keskeisiä periaatteita. Esimerkiksi 5S-menetelmän ja visuaalisen ohjauksen puuttuminen ovat selkeästi havaittavissa. Lisäksi hyllyratkaisut ovat ah-taita, mikä vaikeuttaa materiaalien käsittelyä ja lisää työn kuormittavuutta.

KUVA 26. Nykyinen osakokoonpano työpiste. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Osakokoonpanon puskurihylly, joka on esitetty kuvassa 27, ei vastaa visuaalisen Lean-toimintamallin periaatteita. Hyllyn järjestys ei mahdollista nopeaa tilannekuvaa tuotemääristä, eikä siitä voida helposti todeta, mitä tuotetta tulisi valmistaa lisää tai onko jokin tuote päässyt loppumaan. Visuaalisen ohjauksen puuttuminen vaikeuttaa työn suunnittelua ja priorisointia, mikä lisää hukan syntymisen riskiä ja heikentää tuotannon sujuvuutta.

KUVA 27. Osakokoonpanojen nykyinen visuaalinen hylly. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Työnjohdon näkökulmasta nykyinen toimintamalli on haastava. Operaattoreiden osaamista on ylläpidettävä useisiin linjakokoonpanon työvaiheisiin, mikä vaatii jatkuvaa perehdyttämistä ja kouluttamista. Lisäksi työnjohdon on otettava huomioon työn fyysiset kuormitustekijät sekä huolehdittava osakokoonpanojen riittävydestä tuotannon sujuvuuden varmistamiseksi. Näiden tekijöiden yhteensovittaminen päivittäisessä toiminnassa aiheuttaa haasteita ja vaatii jatkuvaa seuranta- ja nopeaa reagoitokykyä.

Hissin käyttö materiaalien tuomisessa ja valmiiden laitteiden poisvientiin on keskeisessä roolissa päivittäisessä tuotannossa. Koska tuotanto sijaitsee rakennuksen toisessa kerroksessa, materiaalivirrat kulkevat pääsääntöisesti hissin kautta. Jatkuva materiaalien kuljettaminen edellyttää hissin käyttöä, mikä aiheuttaa usein ruuhkaa ja viivästyksiä logistiikassa. Alue on ahdas ja logistisesti haastava, minkä seurauksena tavaraa kertyy erilaisiin välipuskureihin ja varastopaikkoihin.

Kuvissa 28 ja 29 näkyy, kuinka ylimääräistä tavaraa on kertynyt käytäville ja odotusalueille. Leanin periaatteiden mukaisesti ylimääräisiä varastoja tulisi välttää, sillä ne aiheuttavat turhaa sitoutunutta pääomaa ja vaikeuttavat materiaali-
virtojen hallintaa. Lisäksi materiaalien kuljettaminen tuotantotiloihin tapahtuu pumppukärryjen avulla, mikä on fyysisesti raskasta työtä materiaalihuoltajille.

Hissin käytön haasteita lisää myös se, että sama hissi palvelee useita osastoja, mikä aiheuttaa tuotannon operaattoreille jatkuvaa odottelua. Materiaalihuoltajien mukaan hissin odottaminen vie merkittävän osan heidän työajastaan. Tämä lisää tehottomuutta ja hidastaa materiaalivirtojen sujuvuutta koko tuotantoprosessin ajan.

KUVA 28. Hissin edustalla puskurissa tavaraa. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

KUVA 29. Linjalle menossa tavaraa, joka ei sinne mahdu. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Materiaalimäärä on suuri, koska valmistettavien tuotteiden määrä on päivittäin merkittävä, tuotteita tehdään pääsääntöisesti xxx [Määrät poistettu julkaistavasta versiosta] kpl päivässä resurssien ja tilauksien mukaisesti. Lisäksi materiaalit, kuten osat, kokoonpanot ja pakkausmateriaalit, vievät paljon tilaa. Tämän seurauksena materiaalivirrat aiheuttavat haasteita, erityisesti nykyisen tuotantosolun tilankäytön suhteen. Materiaalien toimitus tapahtuu usein keskelle tuotantosolua, mikä tekee tilasta ahtaan ja hankaloittaa logistiikkaa. Tämä tilanne on visuaalisesti epäedullinen ja aiheuttaa ongelmia materiaalivirtojen hallinnassa.

Kuvassa 30 on esitetty tavaraa, joka toimitetaan keskelle tuotantosolua, mikä korostaa nykyisen tilajärjestelyn haasteita ja tilaongelmia.

KUVA 30. Tuotantosolun keskellä oleva varastopaikka. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Nykyinen layout ilmenee kuvasta 31. Kuvasta voidaan todeta, että hissiliikenne on suuri (merkitty nuolilla kuvaan) ja tila on ahtaan tuntuinen.

KUVA 31. Nykyinen layout 2 kerroksessa. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Nykyinen tuotantoprosessi perustuu vakioituun tuotemäärään henkilöä kohti. Tuotantosolussa työskentelevän henkilön tavoiteltu tuotantomäärä on xx tuotetta päivässä. Virallinen mitattu työnarvo on tuotteelle alusta loppuun xx minuuttia (xx tuntia) standardiaikakuvausjärjestelmän mukaisesti. Jos työpäivän pituus on 7,5 tuntia, täytyisi 100 % työskentelyteholla valmistaa xxx tuotetta päivässä. Tämä on lähtökohta, johon pyritään, kun valmistetaan yksi tuote alusta loppuun tässä opinnäytetyössä. Tuotteen valmistuksessa käytettävät osakoonpanot, joiden työnarvo lisätään lopputuotteen valmistusaikaan, eivät ole sisältyneet standardiaikakuvaukseen.

6.2 Edelliset toimintamallit

Tuote on ollut valmistuksessa jo useiden vuosien ajan, minkä vuoksi sen tuotantomenetelmät ovat vaihdelleet eri mallien kehittyessä. Keskustelin kokeneempien työntekijöiden kanssa aiemmista toimintamalleista sekä niiden eduista ja haasteista. On ilmeistä, että vanhoista tuotantotavoista on luovuttu perustellusta syystä, ja aluetta on pyritty kehittämään kohti ketterämpää tuotantomallia. Tyypillinen aiempi toimintatapa on kuitenkin ollut massatuotanto, jossa valmistus perustui ylituotantoon – puolivalmisteita tuotettiin runsaasti ilman varsinaisia asiakastilauksia. Tällöin esimerkiksi tuotannon aloittaminen täysin alusta on ollut työlästä, ja kiireellisten tilausten priorisointi on osoittautunut haastavaksi.

Kuvassa 32 on esitetty jo käytöstä poistettu ratamalli, jossa tuotteet ripustettiin valmistuksen ajaksi. Kuvassa 33 puolestaan näkyy vielä vanhempi valmistusratkaisu, jota käytettiin tuotteen aikaisemmassa versiossa. Ratamallia oli vain aikanaan kehitetty uudelle tuotteelle paremmaksi.

KUVA 32, Rata-tuotanto. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Planmeca Oy)

KUVA 33. Vanhempi rata-tuotanto. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Planmeca Oy)

Kaiken kaikkiaan massoittain tuottaminen ei ole Lean-filosofian mukaista toimintaa. Asiakastyytyväisyys ei lisäännä keskeneräisestä tuotannosta. Lisäksi varastoarvo nousee ja on vaikea reagoida nopeisiin asiakastarpeisiin, koska keskeneräistä tuotantoa on niin paljon.

Kun kysyin työntekijöiltä kehitysehdotuksia tuotteiden valmistusprosessiin liittyen, esiin nousi useamman kerran toive ”rata takaisin” -tyyppisestä toimintamallista. Lähempi tarkastelu ja oma analyysini kuitenkin toivat esiin useita perusteluita sille, miksi ratamalli on aiemmin poistettu käytöstä. Näitä olivat muun muassa siirtyminen pois massatuotannosta, varastojen pienentäminen, virheelisten tuotteiden määrän vähentäminen, moniosaamisen kehittämistarpeet, läpimenoajan lyhentäminen sekä parempi kyky reagoida asiakasmuutoksiin. Nämä tekijät tukevat nykyistä joustavampaa ja asiakaslähtöisempää tuotantotapaa.

7 Kehitysehdotukset

Työn tuloksena esittelen kehitysehdotuksia Intra-oral-laitteiden valmistusprosessiin. Ehdotukset etenevät tärkeysjärjestyksessä, jonka olen itse määritellyt perustuen havaittuihin ongelmakohtiin sekä työn tutkimuskysymyksiin. Lähtökohdana on vastata työssä esiin nousseisiin haasteisiin ja epäkohtiin. Ehdotukset pohjautuvat sekä käytännön havaintoihin että työn teoriaosuudessa käsiteltyihin periaatteisiin, erityisesti Lean-ajattelun mukaisiin toimintamalleihin.

7.1 One-piece-flow

Nykyisen, heikosti toimivan linjakokoonpanon sijaan ehdotan siirtymistä malliin, jossa yksi operaattori valmistaa tuotteen alusta loppuun. Tuotannossa keskity-

tään jatkossa ainoastaan päätuotteen valmistamiseen, ja osakokoonpanot eriytetään tästä prosessista. Tavoitteena on saavuttaa tuotteen läpimenoajaksi standardiaikakuvauksen mukainen vaiheaika.

Lean-filosofian mukainen *one-piece flow* -malli on tässä tapauksessa luonteva ratkaisu. Näin lyhyessä prosessissa ei ole tarkoituksenmukaista pilkkoa työtä erillisiksi vaiheiksi, kuten nykyisessä tuotantomallissa on tehty.

Yksittäiskappalevirtaus mahdollistaa tuotannon ilman välivarastointia. Sen etuina ovat muun muassa lyhyempi läpimenoaika, laadun paraneminen, parempi reagointi tuotantomuutoksiin sekä tehokkaampi tilankäyttö.

Kun yksi henkilö vastaa koko tuotteen valmistuksesta alusta loppuun, myös laadunvarmistus ja vastuu työn tuloksista konkretisoituvat. Lisäksi tämä malli mahdollistaa valmistusajan todentamisen LAM-aikakuvauksen mukaisesti ja asettaa realistisen tavoitteen noin xxx tuotteen valmistukseen päivässä yhdeltä operattorilta. Tämä olisi merkittävä kehitysaskel nykyiseen tuotantomäärään verrattuna.

7.2 Demo työpiste

Ensimmäinen konkreettinen askel uuden tuotantomallin käyttöönotossa on demo-työpisteen rakentaminen. Sen tarkoituksena on mahdollistaa tuotteiden valmistaminen uudella tuotantovälineellä ilman, että nykyinen tuotanto häiriintyy. Tavoitteena on valmistaa demo-työpisteellä xxx tuotetta päivässä ilman ergonomisia haasteita.

Uuden tuotantovälineen suunnittelu on aloitettu tämän opinnäytetyön puitteissa yhteistyössä alihankkijan kanssa. Ehdotan, että sekä demo-työpiste että tuotantoväline toteutetaan alihankkijan tiloissa, jossa niitä voidaan testata hallitusti ja mahdolliset epäkohdat tunnistaa ajoissa. On erittäin tärkeää, että työntekijät pääsevät itse testaamaan työvälinettä ennen sen varsinaista käyttöönottoa.

Demo-työpisteen avulla voidaan myös käytännössä testata tavoiteltu standardiaika ja selvittää, mitä esteitä tai haasteita aikavaatimuksen saavuttamiselle mahdollisesti ilmenee. Näin saadaan arvokasta tietoa jatkokehitystä varten.

7.3 Tuotantoväline, joka poistaa ergonomiahaasteet

Kehitystyön tuloksena on tarkoitus ottaa käyttöön tuotantoväline, joka mahdollistaa Intra-oral -laitteen kokoamisen ergonomisesti ja ilman fyysistä kuormitusta. Tavoitteena on, että laitetta voidaan valmistaa turvallisesti ja tehokkaasti operaattorin fyysisistä ominaisuuksista riippumatta. Fyysisen rasituksen poistuminen vähentää riskejä ja mahdollistaa laajemman työntekijäjoukon osallistamisen tuotantoon.

Tuotantoväline toimii liikuteltavana kokoonpanopisteenä, jossa laitteen runko voidaan nostaa suoraan pakkauksesta ilman käsivoimaa. Kokoonpano voidaan suorittaa kokonaisuudessaan samalla laitteella, minkä jälkeen valmis tuote siirretään suoraan testaukseen ja pakkauspisteeseen. Laite on varustettu sähkökäyttöisillä pyörillä, joten sen siirtäminen eri työvaiheiden välillä on helppoa ja kevyttä.

Liikuteltavuus mahdollistaa joustavan layout-suunnittelun: testauspisteiden määrää ja sijaintia voidaan optimoida tuotantotarpeiden mukaan. Tämä vähentää pullonkauloja ja lisää kapasiteettia esimerkiksi uusien tuotteiden lanseerauksen yhteydessä tai uusien työntekijöiden perehdytyksessä.

Prototyyppi tuotantovälineestä on suunniteltu toteutettavaksi yhteistyössä alihankkijan kanssa. Ensimmäinen malli toimii myös demonstraatiopisteenä, jolla voidaan testata tavoiteltu tuotantomalli käytännössä ja arvioida mahdolliset kehityskohteet ennen lopullista käyttöönottoa.

[Kappale poistettu julkaistavasta versiosta]

7.4 Layout muutokset

Mikäli ehdotettuja muutoksia toteutetaan, suosittelen aloittamaan tilojen 3D-skannauksella uudenlaista 3D mallintamista varten. Tämän avulla voidaan mallintaa ja havainnollistaa uudet layout-ratkaisut realistisesti ja tehokkaasti, sen sijaan että suunnittelu tehtäisiin perinteisesti 2D-piirroksina. Kehitysehdotuksena esitän siis, että suunnittelu toteutetaan 3D-muotoiluna suoraan todellisissa tiloissa. Layoutien skannaus ja mallintaminen saadaan käynnistettyä, kun nykyinen Intra-oral tuotanto ja ensimmäisen kerroksen toimituskeskus skannattaisiin.

Layout-muutokset ovat keskeisessä roolissa tässä kehitystyössä. Intra-oral kokoonpano siirrettäisiin rakennuksen ensimmäiseen kerrokseen, jolloin hissiliikenne toiseen kerrokseen poistuu kokonaan. Materiaalivirtaa voidaan hallita tehokkaammin trukkien avulla, eikä raskasta pumppukärryllä tehtävää siirtotyötä tarvita. Tällöin keskitytään ydintoimintaan: tuotteen loppukokoonpano ja pakkaus muodostavat yhden selkeän tuotantosolun ensimmäisessä kerroksessa.

Samalla panoraamatuotannon verhoilu ja dokumentointi siirretään toiseen kerrokseen, nykyisen Intra-oral kokoonpanon tilalle. Tämä mahdollistaa sen, että panoraamatuotannon sähkötestaus, verhoilu ja dokumentointi yhdistyvät yhdeksi tuotantosoluksi. Ensimmäiseen kerrokseen jää ainoastaan panoraamatuotteiden loppupakkaus.

Muutoksen myötä keskeneräinen tuotanto puolittuu: sähkötestatut koneet voidaan käsitellä loppuun samassa tilassa ilman odottelua seuraavaan vaiheeseen. Alakerran toimituskeskukseen siirtyvät jatkossa vain valmiit, dokumentoidut sekä verhoillut panoraamatuotteet. Kuvassa 35 esitetään karkeasti tarvittava tila, mikäli Intra-oral tuotantosolu siirretään sellaisenaan ensimmäiseen kerrokseen.

Kuva 35. Sellaisenaan siirretty tuotantosolu. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Lisäksi erillinen Pro-One tuotantosolu siirrettäisiin vapautuneeseen tilaan toiseen kerrokseen, osaksi panoraamatuotantoa. Tämä on Pro-One -tuotteille luonteva sijainti, sillä myös muut vastaavat tuotteet kootaan toisessa kerroksessa. Samalla vapautuu kallis sähköturvatestauslaitteisto Intra-oral valmistuksen käyttöön. Kyseinen sähköturvallisuuslaitteisto on tällä hetkellä yksinomaan Pro-One valmistuksen käytössä, vaikka sen käyttöaste on vähäinen Pro-One tuotannon maltillisten valmistusmäärien vuoksi.

Kuvassa 36 esitetään ehdotus toisen kerroksen tulevaisuuden layoutista. Kuvassa on varattu tila myös Pro-one valmistukselle, ja siitä käy ilmi dokumentoinnin ja verhoilun vaatiman tilan, joka sijoittuisi vanhan Intra-oral tuotantosolun paikalle.

Kuva 36. Ehdotettu uusi 2 kerroksen layout. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Nämä muutokset tukevat erityisesti materiaalihallintoa: materiaalien toimittaminen toiseen kerrokseen jää kokonaan pois, samoin valmiiden tuotteiden siirtäminen ensimmäiseen kerrokseen loppuu. Hissiliikenne vähenee merkittävästi.

Tuotteet valmistettaisiin uudessa tuotantosolussa, jossa keskitytään ainoastaan lopputuotteen kokoonpanoon. Kuvassa 37 on esitetty ehdotettu työsolu ensimmäisessä kerroksessa. Tämä edellyttää myös layout-muutoksia ensimmäisen kerroksen pakkaamossa. Erityisesti pakkausmateriaalien varastoinnin kehittäminen vapauttaa tilaa tuotantopisteille.

Uudessa Intra-oral tuotantosolussa on oltava käytössä kaksi sähköturvallisuustestauslaitteistoa. Nykyisessä linjamallisessa tuotannossa testauslaitteita on vain yksi. Kun Pro-One tuotanto siirretään toiseen kerrokseen osaksi panoraamatuotantoa, vapautuu sähköturvallisuuslaitteisto Intra-oral tuotannon käyttöön, jolloin uusia investointeja ei tarvita.

Kuvassa 37 olen havainnollistanut mahdollisuutta kahdeksaan kokoonpanopisteeseen. Todellinen tarve on todennäköisesti pienempi. Kokoonpanopisteiden

välissä on esitetty kaksi sähköturvallisuustestausasemaa (keltaisella pohjalla) sekä kaksi pakkauspistettä (sinisen nuolen yhteydessä). Kokoonpanopisteiden määrä, testaustestauslaitteiden sijainti ja pakkauspisteiden sijoittelu tarkentuvat, kun virtautusta suunnitellaan yksityiskohtaisemmin. Tässä vaiheessa suunnittelu on tehty ideatasolla mahdollisimman järkeväksi ja havainnolliseksi.

KUVA 37. Ensimmäisen kerroksen uusi layout. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Kuvassa 38 on esitetty ensimmäisen kerroksen alue, joka nykyisin toimii varastotilana, mutta joka tullaan jatkossa ottamaan käyttöön Intra-oral loppukokoonpanolle. Tarvittavat pakkausmateriaalit varastoitaisiin tulevaisuudessa panoraamapakkauslaitteiden ympärille vapautuviin tiloihin sekä Pro-One valmistuksesta vapautuviin tiloihin (kuva 37). Tavoitteena on käyttää tila tehokkaasti ydintoimintaan, eikä sitä pidetä pelkästään massiivisena varastotilana.

Kuva 38. Pakkausmateriaalien varastoalue. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Tuotannon siirto edellyttää ennen kaikkea tiivistä yhteistyötä materiaalihallinnon kanssa, jotta nykyisin tälle alueelle varastoidulle pakkausmateriaalille löydetään järkevämpi ja tehokkaampi säilytyspaikka.

Näiden layout-muutosten myötä materiaalien kuljetus vähenee merkittävästi, mikä tehostaa materiaalivirtojen hallintaa ja vähentää turhia siirtoja. Tuotantolosuissa voidaan keskittyä yksinomaan päätuotteen valmistukseen, ilman muiden työtehtävien jakautumista. Tämä mahdollistaa päivittäisen kapasiteetin merkittävän kasvun, mikä puolestaan parantaa asiakasarvoa ja toimituskykyä. Lisäksi työn organisointi helpottuu huomattavasti, sillä selkeämmät prosessit ja vähentynyt tehtävien moninaisuus tekevät tuotannosta sujuvampaa ja ennakoitavampaa. Layout-muutosten avulla saavutetaan siis merkittäviä parannuksia niin tuotantotehokkuudessa kuin asiakastytyvääisyydessäkin.

7.5 Panoraamatuotteiden valmistuksen edut

Panoraamatuotteet ovat olennaisena osana röntgenlaitetuotantoa. Näiden tuotteiden sähköturvatestaus, verhoilu ja dokumentointi yhdistetään yhdeksi tuotantosoluksi, jossa tuote valmistetaan pakkausta vaille valmiiksi. Tämä lähestymistapa vähentää laitteiden puskuroinnin tarvetta sekä toisessa että ensimmäisessä kerroksessa. Nykyisessä toimintamallissa koneet voivat jäädä seisomaan ilman verhoilua sähköturvatestauksen jälkeen, jonka jälkeen ne kuljetetaan odottamaan verhoilua ja dokumenttien tekoa ensimmäiseen kerrokseen. Uudessa mallissa tuotteet verhoillaan heti sähköturvatestauksen jälkeen ja toimitetaan suoraan pakattavaksi. Tällöin keskeneräinen kone seisoo vähemmän aikaa, ja keskeneräinen tuotanto pienenee.

Tämä muutostapa mahdollistaa työnjohtajalle joustavuuden ja mahdollisuuden painottaa resurssien jakamista tarpeen mukaan – esimerkiksi lisäämällä resursseja toisen kerroksen testaukseen ja verhoiluun tai pakkauspisteeseen. Työnjohtaja voi siis priorisoida esimerkiksi testauksen ja verhoilun päivinä, jolloin pakattavien tuotteiden määrä on pienempi. Tällöin pakkaamon henkilöstö voi keskittyä muihin tehtäviin, mikä parantaa työvoiman tehokkuutta ja joustavuutta.

7.6 Panoraamalaitteiden rungon valmistussolu

Lisäksi on syytä miettiä nykyisen panoraamalaitteen rungon ja potilastukivarren valmistussolua. Sen valmistaminen aiheuttaa paljon materiaalivirtoja hissillä ylös ja alas. rungon osat ovat isoja ja vaativat paljon tilaa, niiden kokoonpanossa tarvitaan esimerkiksi yleensä nostimia, koska tuotteet painavat paljon. Lisäksi rungon kokoonpanon aloittaminen vaatii aina kokoonpanoalustan, joita on oltava tuotannossa useita kierrossa. Rungon kokoonpanosolu tarvitsee jatkossa lisää tilaa, koska tuotantoon tulee uusia tuotteita jatkossa, mikä kasvattaa tilantarvetta tässä solussa. Tämän vuoksi on tärkeää arvioida, miten tilaa voidaan optimoida ja varmistaa, että tuotanto pystyy vastaamaan kasvaviin tarpeisiin.

Myös tämän solun siirtäminen ensimmäiseen kerrokseen olisi hyvä ottaa mietintään. Hyvin organisoidussa työtilassa ensimmäisessä kerroksessa materiaalihallinta helpottuu ja voidaan valmistaa isompia tuotteita hallitusti. Toisesta kerroksesta vapautuu tilaa osakokoonpanoille tai muille tärkeille osa-alueille, kuten Intra-oral tuotannon osakokoonpanoille tai jälkiasennussarjoille. Rungon kokoonpanosolua ensimmäisessä kerroksessa voitaisiin syöttää trukeilla, jolloin pumppukärrytyöskentelystä voidaan luopua. Tämä parantaa materiaalivirtojen hallintaa, vähentää fyysistä kuormitusta ja tehostaa koko tuotantoprosessia. Pääpainona tässä on hissiliikenteen minimointi ja tuotannon tehokkuus jatkossa.

7.7 Pääkohdat muutoksille

Ydinkohdat:

1. Intra-oral tuotannon lopputuotteen siirto ensimmäiseen kerrokseen.
2. Pro-one tuotannon siirto osaksi panoraamatuotantoa toiseen kerrokseen.
3. Panoraamatuotteiden verhoilu sekä dokumenttien teko toiseen kerrokseen.
4. Ensimmäiseen kerrokseen jää panoraamakoneiden loppupakkaus.
5. Panoraamakoneiden rungon valmistuksen siirto ensimmäiseen kerrokseen.

Panoraamakoneiden pakkauslayout suunnitellaan siten, että pakkausmateriaalit ovat tilan reunoilla, jolloin niiden hakeminen ei aiheuta turhaa hukkaa. Pakkausmateriaalien hyllyttäminen onnistuu täten trukeilla, eikä pumppukärrytyöskentelyä tarvita. Nykyisessä mallissa pakkausmateriaaleja haetaan kohtuuttoman pitkän matkan päästä, koska pakkauskoneet ovat tilan toisella laidalla ja pakkausmateriaalit toisella puolella tilaa.

7.8 Päivittäisjohtamien

Nykyisessä toimintatavassa ilmeni haasteita työnjohdon näkökulmasta resurssien suunnitteluun, osaamisen ylläpitämiseen ja poissaolotilanteiden hoitamiseen. Päivittäisjohtaminen on keskeisessä roolissa uuden toimintatavan onnistumisessa, sillä se mahdollistaa resurssien optimoinnin ja takaa sujuvan tuotannon myös poissaolotilanteissa. Henkilöillä tulee olla selkeät päivittäiset tavoitteet ja ymmärrys siitä, miten solussa tulee toimia.

[Kappale poistettu julkaistavasta versiosta]

[Kappale poistettu julkaistavasta versiosta]

7.9 Työnkierto

Tarvittava määrä osaavia henkilöitä laitteen kokoonpanossa on tärkeässä roolissa. Osaamista tulee olla myös osakokoonpanossa tai muissa tiimeissä, jotta poissaolotilanteet voidaan hoitaa sujuvasti. Työnkierto säilyy, kun henkilöt vaihtavat tehtäviä säännöllisesti. Koko tuotteen valmistaminen alusta loppuun tekee työstä mielekkäämpää ja lisää työntekijöiden motivaatiota. Tämä parantaa työtyytyväisyyttä ja kannustaa työntekijöitä panostamaan laatuun jokaisessa työvaiheessa.

Esihenkilö huolehtii työnkierron järjestämisestä ja osaamisen jatkuvasta ylläpidosta, jotta tuotantosolussa on monipuolinen osaaminen ja tiimi pystyy reagoimaan poissaolotilanteisiin ja muihin tarpeisiin.

7.10 Yhteinen tavoite ja tuotantopalkkio

Planmecalla on käytössä tuotantopalkkio, joka motivoi työntekijöitä valmistamaan tuotteita laadukkaasti, tehokkaasti ja oikea-aikaisesti. Jokainen operaattori voi itsenäisesti tiimin jäsenenä vaikuttaa tiimin saamaan tuotantopalkkioon panostamalla laadukkaaseen, turvalliseen ja tehokkaaseen työskentelyyn. Uusi tuotantotapa tukee tätä mahdollisuutta entisestään, sillä jokainen työntekijä voi omalla toiminnallaan parantaa laatua ja tehokkuutta omalta osaltaan.

Lisäksi uuden toimintatavan ansiosta työntekijöille on helpompi antaa palautetta työskentelystä, koska tuote valmistetaan alusta loppuun yhden operaattorin toimesta. Tämä selkeyttää ja parantaa kommunikaatiota ja varmistaa, että tuotantoprosessi etenee saumattomasti.

Tuotantopalkkio voisi koostua esimerkiksi 50% toimitustäsmällisyydestä ja 50% tehokkuudesta. Laatuvirheiden vaikutus palkkioon olisi se, että jos virheitä ilmenee, palkkion tehon osuus pienenee. Tämä motivoi työntekijöitä keskittymään laatuun ja tehokkuuteen, sillä virheiden väheneminen parantaa palkkion määrää.

7.11 Tulevaisuuden uusi tuote

Työssäni otan huomioon myös uuden tuotteen tuotannollistamisen, koska se on ajankohtaista lähitulevaisuudessa. Tuotannossa on kyettävä valmistamaan sekä nykyisiä, että uusia tuotteita rinnakkain, joten muutoksiin on hyvä varautua jo tässä vaiheessa. Suunnittelen layout-ehdotuksessa mahdollisuuksia molempien tuotantoprosessien samanaikaiseen toteuttamiseen tilan suhteen. Tämän vuoksi ehdotan jopa kahdeksan eri työpisteen käyttöönottoa, jolloin voidaan joustavasti valmistaa joko uusia tai vanhoja tuotteita tilanteen mukaan.

Tärkeä osa tätä prosessia on tiivis kommunikointi ja yhteistyö tuotekehityksen kanssa. Tuotekehitysvaiheessa voidaan ottaa huomioon valmistusprosessissa oleelliset asiat, kuten tuotteen käsittely ja ergonomia. On tärkeää, että uutta ja

vanhaa tuotetta valmistetaan samoilla menetelmillä ja tuotantofilosofialla, jolloin tuotantomalli voidaan yksinkertaistaa ja tehostaa. Esimerkiksi autoteollisuudessa valmistetaan erilaisia automalleja samalla tuotantolinjalla, mikä mahdollistaa tuotannon joustavuuden ja kustannustehokkuuden.

7.12 Alihankinnan lisääminen

Leanin periaatteiden mukaisesti on tärkeää poistaa hukkia ja parantaa tuotantoketjuja. Yksi tapa saavuttaa tämä on yhteistyö alihankkijoiden kanssa. Alihankinnan avulla voimme poistaa turhan ylimääräisen käsittelyn ja työvaiheet, jotka määritellään hukaksi, ja näin vapauttaa operaattoreiden aikaa asiakasarvoa parantaviin tehtäviin.

Alihankinnan lisäämistä kannattaa pohtia aluksi työn standardiaikakuvausten avulla (liitteet 1-3). Tässä vaiheessa voidaan määrittää, mikä työ on asiakasarvoa tuottavaa ja mikä ei. Esimerkiksi pahvilaatikoiden asettelu työpisteelle ja niiden kokoaminen seuraavaa päivää varten ei ole suoraan arvoa tuottavaa työtä, sillä se on osa keskeneräistä tuotantoa ja yliprosessointia. Tällöin alihankkija voisi ottaa vastuulleen tehtävät, jotka eivät suoraan lisää asiakkaan saamaa arvoa.

Standardiaikakuvaus toimii myös pohjana alihankinnan kilpailutukselle. Tällöin voidaan arvioida sekä työn arvon että vapautuvan materiaalivarastoinnin kustannukset. Alihankinnan osalta on myös tärkeää varmistaa, että alihankkija pystyy toimittamaan oikean määrän tuotteita oikeaan aikaan, mikä auttaa minimoimaan varastointikustannuksia ja parantaa toimitusketjun tehokkuutta.

7.12.1 Pakkauslaatikoiden toimituksen kehittäminen

Pahvilaatikoiden kokoonpano ja pakkausmateriaalien yhdistäminen on järkevää kehittää alihankinnan avulla. Tämä säästää kokoonpanijoiden aikaa ja vähentää materiaalihuollon tarvetta lavapaikkojen täyttämiseen. Jatkossa kolmen lavapaikan sijaan (kuva 39) olisi tarve vain yhdelle lavapaikalle, mikä optimoi tilan käy-

tön. Lisäksi, kun valmiit laatikot toimitetaan tuotantoon ympäristöystävällisellä ja kestävän kehityksen mukaisella pahvisella kuljetusalustalla, joka toimitetaan tyhjänä pahvipuristimeen, trukkilavan poisvienti jää kokonaan pois materiaali-huolloilta. Tilantarve vastaa valkoisten styroksien vaatimaa tilaa (kuva 39).

Standardiaikakuvaus voi poistaa pahvilaatikoiden taittelun ja kasaamisen tuotteen valmistusajasta, jolloin tuotteen läpimenoaika lyhenee ja tuotanto tehostuu. Pahvilaatikoiden kokoonpano ei ole Planmecan ydinosasta, joten sen ulkoistaminen alihankkijalle on järkevää. Tämä mahdollistaa kokoonpanijan keskittymisen asiakasarvoa tuottavaan työhön ja parantaa koko tuotantoprosessin tehokkuutta.

Kuva 39. Pakkauslaatikoiden nykytilantarve. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Pahvilaatikot vievät nykyisessä toimintamallissa myös paljon tilaa ja niitä koostaan etukäteen puskuriin odottamaan tuotteen pakkausta (kuva 40)

Kuva 40. Pakkauslaatikoita koottuna työpisteellä. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

7.12.2 Osien yliprosessointi

Tuotteiden yliprosessointi, kuten muoviosien kokoonpano ja tarroitus, ei tuota lisäarvoa meille eikä asiakkaalle. Raakamateriaali saapuu tuotantoon, ja sen jälkeen suoritetaan kokoonpano, tarroitus ja siirretään osat puskurihyllyyn odottamaan seuraavaa vaihetta. Tämä prosessi aiheuttaa turhaa varastointia ja ylimääräistä käsittelyä. Alihankinnan avulla voisi poistaa tämän yliprosessoinnin, sillä toimittaja voisi hoitaa pienimuotoiset lisätyöt, kuten kiinnikeosien ja tarrojen kiinnittämisen suoraan. Tällöin osat olisivat suoraan käyttökelpoisia loppukokoonpanossa ilman turhaa varastointia ja käsittelyä, mikä säästää aikaa ja tilaa.

Alihankinta parantaisi myös laatua, sillä osia ei tarvitse käsitellä useaan otteeseen, mikä vähentää pintavirheitä ja naarmuja. Mikäli tuotteessa ilmenee virhe,

myös reklamointi olisi sujuvampaa, kun se voidaan tehdä suoraan alihankkijalle. Kuvassa 41 on esitetty muoviosia, joihin on liimattu tarroja ennen seuraavaa vaihetta.

Kuva 41. Muoviosia tarroitettuna välipuskurissa. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Kuvassa 42 näkyy, kuinka muoviosat tuodaan tuotantosoluun pahvilaatikoissa. Tämän jälkeen niihin kiinnitetään kiinnitysosia (kuvat 44 ja 45), ja ne siirretään puskurihyllyyn odottamaan seuraavaa tuotantovaihetta (kuvat 41 ja 43). Kuvassa 46 on esitetty tyypillinen tarroitettu osakokoonpano.

Kuva 42. Muoviosat siirtyvät pakkauksesta välivarastoon. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Kuva 43. Muoviosat odottavat seuraavaa työvaihetta. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Kuva 44. Kiinnitysosat liitettynä. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Kuva 45. Kiinnitysosat liitettynä. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Kuva 46. Tarrat liimattuna osakokoonpanoon. [Kuva poistettu julkaistavasta versiosta] (Teemu Nieminen)

Nykytilanteessa muovituotteiden osakokoonpanot, kuten kiinnitysosien liittäminen ja tarroitus, aiheuttavat yliprosessointia. Kuvissa (42, 43, 44 ja 46) näkyy, kuinka tuotteet tuodaan pahvilaatikoissa, kiinnitysosat lisätään ja ne siirretään puskurihyllyyn odottamaan jatkotoimia. Alihankkijalla olisi kuitenkin kyky suorittaa nämä lisätyöt valmiiksi, jolloin operaattorin ei enää tarvitsisi tehdä niitä. Jos nämä osakokoonpanot saadaan alihankkijalta valmiina, operaattori voisi suo-

raan ottaa valmiit osakokoonpanot hyllystä ilman lisäprosessointia, mikä poistaisi turhan työn ja parantaisi tuotannon tehokkuutta.

7.13 Osakokoonpanojen erkaannuttaminen päätuotteista

Uudessa tuotantomallissa keskitytään vain ydintuotteiden, kuten Intra-oral-lopputuotteen, kokoonpanoon, testaukseen ja pakkaamiseen. Osakokoonpanot siirretään nykyiseen osakokoonpanotiimiin, ja ne toimitetaan päälinjan tarpeisiin selkeällä kaksi-laatikko-kanban-lavalla. Tiimissä keskitytään jatkossa ainoastaan päätuotteiden kokoonpanoon alusta loppuun, ei osakokoonpanoihin.

7.14 Työhön perehdyttäminen

Yksi työpiste varustetaan uuden työn perehdyttämiseen. Sitä voidaan toki käyttää normaaliin tuotantoon, mikäli tuotantotahti sen vaatii. Uusi tekijä ja perehdyttäjä voivat rauhassa opiskella tuotteen valmistuksen, eikä muiden työskentely häiriinny perehdyttämisestä.

7.15 Viallinen tuote valmistuksen yhteydessä

Mahdollinen viallinen tuote siirretään sivuun tuotantolinjalta, mikäli sitä ei voida korjata välittömästi. Operaattori aloittaa uuden työn ja työnjohto tai tiimikymppi organisoii viallisen tuotteen korjaamisen, esimerkiksi korjaustiimin kanssa. Viioista tehdään laatuhavainnot järjestelmään ja ne tutkitaan, jotta niitä ei toistuisi tulevaisuudessa. Pääpaino on siinä, että viallinen tuote ei keskeytä tuotantoa kokonaan, vaan sille on selkeä prosessi, joka tukee one-piece-flow-tuotantotyyliä.

7.16 Settikeräily

Materiaalihuollon kehittämiseksi kannattaa harkita settikeräilyn lisäämistä tuotantoon. Tällöin materiaalien varastoitavaa määrää voidaan vähentää ja tuotantoon toimitetaan vain tarvittavat osat oikeassa määrässä ja oikeaan aikaan

Tämä parantaa tehokkuutta ja vähentää hukkaa, joka on onnistuneen settikeräilyn edellytys. Settikeräily voisi aluksi toimia panoraamatuotteiden verhoilutyöpisteellä toiseen kerrokseen, jossa sen avulla hallitaan tehokkaasti verhoilussa tarvittavien osien keräilyä. Tämä lähestymistapa voisi olla laajennettavissa myös muihin tuotteisiin Planmecalla tulevaisuudessa, mikäli se osoittautuu toimivaksi. On järkevää aloittaa kokeilu, jotta menetelmän toimivuutta voidaan arvioida tuotannon ja toimintatapojen kannalta.

7.17 Mahdolliset investointikustannukset

Tarkempien selvitystöiden, kehitysprojektien tai esimerkiksi insinööriyön avulla saadaan selville muutosten tarkemmat kustannukset ja arvio takaisinmaksuajoista. Näin mahdolliset kehitystoimenpiteet voidaan perustella paremmin ja niiden taloudellista vaikutusta seurata systemaattisesti.

Kustannuksia syntyy, kun kehityskohteita pilkotaan erillisiin projekteihin tai niitä tarjotaan esimerkiksi opiskelijatöiksi. Tällöin kuluu työaikaa selvitystyöhön ja tarkempaan suunnitteluun. Myös demotyöpisteen toteuttaminen tuo kustannuksia ja vie aikaa sen toteuttajalta, mutta se on tärkeä vaihe ennen lopullisia muutoksia.

Merkittävin investointitarve liittyy ehdottamiini ergonomiaa parantaviin kokoonpanolaitteisiin, joita tarvitaan arviolta 4–8 kappaletta, mikäli uuteen layoutiin päädytään. Laitteiden lopullinen kustannus täsmentyy ergonomiatarpeen tarkemman kartoituksen jälkeen.

Sähkötestauslaitteistoa ei tarvitse hankkia erikseen, koska se vapautuu Pro-one-tuotannosta, kuten tässä työssä on ehdotettu. Tämä olisi muutoin kallis investointi.

Yhteistyö materiaalihallinnon kanssa on tärkeää erityisesti varastoarvon määrittelyssä. Säästöjä voidaan saavuttaa pohtimalla, mitä komponentteja kannattaa säilyttää lattipaikoilla ja mitä alueita voidaan vapauttaa asiakasarvoa tuotta-

vaan kokoonpanotyöhön. Esimerkiksi settikeräilyn mahdollisuudet ovat tässä tärkeässä roolissa.

Lisäksi, mikäli tuotantotilan layout-suunnittelu päätetään toteuttaa 3D-mallinnuksena tämän opinnäytetyön mukaisesti, aiheuttaa se omat kustannuksensa. Suunnittelutyö vaatii resursseja ja mahdollisesti erillisiä ohjelmistoja tai asiantuntija-apua, mikä täytyy huomioida kokonaiskustannusarviossa.

8 Pohdinta

Koin työn tekemisen erityisen mielekkäänä sen käytännönläheisyyden vuoksi. Erityisen motivoivaa oli se, että sain itse valita aiheen, joka liittyy todelliseen työelämän kehitystarpeeseen. Työelämälähtöinen kehitystarve ja sen hankkiminen on myös olennaisessa osassa ylemmän ammattikorkeakoulun opinnäytetyötä valittaessa. Valitsin tutkimusmenetelmät ja teoriapohjan niin, että ne tukevat kehitysehdotusten osa-alueita. Esimerkiksi Leanin kahdeksan hukan mallista pystyin tunnistamaan ja ehdottamaan konkreettisia toimenpiteitä jokaisen hukan poistamiseksi tuotannosta.

Työn kehitysehdotukset tuotavat uuden ilmeen röntgenlaitetuotantoon ja parantavat sen virtautusta. Mahdollisilla muutoksilla voidaan pienentää materiaalivirtoja, parantaa alueiden siisteyttä, poistaa hukkatyötä ja edistää työturvallisuutta. Lean-hengessä ehdotettu KanBan-visuaalisen ohjaustavan kehittäminen Intra-oral tuotteiden osakokoonpanoille mahdollistaa sujuvammat materiaalivirrat ja pienemmät varastot, kun tuotteita tehdään oikeaan aikaan oikeita määriä. Erilaiset 6S-hankkeet, kuten osakokoonpanopisteen päivittäminen 6S-tilaa vastaavaksi ja sen sulauttaminen osaksi suurempaa kokoonpanotiimiä, vievät tuotannon kehitystä eteenpäin.

Työssäni hyödynsin tutkimusmenetelmiä ja teoreettista pohjaa, joita käsittelin työni aikaisemmissa osioissa. Suurena osaamisen kehittämisenä pidän mahdollisuutta hyödyntää omaa vahvaa tuotannon tuntemustani ja kokemustani eri valmistavan teollisuuden aloilta. Osaamiseni kehittyi erityisesti nykyaikaisten val-

mistusmenetelmien pohdinnassa ja niiden käytön soveltamisessa käytännön-työhön. Esimerkiksi 3D-mallintamisen osana tuotannon nykyaikaista kehittämistä, oli merkittävä oppimiskokemus. Älykäs teollisuus opinnot edesauttoivat avaamaan silmiä ja ajattelemaan asioita suuremmin, out-of-box tyyllisesti, jolloin uusia ajatuksia tulee ilmi ja huomattua paremmin.

Työssäni nostan keskeisimpänä asiana esiin tilankäytön ja toiminnallisen layout suunnittelun merkityksen tulevassa työsolun suunnittelussa. Hissin käytön vähentäminen ja tilan tehokas hyödyntäminen ovat keskeisiä tekijöitä tuotannon tehostamisessa. Työn konkreettisina tuloksina voin esitellä hukan vähentämistä, materiaalivirtojen suoraviivaistamista sekä työergonomian parantamista. Uuden tuotantovälineen suunnittelu ja demo-työpisteen kautta saavat kokemukset lyhentävät valmistusaikaa, parantavat työergonomiaa ja lisäävät työsolun työviihtyvyyttä. Lisäksi työntekijöille mahdollistuu nykyistä joustavammin valmistaa tuote alusta loppuun, kunhan resurssoinnit ovat kunnossa.

Työpaikkani voi hyötyä esittämistäni kehitysehdotuksista ja ideoista, joita voidaan mahdollisesti toteuttaa tuotannossa erilaisten projektien ja insinööritöiden kautta tämän työn valmistumisen jälkeen. Olisi myös hienoa olla itse mukana kehittämässä tulevaisuuden Intra-oral tuotantosolua osana koko röntgenlaitetuotannon jatkuvaa parantamista jatkossa.

9 Yhteenveto

Intra-oral tuotannon kehittäminen voidaan jakaa joko pienempiin toimiin, jotka sisältyvät nykyisen tuotantosolun kehittämiseen esimerkiksi työpisteiden 6S hankkeiden osalta. Tällöin täytyy huomioida, että siisteyttä ja työpisteen viihtyvyyttä saadaan lisättyä, mutta tehokkuutta tai turhia hukkia, jotka lisäävät asiakasarvoa ei saada parannettua. Osana taas laajempaa kehityshanketta röntgenlaitetuotannossa voidaan saada merkittäviä asiakasarvoa parantavia toimia käyntiin, kuten materiaalivirran parantaminen, uuden tuotteen tuotannollistaminen, työergonomian lisääntyminen, hissien käytön vähentäminen sekä tuottavuuden parantaminen.

Pienimmät muutokset, kuten työpisteiden 6S-hankkeet ja osakokoonpanojen KanBan-imuohjausjärjestelmän määrittely, voidaan toteuttaa vielä kohtalaisen pienin ja kevyin toimenpitein. Lisäksi osakokoonpanojen erkaannuttaminen osaksi suurempaan koonnostiimiosastoa, on mahdollista vielä nykyisellä toimintatavalla ja valmistusmenetelmällä. Vaikka nämä toimet parantavat osaltaan tuotannon tehokkuutta ja virtausta, merkittäviä muutoksia niillä ei vielä saada aikaiseksi.

Työssä vastattiin tutkimuskysymyksien kautta ilmeneviin haasteisiin, ja kehitysehdotuksia syntyi muun muassa materiaalihuollon, työnjohdon sekä työsolun ergonomian näkökulmaan. Asiakasarvon parantamista unohtamatta, joka näkyy esimerkiksi nopealla toimitusajalla. Lean-ajattelun pohjalta saatiin vastauksia myös hukkien vähentämiseen, sillä kaikkia Leanin kahdeksaa hukkaa voitiin todentaa nykyisessä tuotannossa, ja niitä voidaan kaikkia vähentää, mikäli suurempia muutoksia ryhdytään toteuttamaan.

Osana laajempaa kehityshanketta on tärkeä tarkastella kokonaisuutta, joka huomioi erityisesti materiaalivirran, varastoinnin, työergonomian sekä läpimeinoajan. Tällöin muutokset ulottavat koko röntgenlaitetuotantoon ja useampi osasto hyötyy muutoksista, kun toimia tehdään yhdessä asiakasarvoa parantaen. Alla on esitetty keskeiset toimet, jotka ovat osana laajempaa kokonaisuutta ja ne kiteytyvät osastojen sijainteihin, layoutiin ja siihen, missä tietyt työtehtävät olisi järkevää toteuttaa jatkossa.

9.1 1. kerros

- Intra-oral loppukokoonpano ilman osakokoonpanoja tai jälkiasennussarjoja.
- Panoraamatuotteiden loppupakkaus ilman verhoilujen asennusta ja dokumenttien tekoa.
- Panoraamatuotteiden rungon/olkavarren kokoonpano

9.2 2. kerros

- Panoraamatuotteiden loppukokoonpano, sisältäen myös Pro-one valmistuksen.
- Osakokoonpano-osasto, sisältäen myös Intra-oral tuotteen osakokoonpanot
- Panoraamalaitteiden sähköturvallisuus-, kestotesti sekä dokumenttien ja verhoilujen asennus yhtenä tuotantosoluna.

Lähteet

Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill.

Kouri, I. (2009). *Lean taskukirja (6. painos)*. Teknologiateollisuus ry.

Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.

Liker, J. K., & Convis, G. L. (2011). *The Toyota Way to Lean Leadership: Achieving and Sustaining Excellence through Leadership Development*. McGraw-Hill.

Lukka, K. (2006). Konstruktiiivinen tutkimusote: luonne, prosessi ja arviointi. Teoksessa K. Rolin, M.-L. Kakkuri-Knuuttila & E. Henttonen (toim.), *Tutkimusetiikka* (s. 111–130). Gaudeamus.

Modig, N., & Åhlström, P. (2012). *This is Lean: Resolving the Efficiency Paradox*. Rheologica Publishing.

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.

Ojasalo, K., Moilanen, T., & Ritalahti, J. (2015). Kehittämistyön menetelmät – Uudenlaista osaamista liiketoimintaan (s. 112-114). Sanoma Pro.

Petersson, P., Lundström, T., Johansson, O., Olsson, B., Johansson, T., Broman, M., & Lehtimäki, S. (2018). *Työntekijän opas menestykseen: Kehitä Leanin avulla! (1. laitos, 1. suomenkielinen painos)*. Part Media.

Rother, M., & Shook, J. (2009). *Learning to See*. Lean Enterprise Institute.

Virtanen, A. (2006). Konstruktiiivinen tutkimusote – Miten koulutus ja elinkeinoelämän odotukset kohtaavat ammattikorkeakoulun opinnäytetöissä. *Ammattikasvatuksen aikakauskirja*, 8(1), 46–52.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation (s. 81-83). Free Press.

Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita, EK-SAK tuottavuusryhmä, 2011, Teknologiateollisuus

Verkko-osoitteet:

Finlex. (2002/738). Työturvallisuuslaki. Haettu 1.2.2025 osoitteesta <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2002/738>

Planmeca. (2021). Planmeca 50 vuotta. Haettu 1.2.2025 osoitteesta <https://www.plandent.fi/yrityksemme/uutiset-ja-tapahtumat/planmeca-50-vuotta/>

Planmeca yritysesittely. Haettu 1.2.2025 osoitteesta <https://www.planmeca.com/fi/yritys/>

Työsuojeluhallinto fyysinen kuormitus. Haettu 1.2.2025 osoitteesta (<https://tyosuojelu.fi/tyoolot/fyysinen-kuormitus>)

Työterveyslaitos verkkosivusto. Haettu 1.4.2025 <https://www.ttl.fi/yrittajan-digi-tieto-opas-digiajan-yritykselle/teema-1-digi-muuttaa-tyota/tyontutkimuksesta-suvuutta-toimintaan>

Liite 1

[Liite poistettu julkaistavasta versiosta]

Liite 2

[Liite poistettu julkaistavasta versiosta]

Liite 3

[Liite poistettu julkaistavasta versiosta]

Liite 4

[Liite poistettu julkaistavasta versiosta]

Liite 5

[Liite poistettu julkaistavasta versiosta]