

Tuotannonohjauksen kehitys- suunnitelma esivarustelusolulle

Lassi Välimaa

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

VÄLIMAA, LASSI:

Tuotannonohjauksen kehityssuunnitelma esivarustelusolulle

Opinnäytetyö 35 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Toukokuu 2023

Tuotantoprosessin toiminnan kannalta tärkeää on selkeän ja tehokkaan tuotannonohjausmenetelmän hyödyntäminen, jotta tuotteita saadaan valmistettua mahdollisimman laadukkaasti ja nopeasti. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella esivarustelusolulle entistä tehokkaampi ja luotettavampi ohjaus, joka helpottaa solujen ohjaamista ja valmistettavien moduulien seuranta. Tämänhetkinen ohjaus on epämääräistä eikä palvele esivarustelusoluja halutulla tavalla. Tarkoituksena oli selvittää, millainen uuden ohjausmenetelmän täytyy olla, jotta moduulien valmistusprosesseja pystytään hallitsemaan ja seuraamaan paremmin. Ohjauksen lisäksi perehdyttiin esivarustelusolujen muihin kehittämiskohteisiin. Tämän työn teoreettisessa viitekehyksessä perehdytään toiminnan- ja tuotannonohjauksen sisältämiin käsitteisiin. Salassapitovelvollisuuden vuoksi työssä ei mainita valmistettavien moduulien nimiä ja tuotantomääriä.

Opinnäytetyölle tehtiin taustaselvitys, jossa käsiteltiin opinnäytetyön tavoitteet, esivarustelusolujen nykytilanne ja tuotannolliset ongelmat sekä moduulikokoonpanojen varastointi. Aihealue rajattiin koskemaan kahta esivarustelusolua. Opinnäytetyössä käsitellään esivarustelusoluja yhtenä kokonaisuutena niiden yhdenmukaisuuden vuoksi. Tiedon kerääminen toteutettiin avoimella haastattelulla ja analysoimalla nykyistä ohjausmenetelmää.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin tuotannonohjauksen kehityssuunnitelma, joka tehostaa esivarustelusolujen toimintaa ja valmistettavien moduulien oikea-aikaista valmistumista. Lisäksi saatiin suunnitelma moduulien puskurivarastosta. Saatujen tulosten myötä kohdeyrityksellä on mahdollisuus kehittää esivarustelusoluista ohjatumpia ja tuottavampia tuotantosoluja, jotka takaavat tehokkaalla toiminnallaan myös muiden tuotantoyksiköiden valmistusprosessien ajantasaisuuden.

Asiasanat: tuotannonohjaus, moduuli, tuotantosolu, puskurivarasto

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Engineering

VÄLIMAA, LASSI:
Production Control Development Plan for the Pre-assembly Cell

Bachelor's thesis 35 pages, appendices 1 page
May 2023

A prerequisite for an efficient production process is the utilization and development of production control methods. The objective of the thesis was to enhance the production control of the existing pre-assembly cell and to plan the storage management for the modules obtained as the output from the process. Due to confidentiality obligations, the work does not mention the names of the modules and the production quantities.

The study was done by using the open interview method and analysing the current production control. Background research was conducted to find out the present situation and production problems associated with the pre-assembly cell. The scope of the project was limited to two pre-assembly cells.

As a result, the production control development plan for the pre-assembly cell was created and a plan for buffer storage of the modules was also made. The new production control development plan offers the company the opportunity to manufacture modules more efficiently in pre-assembly cell.

Key words: production control, pre-assembly, module, storage management

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TOIMINNANOHJAUKSEN TEORIAA	7
	2.1 Toiminnanohjaus.....	7
	2.2 Tuotannonohjaus	8
	2.3 Tuotannon ohjaustavat.....	10
	2.3.1 Tilausohjaus ja varasto-ohjaus	10
	2.3.2 Työntö- ja imuohjaus	12
	2.4 Just in Time -tuotantoperiaate.....	13
	2.5 Lean Management	14
	2.5.1 Lean hukka.....	15
	2.5.2 Läpäisy aika	16
	2.6 Varastointi	17
3	NYKYTILA.....	18
	3.1 Kohdeyritys	18
	3.2 Aiheen alustus	19
	3.3 Projektin tavoitteet	20
	3.4 Nykytilan kartoitus.....	21
4	KEHITYSEHDOTUS.....	24
	4.1 Kehitysehdotuksen hyödyt	29
	4.2 Kehitysehdotuksen mahdolliset haitat ja riskit	29
	4.3 Jatkoimenpiteet.....	30
5	TULOKSET.....	31
6	POHDINTA JA YHTEENVETO	32
	LÄHTEET	33
	LIITTEET	35
	Liite 1. Ehdotus esivarustelusolun uudesta työlistasta	35

LYHENTEET JA TERMIT

APS	Advanced Planning and Scheduling, tuotannosuunnittelu-/hienokuormitusjärjestelmä
ATO	Assemble to Order, tilauksesta kokoonpano
Bufferi	Moduulien puskurivarasto
ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
EVS	Esivarustelusolu
JIT	Just in Time, johtamisfilosofia
Kriittinen osapuute	Kriittinen komponentti, jonka puute mahdollisesti pysäyttää laitteen valmistusprosessin
LKP	Loppukokoonpano
Läpäisy aika	Tuotteen valmistusprosessin kesto
MES	Manufacturing Execution System, tuotannon-/valmistuksenohjausjärjestelmä
Moduuli	Itsenäinen kokoonpano, joka voidaan liittää isompaan kokonaisuuteen
MRP	Material Requirements Planning, materiaalitarvelaskenta
MTO	Make to Order, tilauksesta valmistus
MTS	Make to Stock, varasto-ohjautuva tuotanto
OPP	Order Penetration Point, tilauksen kohdennuspiste
PK-ruutu	Paikkakokoonpanoruutu
PLM/PDM	Product Lifecycle/Data Management, tuotetiedonhallintajärjestelmä
Pullonkaula	Prosessin hitain vaihe, joka hidastaa koko tuotantoprosessia
Variointi	Tuotteen tai palvelun muokkaaminen
VSM	Value Stream Mapping, arvovirtakuvauksen työkalu
WIP	Work in Progress, kesken oleva työ
WMS	Warehouse Management System, varastohallintajärjestelmä
5S	Lean-johtamisfilosofian työkalu

1 JOHDANTO

Tehokas tuotannonohjaus on tuotteita valmistavan yrityksen yksi merkittävimmistä edellytyksistä tuottavuuden kannalta. Tuotannonohjausta tulee kehittää, jotta pystytään vastaamaan asiakkaan laatu- ja toimitusvaatimukseen kustannustehokkaasti.

Opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena tutkimuksena globaalille teknologiateollisuuden yritykselle. Opinnäytetyön aihe koettiin tarpeelliseksi, koska tällä hetkellä esivarustelusolun ohjaus on epämääräistä ja moduulien asennuksissa hyödynnetty valmistuslista ei ole realistinen. Uuden tuotannonohjauksen avulla moduulien valmistus pyritään toteuttamaan ajallaan ja välttämään muiden tuotantoyksiköiden työkatkoksia.

Opinnäytetyön tavoitteena on määrittää esivarustelusolun nykytila, jonka perusteella suunnitellaan uusi ohjaustapa. Työn kannalta on välttämätöntä selvittää esivarustelusolun ongelmat ja heikkoudet, jotta osataan suunnitella uusi toimivampi ohjaus. Uuden ohjaustavan myötä asentajat tietävät moduulien valmistusjärjestyksen ja moduulien asennus tapahtuu rutiininomaisesti. Tämän lisäksi moduuleille suunnitellaan puskurivarasto, joka tasaa työkuormaa ja valmistuneiden moduulien määrää.

Teoreettisessa viitekehyksessä käsitellään toiminnan- ja tuotannonohjauksen sisältämiä eri käsitteitä, jotka ovat oleellisia tämän opinnäytetyön aiheen kannalta. Teoriaosuus helpottaa lukijaa ymmärtämään, miten tuotantoa ohjataan ja mitkä osatekijät vaikuttavat tuotteiden valmistusprosesseihin.

2 TOIMINNANOHJAUKSEN TEORIAA

2.1 Toiminnanohjaus

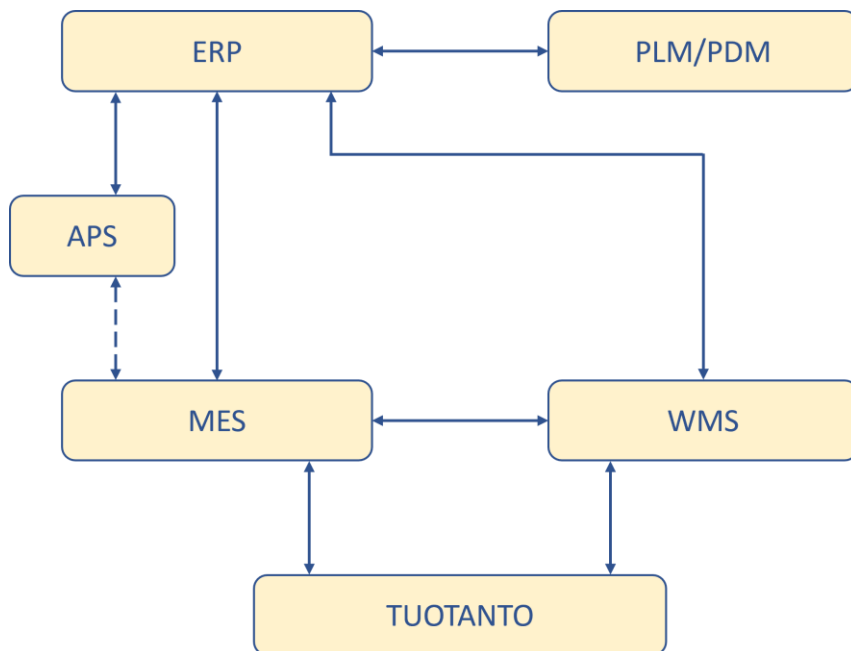
Toiminnanohjauksella tarkoitetaan kokonaisuutta, joka ohjaa yrityksen eri toimintoja, käsittäen tuotannon lisäksi myös muun muassa myynnin, jakelun, tuotesuunnittelun ja hankintojen toimintoja. Nykypäivänä tuotannonohjauksesta käytetään yleisesti termiä toiminnanohjaus, koska yrityksen toiminnan hallinta vaatii tuotannon ohjaamisen lisäksi myös muiden osa-alueiden ohjaamista. (Haverila, Kouri, Miettinen & Uusi-Rauva 2009, 397.)

Haverilan ym. (2009, 402) mukaan toiminnanohjauksen ensisijaiset tavoitteet ovat:

- Suuri tuottavuus
- Sitoutuneen pääoman minimointi
- Toimitusvarmuus
- Läpäisyajan lyhentäminen

Enterprise Resource Planning (ERP) on yleinen toiminnanohjausjärjestelmä. ERP-järjestelmän rinnalla käytetään useita muita tietojärjestelmiä (kuvio 1), jotka tehostavat yrityksen toimintaa tehokkuuden, käyttövarmuuden ja luotettavuuden suhteen. (Leanware 2023a.) Käytetyimpiä tietojärjestelmiä ovat:

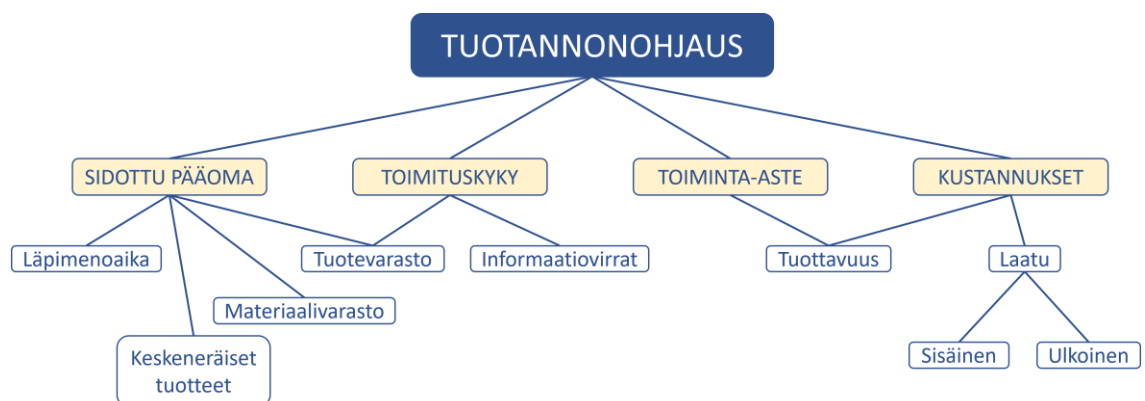
- Advanced Planning and Scheduling (APS), tuotannosuunnittelu-/hienokuormitusjärjestelmä
- Manufacturing Execution System (MES), tuotannon-/valmistuksenohjausjärjestelmä
- Product Lifecycle/Data Management (PLM/PDM), tuotetiedonhallintajärjestelmä
- Warehouse Management System (WMS), varastohallintajärjestelmä



KUVIO 1. Tuotannon digitalisoinnin järjestelmät (Leanware 2023b).

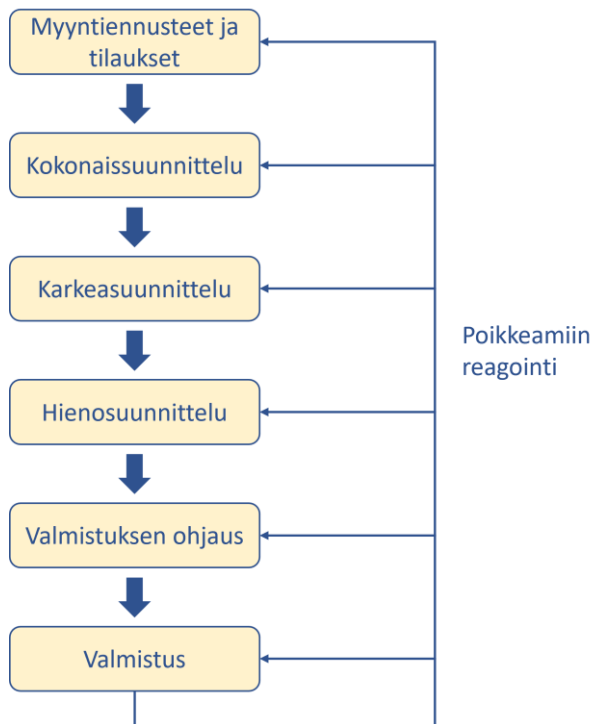
2.2 Tuotannonohjaus

Tuotannonohjauksella tarkoitetaan prosessia, joka ohjaa ja optimoi valmistusta. Tuotannonohjaus helpottaa organisoimaan ja tarkastelemaan tehtyjä tilauksia, tarvittavien materiaalien järjestämistä, varastointia, käytettävissä olevia resursseja sekä valmiiden tuotteiden toimituksia. (Fikuro 2023.) Tuotannonohjauksen rakenteessa tulee huomioida tuotannonohjauksen päätekijät, jotka ovat esitetty alla olevassa kuviossa 2 (Miettinen 1993, 25).



KUVIO 2. Tuotannonohjauksen rakenne (Miettinen 1993, 25).

Tuotannonohjauksen prosessit jaetaan eri tasoihin, jotka etenevät vaihe vaiheelta. Kuviossa 3 on osoitettu tyypilliset tuotannonohjausprosessit. Prosessien rakenne ei kuitenkaan aina ole vastaava, sillä toimiala määrittää rakenteen muodostumisen. (Haverila ym. 2009, 409–410.)



KUVIO 3. Tuotannonohjausprosessin vaiheet (Haverila ym. 2009, 409).

Kokonaissuunnittelulla tarkoitetaan ylätasoa prosessia, jossa otetaan huomioon kaikki tuotannon eri osa-alueet ja koordinoidaan niitä optimaalisesti tehokkaan ja taloudellisen tuotannon saavuttamiseksi. Eri osa-alueita ovat muun muassa varastonhallinta, resurssi- ja kapasiteettitarpeiden suunnittelu ja tuotannon kokonaisvolyymien määrittely. Kokonaissuunnittelu tehdään yrityksen tilauskannan, kysyntäennusteiden sekä varastotilanteiden pohjalta. Kokonaissuunnittelun tiedot muodostavat perustan tarkemmille suunnitteluille. (Haverila ym. 2009, 411–412.)

Karkeasuunnittelussa suunnittelu tehdään tarkemmin kuin kokonaissuunnittelussa. Karkeasuunnittelun lähtökohtia ovat yrityksen tilauskanta, tuotteiden varastotilanne sekä valmistusbudjetin tavoitteet. Karkeasuunnittelun keskeisiin tehtäviin kuuluvat resurssien yleissuunnittelu, tuotantosuunnitelman laatiminen ja

toimituskyvyn määrittely. Resurssien käytön yleissuunnittelulla tarkoitetaan henkilöstön, tilojen ja laitteiden kapasiteetin määrittämistä. Toimituskyvyn määrittelyllä tarkoitetaan yrityksen toimituskyvyn hallintaa. (Haverila ym. 2009, 415–417.) Hienosuunnittelun tehtävänä on tarkentaa karkeasuunnitelmaa ja luoda yksityiskohtaisempi tuotantosuunnitelma. Tarkemman tuotantosuunnitelman avulla luodaan tuotantoerät ja suunnitellaan tuotantoerien työvaiheiden ajoitukset. (Haverila ym. 2009, 417–420.)

Tuotannonohjausta tehdään tuotannonohjausjärjestelmällä (MES), joka toimii toiminnanohjausjärjestelmän (ERP) rinnalla kuten aiemmassa kuviossa 1 on esitetty. Tuotannonsuunnitteluun käytetään tuotannonsuunnittelu-/hienokuormitusjärjestelmää (APS), joka myös tukee ERP-järjestelmää. (Leanware 2023a.)

2.3 Tuotannon ohjaustavat

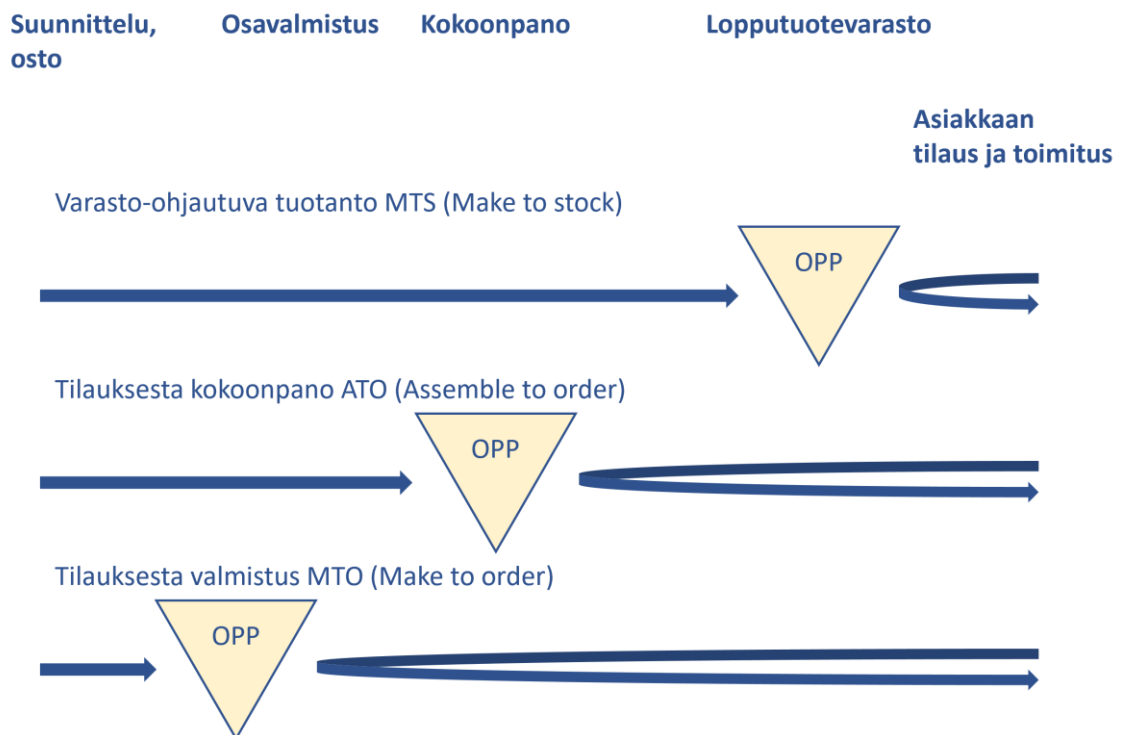
Tuotannonohjauksen yleisimmät ohjaustavat ovat tilaus- ja varasto-ohjaus. Ohjaustavat palvelevat eri tarpeita poiketen toisistaan muun muassa siinä, että hyödynnetäänkö tuotannossa varastoja ja tehdäänkö tuotteissa asiakaskohtaista räätälöintiä. Monesti käytettävä ohjaustapa on näiden tapojen yhdistelmä. (Lapinleimu 2000, 109.)

2.3.1 Tilausohjaus ja varasto-ohjaus

Tuotanto, joka ohjautuu varastojen mukaan, toimittaa asiakkaan tilaukset lopputuotevarastosta. Lopputuotevarastoon valmistetaan tuotteita sisäisten tuotantotilausten perusteella. Varasto-ohjautuvaa tuotantoa hyödynnetään, kun toimituskavaatimus on lyhyt, valmistusmäärät ovat suuria ja menekki on ennustettavissa. Varasto-ohjautuvassa tuotannossa (Make to Stock, MTS) tilauksen kohdennuspiste (Order Penetration Point, OPP) sijaitsee lopputuotevarastossa, joka on lähimpänä asiakasta. (Logistiikanmaailma 2023a.) Tilauksen kohdennuspiste on se kohta materiaalivirrassa, jossa tuote yhdistetään asiakkaan tilaukselle (Logistiikanmaailma 2023b). Tilauksen kohdennuspisteen paikat ja niitä vastaavat ohjaustavat esitetään kuviossa 4.

Tilausohjatussa valmistuksessa (Make to Order, MTO) tuotanto aloitetaan asiakkaan tilauksen perusteella ja tuote valmistetaan valmiiksi asti, jolloin ei tarvita lopputuotevarastoa. Tilausohjattua tuotantoa hyödynnetään erityisesti, kun valmistusmäärät ovat pieniä ja lopputuotevarianttien määrä on suuri. Tilausohjauksessa tilauksen kohdennuspiste sijaitsee tuotannon alkuvaiheessa. (Logistiikanmaailma 2023c.)

Tilauksesta kokoonpano -toimintamalli (Assemble to Order, ATO) yhdistää varasto- ja tilausohjatut tuotannonohjaustavat siten, että kokoonpano käynnistyy välivarastossa olevista puolivalmisteista, kun asiakas tekee tilauksen. (Logistiikanmaailma 2023d.)

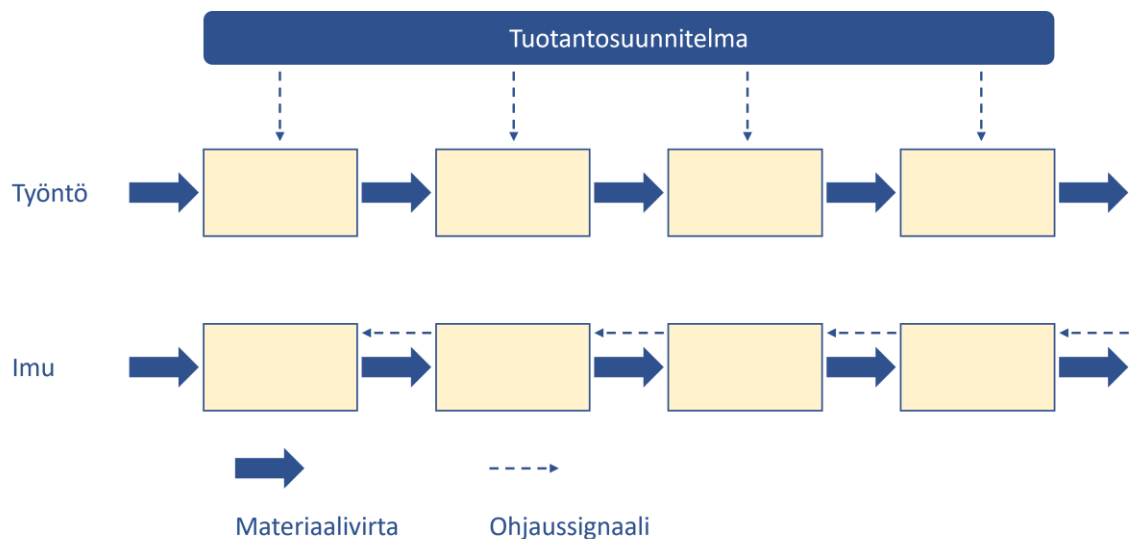


KUVIO 4. Tilauksen kohdennuspisteen paikat ja niitä vastaavat tuotantotyypit (Logistiikanmaailma 2023b).

2.3.2 Työntö- ja imuohjaus

Työntö- ja imuohjaus ovat tuotannonohjaustapoja, joilla ohjataan materiaalivirtaa. Imuohjauksen ja työntöohjauksen erona on materiaalivirran ohjaustapa (kuvio 5). Työntöohjauksessa signaali valmistukselle saadaan etukäteen määritellystä tuotantosuunnitelmasta. Työntöohjauksen edellytyksenä on selkeä ja ohjattavissa oleva tuotantoprosessi. Ohjauksessa hyödynnetään useimmiten tarvelaskentaa, Material Requirements Planning (MRP). (Logistiikan maailma 2023e.) Työntöohjaus on käytetyin ohjausmenetelmä ja sitä voidaan käyttää kaikissa tuotantomuodoissa (Haverila ym. 2009, 422).

Imuohjauksessa signaali saadaan seuraavalta vaiheelta, joka ”imee” materiaaleja tarpeen mukaan aiemmalta vaiheelta. Imuohjauksessa tuotteita valmistetaan ainoastaan kulutuksen ja tarpeen mukaan. Imuohjauksella yritetään poistaa lean-periaatteen keskeisintä hukkaa, ylituotantoa. (Kouri 2010, 22.) Imuohjaus soveltuu parhaiten tilanteisiin, kun valmistetaan lyhyellä läpäisyajalla standardituotteita, joiden menekki on kohtuullisen tasaista (Haverila ym. 2009, 422).

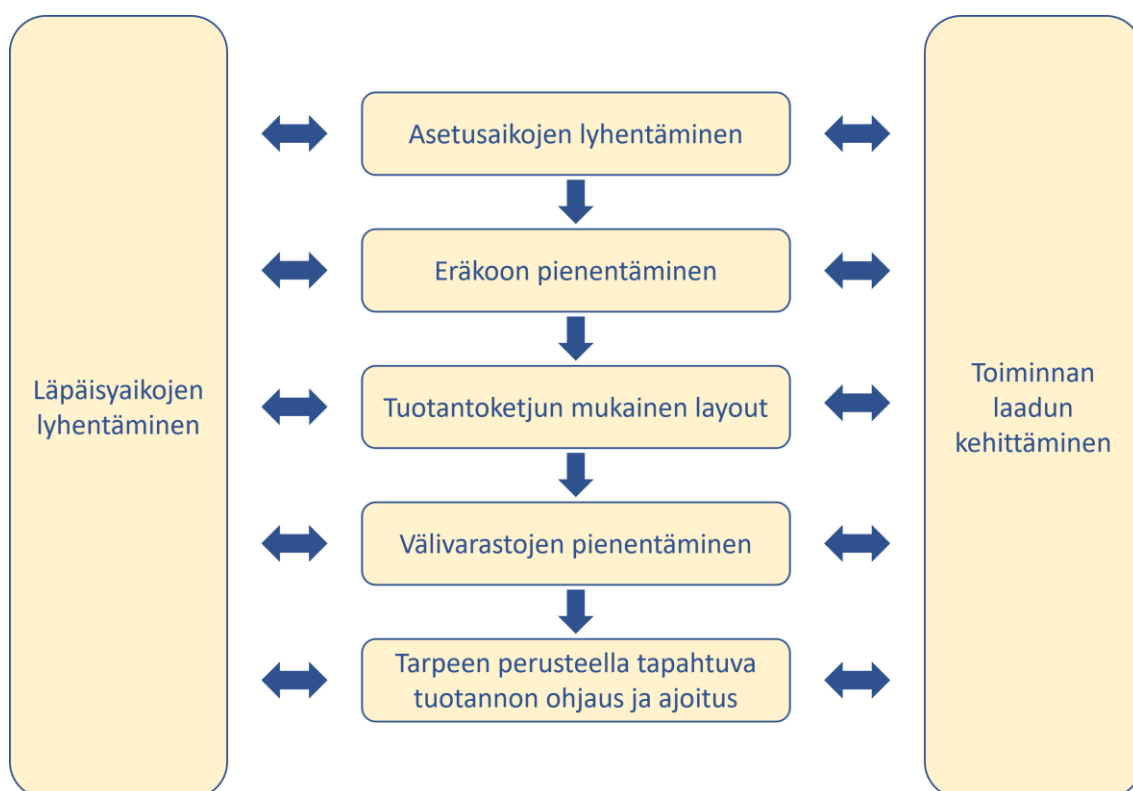


KUVIO 5. Imu- ja työntöohjaus (Logistiikan maailma 2023e).

2.4 Just in Time -tuotantoperiaate

Just in time (JIT) on johtamisfilosofia, jossa yleisten toiminnanohjausperiaatteiden lisäksi tavoitteena on kaiken hukkan poistaminen. Tuotteita valmistetaan ainoastaan todellisten tarpeiden mukaan ja tuotantoprosessista pyritään poistamaan leanin määrittelemät seitsemän hukkaa. (Ifm 2023.)

Joustavalla JIT-tuotannolla voidaan parantaa tuotteiden saatavuutta ja varmistaa lyhyet toimitusajat kuvion 6 osoittamien kehittämisen vaiheiden avulla. JIT-tuotantoperiaatteen ohjaukseen voidaan hyödyntää imuohjausta. (Haverila ym. 2009, 428–429.)



KUVIO 6. JIT-tuotannon kehittämisen vaiheet (Haverila ym. 2009, 429).

Miettisen (1993, 52–53) mukaan JIT:n toteuttamisessa hyödynnetään seuraavia toimenpiteitä:

- Tuotannon virtauttaminen
- Tuotannon tasoittaminen
- Imuohjauksen käyttöönotto
- Automatisointi

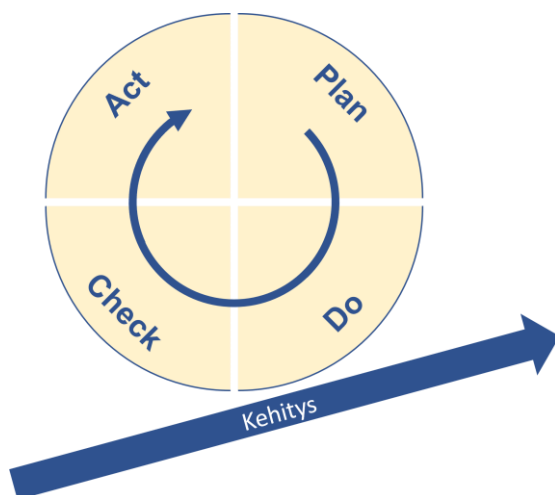
- Laadun varmistus
- Toimitus- ja alihankintaketjun tehostaminen
- Asetusaikojen optimointi

2.5 Lean Management

Lean management -toimintamalli on johtava tuotantoperiaate useilla toimialoilla. Toimintamallin avulla tavoitellaan asiakasnäkökulmasta lähtien tarkoituksenmukaisuutta, järkevyyttä ja täsmällisyyttä toiminnassa. Tärkeä osa leania on tinkimätön laatuajattelu. Toimintamallissa pyritään tekemään kaikki mahdollinen varmistukseen tuotteen ja toiminnan laadun. Kourin (2010, 8–9) mukaan leanin periaatteet ovat:

- Arvon määrittäminen ja tuottaminen asiakkaalle
- Arvoketjun määrittäminen
- Jatkuvan virtauksen tavoittelemine
- Imuohjauksen käyttöönotto
- Täydellisyyteen pyrkiminen

Lean-kehitystoiminnan perustana on toiminnan jatkuva ja systemaattinen parantaminen. Jatkuvaa parantamista toteutetaan PDCA-syklin avulla (kuvio 7). (Kouri 2010, 6–15.)



KUVIO 7. PDCA-sykli (Kouri 2010, 15).

Yksi osa lean management -toimintamallia, jolla pyritään parantamaan tehokkuutta, laatua ja työolosuhteita, on 5S menetelmä. 5S koostuu seuraavista vaiheista (Kouri 2010, 26–27.):

- Lajittelu (Seiri)
- Järjestys (Seiton)
- Puhtaus (Seiso)
- Standardointi (Seiketsu)
- Ylläpito (Shitsuke)

2.5.1 Lean hukka

Lean-toimintaperiaate pyrkii poistamaan hukkaa työprosesseista. Hukalla tarkoitetaan mitä tahansa toimenpidettä tai vaihetta prosesseissa, joka ei tuota asiakkaalle lisäarvoa. (Skhmo 2017.) Hukat vähentävät työn tehokkuutta. Perinteinen lean tunnistaa seitsemän keskeistä hukkaa (Brook 2006, 95), jotka ovat:

1. Ylituotanto
2. Viivästymiset ja odottaminen
3. Tarpeeton kuljettaminen
4. Yliprosessointi
5. Tarpeettomat varastot
6. Tarpeeton liike
7. Laatuvirheet

Ylituotanto pidentää kesken olevia töitä (Work In Progress, WIP) sekä läpäisyaikoja ja vaatii varastointia. Ylituotanto hankaloittaa virheiden havaitsemista tuotannossa, koska suuret varastomäärät piilottelevat ja lieventävät laatuongelmia. Tarpeettomien varastojen myötä kustannukset kasvavat. Myöskään yliprosessointi ei ole kannattavaa koska asiakas ei maksa siitä. (Brook 2006, 95.)

Odottaminen ja viivästyksset ovat resursseja kuluttavia toimenpiteitä, jotka eivät tuo lisäarvoa asiakkaalle. Lisäksi tarpeetonta kuljetusta tulee välttää sen kustannusten ja ajan hukkaamisen vuoksi. Tarpeettomalla liikkeellä on myös merkittävä vaikutus tehokkuuteen ja se kasvattaa terveys- ja turvallisuusriskejä. (Brook 2006, 95.)

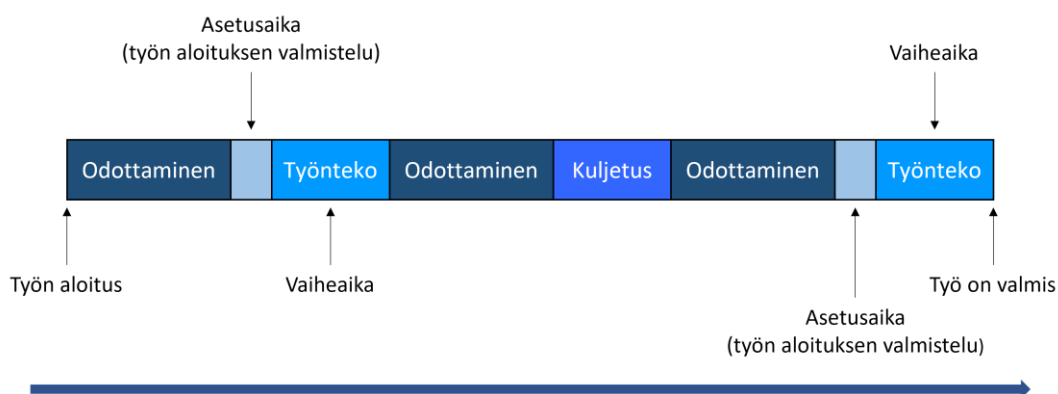
Seitsemän hukkan lisäksi on myös olemassa kahdeksas hukka, inhimillisen potentiaalinen hukka. Hyödyntämättömällä potentiaalilla menetetään merkittäviä taitoja ja asiantuntemusta. (Brook 2006, 95.)

Ensimmäinen askel hukkien vähentämisessä on niiden olemassaolon tunnistaminen ja tehokkaan menetelmän käyttäminen. Hukkien poistamiseen voidaan käyttää leanin Value Stream Mapping- hallintamenetelmää (VSM). (Skhmt 2017.)

2.5.2 Läpäisy aika

Läpäisy aika on yksi keskeisimmistä tuotannon tehokkuuden mittareista. Yleensä läpäisy ajalla viitataan kokonaisläpäisy aikaan tai valmistuksen läpäisy aikaan. Kokonaisläpäisy ajalla mitataan aikaa tilauksen saamisesta tuotteen toimitukseen. Valmistuksen läpäisy ajalla tarkoitetaan työn aloituksen ja valmistumisen välistä aikaa sisältäen tuotantoprosessin vaihe aikojen lisäksi erilaisia vaiheiden välisiä odotus-, asetus- ja kuljetusaikoja. Useimmiten läpäisy aika koostuu suurimmaksi osaksi odotus ajasta ja työvaiheet ovat vain pieni osa kokonais ajasta. Kuviossa 8 esitetään valmistuksen läpäisy ajan rakenne. (Haverila ym. 2009, 401.)

Tuotannonsuunnittelussa tavoitellaan mahdollisimman lyhyttä läpäisy aikaa, koska sillä pystytään vaikuttamaan tuotantoon sitoutuneeseen pääomaan, toimitusvarmuuteen ja laatuun. Läpäisy aikaa voidaan lyhentää vähentämällä tuotantoprosessista lean-käsitteen määrittelemää hukkaa. (Haverila ym. 2009, 401–402.)



KUVIO 8. Valmistuksen läpäisy ajan rakenne (Haverila ym. 2009, 401).

2.6 Varastointi

Varastoinnilla voidaan parantaa tuotannon tehokkuutta tasapainottamalla tuotannon kysynnän vaihteluita. Varastointi vähentää riippuvuutta erilaisista häiriöistä, kun yrityksellä ja sen eri tuotantovaiheilla on saatavilla tarvittavat raaka-aineet, komponentit ja materiaalit. Varastoinnin haittoja ovat yrityksen pääoman sitoutuminen ja fyysisen tilan tarvitseminen. Mainittujen haittojen vuoksi varastojen käyttöä pyritään minimoimaan ympäristöissä, joissa hyödynnetään lean-mallia. (Brook 2006, 95.; Regroup 2023.)

Usein tuotantoprosessin läpäisy aika on pidempi kuin asiakkaan asettama toimitusaika. Tällöin on mahdollista hyödyntää puskurivarastoja, jotka auttavat ylläpitämään toimituskykyä ja palvelutasoa. Puskurivarastoja käytetään myös menekin vaihteluiden tasaamiseen. Tämän lisäksi puskurivarastoja sovelletaan monesti tuotannon eri työvaiheiden välisinä välivarastoina helpottamaan työvaiheiden kytkemistä toisiinsa. (Haverila ym. 2009, 446.)

3 NYKYTILA

3.1 Kohdeyritys

Kohdeyritys on kansainvälisesti toimiva teknologiateollisuuden yritys, jonka pääasiallinen toimiala on poralaitteet. Yritys valmistaa tuotteita pääsääntöisesti asiakkaan tilauksen perusteella. Yritys on keskittynyt laitteiden kokoonpanemiseen ja osien valmistus on ulkoistettu alihankkijoille.

Valmistettavat laitteet ovat rakenteeltaan modulaarisia. Modulaarisuudella tarkoitetaan laitteen jakamista moduuleihin, joista on helppo yhdistää asiakkaan pyytämä kokonaisuus. Laitteen variointi on helppo toteuttaa modulaarisella tuoterakenteella, jolloin vältetään asiakaskohtaiselta suunnittelulta. Laite koostuu aina jonain varianttina vakiomoduuleista ja näin muodostuvaan peruslaitteeseen helposti asennettavista optiomoduuleista. (Lapinleimu 2000, 89 & 151.) Modulaarisuus mahdollistaa moduulien valmistuksen esivarustelusolussa samaan aikaan kun loppukokoonpano suorittaa moduulien asennuksia. Tällä toimenpiteellä voidaan lyhentää koko laitteen läpäisyäikää.

Laitteiden valmistusprosessi on jaettu useaan eri vaiheeseen. Vaiheita ovat muun muassa osakokoonpano, moduulikokoonpano, loppukokoonpano ja testaus. Tässä opinnäytetyössä keskitytään moduulikokoonpanoon, joka suoritetaan esivarustelusolussa.

3.2 Aiheen alustus

Esivarustelusolu (EVS) valmistaa moduulikokoonpanoja loppukokoonpanolle (LKP) eli tuotantolinjaa ja paikkakokoonpanoruutuja (PK-ruutu) varten, jotka valmistavat modulaarisia laitteita. Loppukokoonpanon lisäksi moduuleja valmistetaan myös tuotantohallille. Esivarustelusolun moduulikokoonpanot koostuvat viidestä vaiheesta (131-135) ja jokainen vaihe pitää sisällään usean eri moduulin valmistuksen. Vaiheiden lisäksi esivarustelusolu valmistaa muutamia isompia kokoonpanoja, kuten 230- ja 190-vaiheet, jotka kummatkin sisältävät vain yhden ison moduulin.

Opinnäytetyön aiheena on esivarustelusolun tuotannonohjauksen kehittäminen. Jotta esivarustelusolu pystyy palvelemaan loppukokoonpanoa oikea-aikaisesti, moduulien valmistuminen täytyy tapahtua ajallaan. Esivarustelusolun ohjaus on epämääräistä eikä moduulien valmistuksessa käytettävä työlista ole selkeä ja luotettava. Nämä ongelmat halutaan poistaa uuden ohjaustavan avulla.

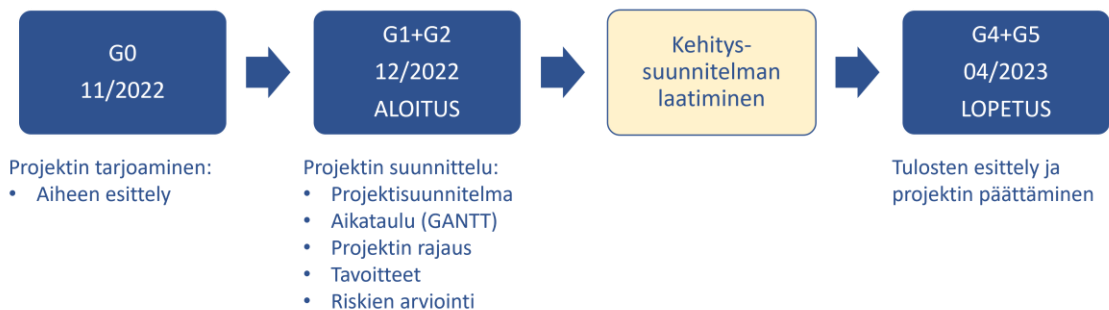
Projektin alussa suoritettiin aiheen rajausta, määritettiin tavoitteet ja aikataulu sekä tehtiin riskien arvioiminen. Aiheen rajaamisella (kuvio 9) varmistettiin että projektissa keskitytään oleellisiin asioihin ja mahdollistetaan projektin toteutuminen aikataulun puitteissa. Aikataulun määrittämiseen käytettiin GANTT-kaaviota.

In-Scope	Out-Scope
<ul style="list-style-type: none"> • Must have • Ohjauksen suunnittelu • Bufferoinnin suunnittelu <ul style="list-style-type: none"> • Should have • Bufferin laskenta • Tieto työvälinepuutteista • Muita kehitysideoita solun toiminnan kehittämiseksi 	<ul style="list-style-type: none"> • Could have <ul style="list-style-type: none"> • Won't have • Ei koske muita ruutuja, ainoastaan i-EVS ja PK-EVS

KUVIO 9. Projektin rajausta.

Kohdeyhteyksessä projektien etenemistä seurataan phase-gate -projektimallilla. Projektimallissa projektin eteneminen jaotellaan eri vaiheisiin. Projektimallin idea on, että vaiheet suoritetaan yksi kerrallaan ja seuraavaan vaiheeseen voi siirtyä vasta kun aiemman vaiheen kriteerit on suoritettu (Daly 2022). Tässä projektissa projektin ohjausryhmä hyväksyi kriteerit suoritetuiksi ja antoi luvan siirtyä seuraavaan vaiheeseen.

Kuviossa 10 on esitetty projektissa käytetty phase-gate -projektimalli. Kohdeyhteyksessä malli jaettiin viiteen vaiheeseen (G1-G5). Tässä projektissa G1 ja G2 yhdistettiin ja ne aloittivat projektin. Samoin myös G4 ja G5 yhdistettiin ja ne lopettivat projektin. Projektin lyhyen aikataulun vuoksi G3 jätettiin pois, koska sillä tarkoitetaan projektin kuukausittaista esittelyä. G3 korvattiin viikoittaisilla palaverilla, joissa seurattiin projektin etenemistä.



KUVIO 10. Phase-gate -projektimalli.

3.3 Projektin tavoitteet

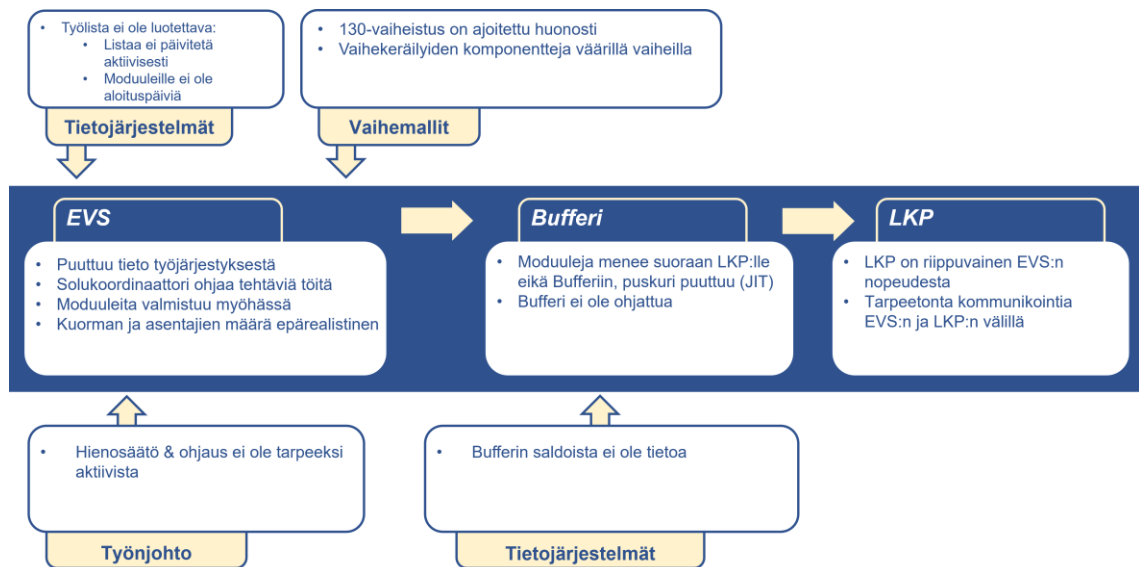
Projektin tavoitteena on määrittää esivarustelusolun ohjauksen ja toiminnan nykytila sekä suunnitella uusi tuotannonohjaustapa. Uuden ohjauksen lisäksi moduleille tulee suunnitella bufferi eli puskurivarasto. Puskurivarastolla pyritään tasamaan työkuormia ja varautumaan ennalta-arvaamattomiin häiriöihin ja muutoksiin, jotka mahdollisesti hidastavat esivarustelusolun tuotantoprosessia.

Ihannetilanteessa esivarustelusolun ohjaus tapahtuu automaattisesti työlistan avulla ja asentajilla on selkeä tieto moduulien valmistamisjärjestyksestä sekä

aloitus- ja valmistumisajankohdista. Kun moduulit valmistuvat ajallaan ennen niiden ajoitettua asennusta laitteeseen, loppukokoonpanon ei tarvitse odottaa esivarustusolun etenemistä. Tavoitteena on, että esivarustusolun ja loppukokoonpanon eivät ole riippuvaisia toistensa etenemisnopeudesta.

3.4 Nykytilan kartoitus

Projekti aloitettiin kartoittamalla esivarustusolun ohjauksen ja toiminnan nykytila. Jotta uusi ohjaustapa voidaan suunnitella, tulee tietää millainen tämänhetkinen ohjaus on ja mitkä ovat sen heikkoudet. Esivarustusolun solukoordinaattoria ja asentajia haastatteleminen sai hyvän yleiskuvan solun toiminnasta. Haastattelun myötä ilmeni solun useat ongelmat ja ohjauksen puutteellisuus. Nykytilan selvityksen myötä tehtiin prosessimalli (kuvio 11), jossa esitetään esivarustusolun merkittävimmät puutteet ja ongelmat.

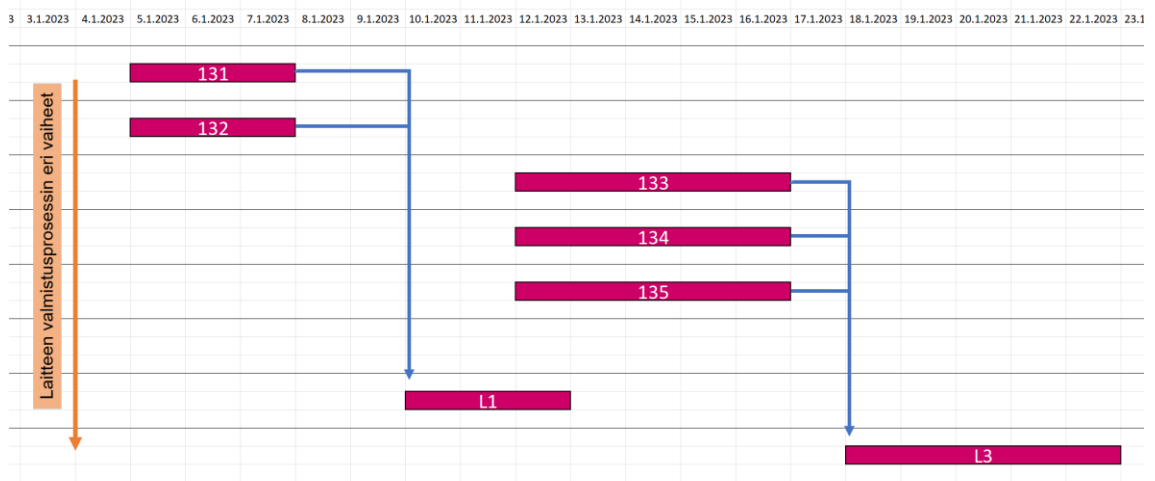


KUVIO 11. Esivarustusolun nykytilan prosessimalli.

Isoimpana ongelmana on, että imuohjauksella toimivasta esivarustusolusta on tullut koko tuotantoprosessin pullonkaula. Moduuleja valmistetaan tällä hetkellä Just in Time -mallin (JIT) pohjalta, mikä tarkoittaa, että moduuleja valmistetaan ainoastaan loppukokoonpanon tarpeen mukaan eikä moduuleja valmisteta etukäteen valmiiksi varastoon. Esivarustusolun ei pysty valmistamaan moduuleja

ajallaan ja tällöin loppukokoonpanon prosessi hidastuu. Tällä hetkellä esivarustelusolun ohjaus ja materiaalivirran hallinta ovat suurimmaksi osaksi esivarustelusolun solukoordinaattorin vastuulla. Solukoordinaattori kiertää loppukokoonpanossa ja tekee silmämääräisen tarkastelun laitteiden etenemisestä ja arvioi mitä moduuleja loppukokoonpano tarvitsee seuraavaksi. Arvion perusteella esivarustelusolu aikatauluttaa moduulien aloitukset ja alkaa valmistamaan niitä. Kyseinen prosessi halutaan automatisoida, jotta voidaan lyhentää esivarustelusolun läpäisyäikää ja varmistaa, että moduulit valmistuvat ajallaan.

Tuotannosuunnittelijoita ja tuotannonkehityspäällikköä haastatteleamalla sai tarkemman kuvan, miten esivarustelusolun kokoonpanovaiheet muodostuvat ja miten ne aikataulutetaan. Kuviossa 12 on esitetty esivarustelusolun kokoonpanovaiheet (131-135). Aikataulutus aloitetaan tuotannosuunnittelijoiden toimesta, jotka suunnittelevat manuaalisesti koko laitteen karkean aikataulun. Useimmissa vaihemalleissa 131 & 132-vaiheet ajoitetaan L1:lle ja 133, 134, 135-vaiheet ajoitetaan L3:lle. L1 ja L3 tarkoittavat loppukokoonpanoa, johon moduulit siirtyvät valmistuttuaan esivarustelusolusta.



KUVIO 12. 130-vaiheiden sijainti vaihemallissa.

Ongelmana on, että esivarustelusolun kokoonpanovaiheiden (131-135) sisältämät moduulit eivät ole aikataulutettu laitteen suunnitteluvaiheessa. Ainoastaan kokoonpanovaiheet ovat ajoitettu aikatauluun ja niiden perusteella ennustetaan moduulien valmistumiset. Kyseinen tapa ei anna tarkkaa tietoa yksittäisten moduulien valmistusajankohdista. Ongelman vuoksi asentajilta puuttuu selkeä tieto

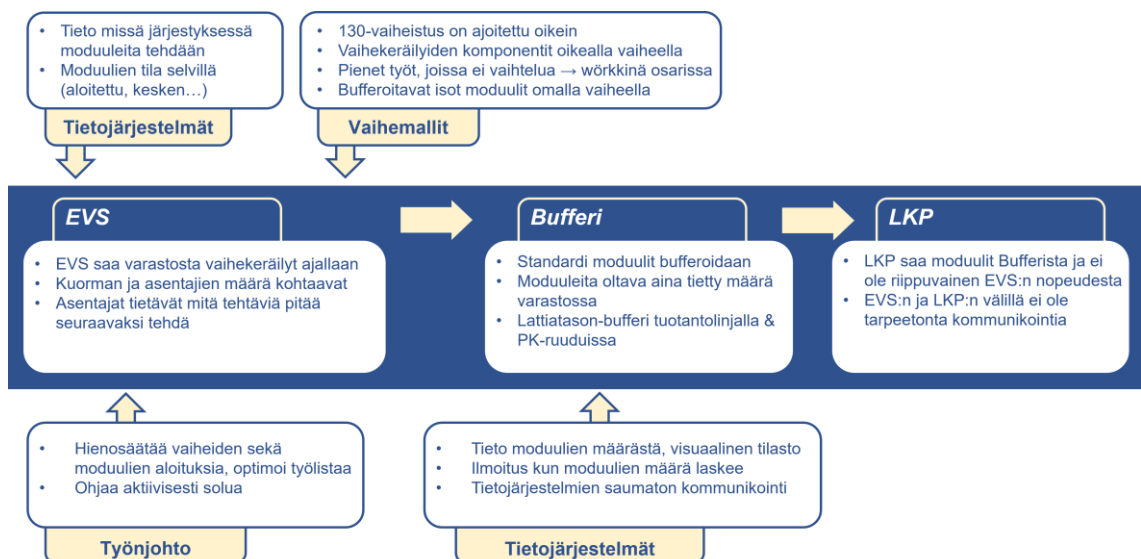
moduulien valmistamisjärjestyksestä. Kun moduulien valmistumisia ei ole aikataulutettu etukäteen niin myöskään loppukokoonpanolle ei voida taata moduulitoimituksia ajallaan. Lisäksi kokoonpanovaiheita ei hienosäädetä tarpeeksi aktiivisesti eli vaiheiden aloituksia ei siirretä vastaamaan tuotannon todellista tilannetta. Kokoonpanovaiheet ovat myös ajoitettu epäloogisesti, mikä hankaloittaa esivarustelusolun ohjaamista.

Moduulien heikon aikatauluttamisen lisäksi valmistuneiden ja työn alla olevien moduulien dokumentointi ja tarkastelu on epäselkeää. Asentajat merkitsevät MES-järjestelmään moduulien tilan sitä mukaan, kun niitä otetaan työlle ja valmistetaan. Käyttöliittymässä jokainen kokoonpanovaihe täytyy avata yksitellen auki, jotta voidaan tarkastella niiden sisältämien moduulien tiloja. Esivarustelusolun työnjohtajan toiveena oli, että moduulien tarkastelua varten suunniteltaisiin uusi työlista. Tämän avulla voidaan nopeasti selvittää, mitkä moduulit ovat valmiita, ja mitkä täytyy valmistaa seuraavaksi.

4 KEHITYSEHDOTUS

Esivarustelusolun ohjaamista lähdettiin parantamaan tuotannonohjauksen kehityssuunnitelmalla. Tuotannonkehityspäällikön toiveiden mukaisesti kehityssuunnitelmassa painopisteenä on moduulien aikatauluttamisessa käytettävän työlistan sekä moduulien puskurivaraston eli bufferin suunnittelu. Laadittu nykytilan kartoitus antaa hyvän lähtökohdan uuden työlistan ja puskurivaraston suunnittelulle. Työlistan ja puskurivaraston suunnittelussa tulee ottaa huomioon kohdeyrityksen asettamat kriteerit ja toiveet tuotannonohjauksen suunnitelmalle.

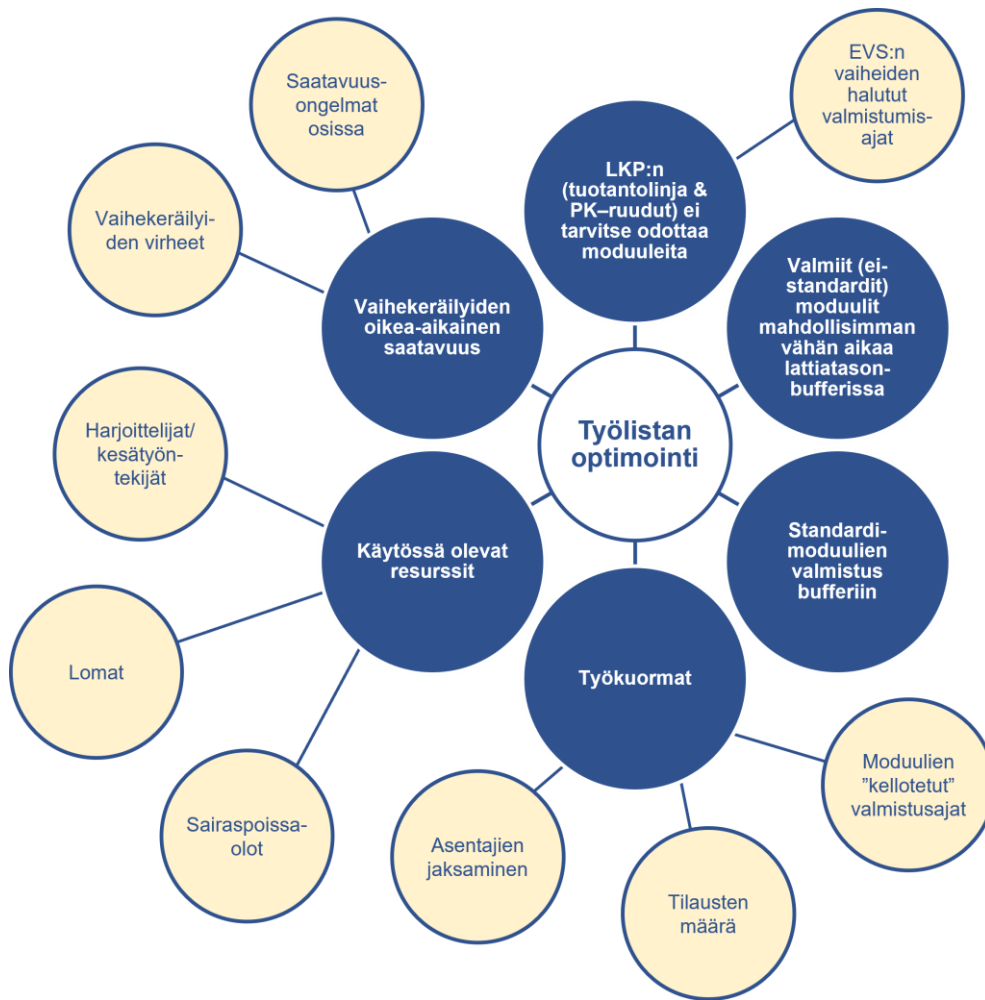
Uuden tuotannonohjauksen suunnittelu aloitettiin pohtimalla ratkaisuja esivarustelusolun ongelmiin. Itoimalla ratkaisuja päädyttiin prosessimallin (kuvio 13) esittämään tilanteeseen. Prosessimallissa esitetään esivarustelusolun tavoittila ja moduulien siirtyminen esivarustelusolusta loppukokoonpanolle. Esitetyssä mallissa esivarustelusolun ohjaaminen tapahtuu automaattisesti työlistan avulla työntöohjauksella, jolloin solukoordinaattoria ei tarvita töiden aikatauluttamisessa ja asentajien ohjaamisessa. Työlista antaa selkeän tiedon missä järjestyksessä ja aikamääreessä moduuleja tulee valmistaa. Työlistan avulla asentajilla on tieto mitä tehdään ja milloin. Tämän lisäksi työlista auttaa myös työnjohtajaa hahmottamaan mitä moduuleja on työn alla ja mitä aloituksia on tulossa seuraavaksi.



KUVIO 13. Esivarustelusolun tulevaisuuden prosessimalli.

Työlistan suunnittelu perustuu vaiheiden etukäteissuunnitteluun ja jatkuvaan optimointiin. Työlistan suunnittelussa pitää mennä tarkemmalle moduulikohtaiselle tasolle eli moduulien valmistamiset tulee kellottaa. Jotta uusi työlista voidaan luoda mahdollisimman tarkasti, tulee olla tiedossa kauanko yksittäisten moduulien valmistaminen kestää. Esivarustusolun työnjohtajan tulee hienosäätää työlistaa jatkuvasti. Tällä tarkoitetaan töiden uudelleensijoittamista ottaen huomioon resurssien kapasiteettirajoitteet ja odottamattomat muutokset. Hienosäädöllä varmistetaan työlistan ajantasaisuus.

Jotta suunniteltu ohjaustapa toimisi, esivarustusolun lähtökohdat täytyy olla kunnossa. Nykyinen JIT-malli ei palvele esivarustusolua ja loppukokoonpanoa tällä hetkellä tavoitteiden mukaisesti. Kyseinen ohjausmenetelmä ei ota huomioon ennalta-arvaamattomia häiriöitä ja muutoksia, jotka vaikuttavat moduulien valmistumiseen. Ennalta-arvaamattomat tekijät, kuten loppukokoonpanon kriittinen osapuute, nostavat yllättäen esivarustusolun työkuormaa. Tämän seurauksena aiemmin ajoitettujen vaiheiden aloitukset viivästyvät. Yrityksen käytössä olevat MES- ja ERP-järjestelmät eivät suunnittele tuotantoa tarpeeksi tarkasti, joten työlistan tekemistä varten kohdeyritys tarvitsee optimointiohjelman. Tuotannon optimointi voitaisiin toteuttaa esimerkiksi APS-järjestelmällä, joka on tarkoitettu tuotannonsuunnittelua ja hienokuormitusta varten. APS-järjestelmän avulla voidaan huomioida töiden aikatauluttamiseen vaikuttavat eri tekijät, joita ovat muun muassa käytössä olevat resurssit, työkuormat, osien saatavuus ja tavoitevalmistumisajat. Myös työvaiheiden kirjaaminen helpottuu APS-järjestelmää käytettäessä. Suoritetun nykytilan kartoituksen ja tehtyjen omien havaintojen perusteella työlistan suunnittelussa ja optimoinnissa tulee ottaa huomioon kuviossa 14 esitetyt tekijät.



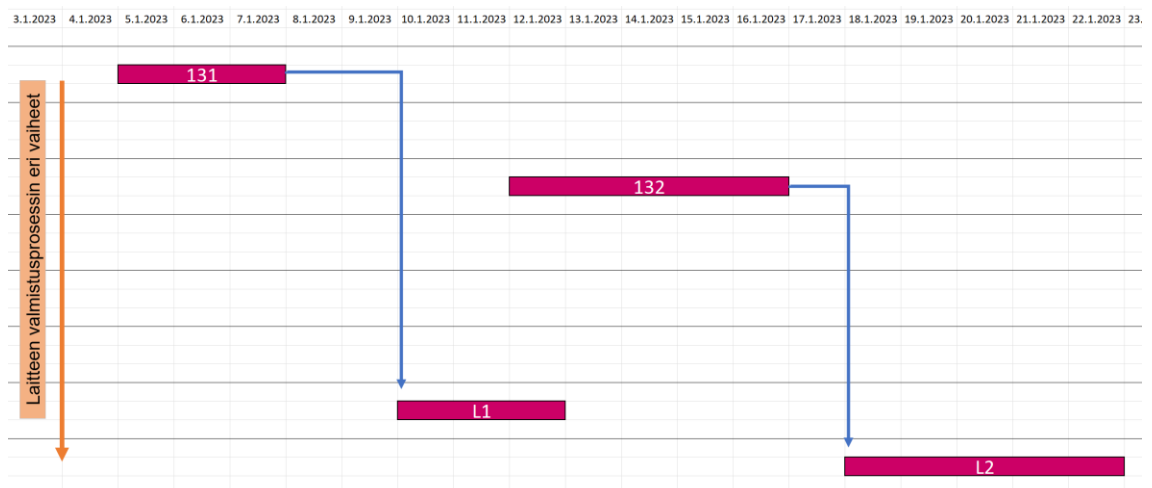
KUVIO 14. Työlistan optimointiin vaikuttavat tekijät.

Kuvassa 1, joka on ote liitteestä 1, on esitetty ehdotus uudesta työlistasta. Työlistasta on tehty visuaalisesti mahdollisimman yksinkertainen, jotta sitä on helppo lukea. Työlistan tulee kuitenkin olla sisällöltään mahdollisimman informatiivinen ja siitä tulee ilmetä ainakin työntunnus, laitemalli, valmistettavat vaiheet sekä moduulit. Lisäksi listasta tulee selvitä moduulien ja keräilyiden tila, moduulin asentaja, moduulin valmistuksen kesto sekä suunniteltu aloitus- ja valmistuspäivämäärä.

Työntunnus	Laitemalli	Vaihe	Moduuli	Tila	Asentaja
T257844	XXX	131			
			Moduuli 1	Valmis	Santeri
			Moduuli 2	Valmis	Jaana
			Moduuli 3	Valmis	Roni
		132			
			Moduuli 4	Aloitettu	Pekka
			Moduuli 5	Aloitettu	Matti
			Moduuli 6	Aloituskelpoinen	
		133			
			Moduuli 7	Odottaa vaiheen aloitusta	
			Moduuli 8	Odottaa vaiheen aloitusta	
		134			
			Optio: Moduuli 9	Odottaa keräilyä	
		135			
			Optio: Moduuli 10	Odottaa keräilyä	
BUF43759	BUFFERI		Bufferi Moduuli 101	Odottaa keräilyä	
BUF33569	BUFFERI		Bufferi Moduuli 102	Odottaa keräilyä	
BUF47924	BUFFERI		Bufferi Moduuli 103	Odottaa keräilyä	
T285896	XXX				

KUVA 1. Uusi työlista.

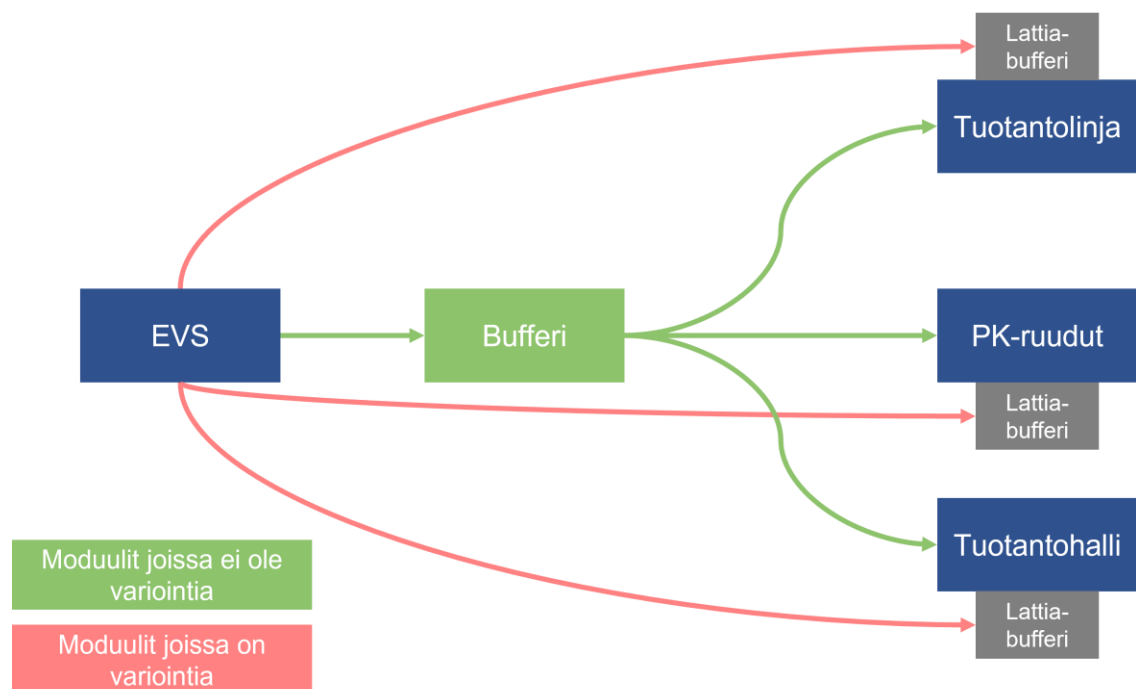
Esivarustusolosolun ohjauksen kannalta olisi myös parempi, että tehdään 130-vaiheiden uudelleen ajoittaminen L-vaiheiden mukaan (kuvio 15). Toimenpide tarkoittaa, että 131-vaihe ohjataan L1-vaiheelle, 132-vaihe ohjataan L2-vaiheelle ja niin edelleen. Kun vaiheet ajoitetaan alkaviksi yksitellen niin esivarustusolosolun ohjaaminen helpottuu. Jotta vaiheet voidaan uudelleensijoittaa vaihemallissa, tulee ensin varmistaa, että vaihekeräilyiden komponentit ovat oikeilla vaiheilla. Vaihekeräilyiden komponenteilla tarkoitetaan vaiheiden sisältämien moduulien materiaaleja.



KUVIO 15. 130-vaiheiden uudelleensijoittaminen vaihemallissa.

Työlistan lisäksi ehdotetaan puskurivaraston perustamista ja käyttöönottoa pidempiaikaiseen moduulien varastointiin. Puskurivaraston tarkoitus on tukea työjärjestyksen ylläpitämistä ja siten varmistaa, että loppukokoonpano saa moduuleja ajallaan. Tuotannosuunnittelijoiden ja tuotannonkehityspäällikön haastatteluiden myötä sai ehdotuksia moduuleista, joita voisi puskurivarastoida. Kaikki isoimmat moduulit, jotka valmistetaan jigeillä ja joissa ei ole variointia voidaan varastoida ulkoiseen puskurivarastoon kuvion 16 osoittamalla tavalla. Pienimmät moduulit, joissa ei ole variointia kasataan osakokoonpanosolussa ”wörkkitöinä”. Toimenpiteellä tarkoitetaan, että moduulit muutetaan yksittäisiksi nimikkeiksi, joita voidaan valmistaa varastoon sarjatuotantona. Puskurivaraston käyttöönotto edellyttää tarpeeseen sopivan ulkoisen varastotilan löytämistä. Lisäksi varastoitavat moduulit on irrotettava 130-vaiheista omiksi vaiheiksi puskurivaraston hallitsemisen parantamiseksi.

Pidempiaikaisen ulkoisen puskurivaraston lisäksi tarvitaan lattiatason puskurivarastot loppukokoonpanon eli tuotantolinjan ja PK-ruutujen sekä myös tuotantohallin tarvitsemien moduulien lyhytaikaiseen varastointiin. Lattiatason puskurivarastoihin varastoidaan 130-vaiheiden sisältämät varioinnin omaavat moduulit. Kyseinen ratkaisu varmistaa, että tuotantopisteet eivät joudu odottamaan moduuleja ja asennukset voidaan suorittaa ajoitetusti.



KUVIO 16. Suunnitelma moduulien puskurivarastosta.

4.1 Kehitysehdotuksen hyödyt

Kehitysehdotuksen myötä saadaan useita hyötyjä, joita ovat:

- Töiden aikatauluttaminen helpottuu
- Minimoidaan inhimillisten virheiden mahdollisuus töiden aikatauluttamisessa
- Moduulien valmistusprosessia on helpompi hallita ja seurata
- Asentajilla on parempi käsitys tehtävistä töistä
- Esivarustusolosolun läpäisy aika lyhenee
- Esivarustusolosolun palveluaste paranee
- Loppukokoonpano saa moduulit ajallaan
- Esivarustusolosolu ja loppukokoonpano eivät ole suoraan riippuvaisia toistensa etenemisnopeudesta
- Kyvykyys reagoida ennalta-arvaamattomiin muutoksiin paranee
- Vähentää solukoordinaattorin työtehtävien määrää

4.2 Kehitysehdotuksen mahdolliset haitat ja riskit

Kehitysehdotusta tulee myös tarkastella kriittisesti ottamalla huomioon mahdolliset haitat ja riskit. Potentiaalisia riskejä voi muodostua puskurivarastojen seurauksena, jos syntyy ylituotantoa. Puskurivarastot vievät tilaa ja etenkin lattiataso varastot voivat koitua haitaksi, kun tuotantotila pienenee. Puskurivarastot ja varastoitavat moduulit sitovat myös yrityksen pääomaa.

Tarvittavan optimointiohjelman löytäminen voi myös osoittautua ongelmaksi. Yrityksen valitsema ohjelma ei välttämättä pysty huomioimaan kaikkia kuviossa 14 esitettyjä optimointiin vaikuttavia tekijöitä, jolloin halutut hyödyt eivät mahdollisesti toteudu täysimääräisesti.

4.3 Jatkotoimenpiteet

Kehitysehdotuksen toteuttamista varten suunnitelmia ja töiden aikatauluttamista täytyy tarkentaa. Lisäksi tulee valita tuotannosuunnittelujärjestelmä uuden ohjausmallin testaamiseksi käytännössä. Jatkotoimenpiteiksi ehdotetaan seuraavia tehtäviä:

1. Kartoitetaan työt, jotka voidaan valmistaa osakokoonpanosolussa
2. Varmistetaan että vaihekeräilyiden komponentit ovat oikeilla työvaiheilla
3. Järjestetään 130-vaiheet uudelleen
4. Kellotetaan moduulien valmistusajat
5. Valitaan moduulit, jotka varastoidaan pidempiaikaiseen puskurivarastoon ja luodaan omiksi työvaiheiksi
6. Kartoitetaan potentiaalisia markkinoilla olevia tuotannosuunnittelu-/hie-nokuormitusjärjestelmiä, APS
7. Valitaan yksi APS-järjestelmä testikäyttöön
8. Perustetaan puskurivarastot
9. Uuden ohjausmallin testaus valitulla APS-järjestelmällä
10. Ohjausmallin parantaminen perustuen testituloksiin
11. Järjestelmän hankinta ja käyttöönotto
12. Uuden ohjausmallin käyttöönotto ja henkilöstön perehdyttäminen

5 TULOKSET

Tämän opinnäytetyön tuotoksena laadittiin kehitysehdotus esivarustelusolun kehittämiseksi. Kehitysehdotus koostuu esivarustelusolun uudesta ohjaustavasta, joka perustuu etukäteen suunniteltavan yksityiskohtaisen työlistan hyödyntämiseen. Osana ohjaustapaa on moduulien puskurivarastojen käyttäminen. Työn tuloksena saatiin myös tieto tuotannonsuunnitteluohjelman tarpeesta, jonka avulla laadittavat työlistat voidaan suunnitella ja hallita paremmin. Työlistan ja moduulien puskurivaraston tarkempi suunnittelu on esitetty luvussa neljä.

Liitteessä 1 esitetään suunniteltu työlista kokonaisuudessaan. Opinnäytetyön toimeksiantajalle tehtiin oma projekti opinnäytetyöstä. Dokumentoidut tulokset antavat toimeksiantajalle selkeät ohjeet ja jatkotoimenpiteet, jotta laadittua kehitysehdotusta voidaan jatkokehittää ja lopulta toteuttaa.

6 POHDINTA JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli esivarustelusolun tuotannonohjauksen kehittäminen. Pää tavoitteena oli uuden ohjauksen suunnittelu. Ohjauksen kehittäminen saatiin toteutettua saadun kehitysehdotuksen myötä, joka koostuu laaditusta työlistasta ja moduulien puskurivaraston suunnitelmasta. Ohjauksen toteutus ja puskurivaraston laskenta jätettiin pois projektista. Puskurivaraston tarkempi suunnittelu oli aloitettu toimeksiantajan johdosta omana projektina, jonka vuoksi sitä ei koettu tarpeelliseksi toteuttaa tässä opinnäytetyössä.

Esivarustelusolun työlistan kehittäminen valikoitui ensisijaiseksi kehittämiskohteeksi tässä opinnäytetyössä, koska se on kaikista ongelmakriittisin ja vaatii eniten kehittämistä. Työlistalla on keskeinen rooli esivarustelusolun ohjauksen sekä myös loppukokoonpanon toiminnan kannalta.

Esivarustelusolun ohjaus toteutetaan tällä hetkellä lähes manuaalisesti, josta on muodostunut merkittävä haitta ja riski. Laaditulla kehitysehdotuksella esivarustelusolun ohjaus voidaan automatisoida ja näin ollen varmistaa moduulien tasainen ja oikea-aikainen valmistuminen. Lisäksi kehitysehdotus lyhentää moduulivalmistusten läpäisyäikää, mikä on merkittävä etu loppukokoonpanon kannalta. Puskurivarastoilla pyritään varmistamaan työlistan ajantasaisuus ja poistamaan viivästyksiä.

Laadittu kehitysehdotus antaa toimeksiantajalle hyvän lähtökohdan sen toteuttamista varten. Luvussa neljä on esitetty kehitysehdotuksen toteuttamiseen vaadittavia toimenpiteitä. Toimenpiteiden suorittaminen edellyttää omaa kehitysprojektia, jolla on käytettävissä tarvittavat resurssit ja rahoitus.

LÄHTEET

Brook, Q. 2006. Six Sigma and Minitab: A complete toolbox guide for all Six Sigma practitioners. 2.painos. UK: QSB Consulting Ltd.

Daly, N. 2022. The Ultimate Guide to the Phase Gate Process. Wrike blog. Luettu 16.4.2023. <https://www.wrike.com/blog/phase-gate-process-project-management/#What-is-phase-gate>

Fikuro. 2023. Tuotannonohjaus. Luettu 20.4.2023. <https://fikuro.visma.fi/tuotannonohjaus/>

Haverila, M.; Kouri, I.; Miettinen, A. & Uusi-Rauva, E. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Infacs.

Ifm. 2023. JIT Just-in-Time manufacturing. Luettu 23.4.2023. <https://www.ifm.eng.cam.ac.uk/research/dstools/jit-just-in-time-manufacturing/>

Kouri, I. 2010. Lean-taskukirja. Helsinki: Teknologian Teknova.

Lapinleimu, I. 2000. Ideaalitehdas. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Leanware. 2023a. APS hahmottaa huomisen skenaariot. Luettu 20.4.2023. <https://leanware.fi/en/products/manufacturing-execution-system-mes/mes-erp-ja-aps/>

Leanware. 2023b. Tuotannon digitalisoinnin järjestelmät. Luettu 20.4.2023. <https://leanware.fi/yhteiso/blogi/tuotannon-digitalisoinnin-jarjestelmat/>

Logistiikanmaailma. 2023a. Varasto-ohjautuva tuotanto. Luettu 1.4.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/varasto-ohjautuva-tuotanto-mts/>

Logistiikanmaailma. 2023b. Tilauksen kohdennuspiste. Luettu 1.3.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/>

Logistiikanmaailma. 2023c. Tilauksesta valmistus. Luettu 1.3.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/tilauksesta-valmistus-mto/>

Logistiikanmaailma. 2023d. Tilauksesta kokoonpano. Luettu 1.3.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/tilauksesta-kokoonpano-ato/>

Logistiikanmaailma. 2023e. JIT (Just-in-Time) ja imuohjaus. Luettu 1.3.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>

Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. Helsinki: Painatuskeskus.

Regroup. 2023. Varastointi – välttämätön paha. Luettu 28.4.2023.
<https://www.regroup.fi/blogi/varastointi-valttamaton-paha>

Skhmot, N. 2017. The 8 Wastes of Lean. Luettu 10.4.2023.
<https://theleanway.net/The-8-Wastes-of-Lean>

LIITTEET

Liite 1. Ehdotus esivarustelusolun uudesta työlistasta

Työntunnus	Laitemalli	Vaihe	Moduuli	Tila	Asentaja	Info 1	Keräilytilanne	Kesto (h)	Suun. Alku	Tot. Alku	Suun. Valmis
T257844	XXX								1.5.2023		4.5.2023
		131							1.5.2023		2.5.2023
			Moduuli 1	Valmis	Santeri		5/5	4	1.5.2023 16:00	1.5.2023 16:00	1.5.2023 20:00
			Moduuli 2	Valmis	Jaana		6/6	6	1.5.2023 20:00	1.5.2023 20:00	2.5.2023 9:00
			Moduuli 3	Valmis	Roni		7/7	6	1.5.2023 20:00	1.5.2023 20:00	2.5.2023 9:00
		132							2.5.2023		3.5.2023
			Moduuli 4	Aloitettu	Pekka		4/4	4	2.5.2023 9:00	2.5.2023 9:00	2.5.2023 13:00
			Moduuli 5	Aloitettu	Matti		4/4	4	2.5.2023 9:00	2.5.2023 9:00	2.5.2023 13:00
			Moduuli 6	Aloituskelpoinen			6/6	12	2.5.2023 17:00		3.5.2023 13:00
		133							3.5.2023		3.5.2023
			Moduuli 7	Odottaa vaiheen aloitusta			8/8	6	3.5.2023 13:00		3.5.2023 19:00
			Moduuli 8	Odottaa vaiheen aloitusta			3/3	3	3.5.2023 19:00		3.5.2023 22:00
		134							4.5.2023		4.5.2023
			Optio: Moduuli 9	Odottaa keräilyä			1/2	2	4.5.2023 7:00		4.5.2023 9:00
		135							4.5.2023		4.5.2023
			Optio: Moduuli 10	Odottaa keräilyä			0/6	3	4.5.2023 9:00		4.5.2023 12:00
BUF43759	BUFFERI								4.5.2023		4.5.2023
BUF33569	BUFFERI		Bufferi Moduuli 101	Odottaa keräilyä			0/6	12	4.5.2023 10:00		4.5.2023 22:00
BUF47924	BUFFERI		Bufferi Moduuli 102	Odottaa keräilyä			0/7	8	5.5.2023 5:00		5.5.2023 13:00
T285896	XXX		Bufferi Moduuli 103	Odottaa keräilyä			0/5	12	5.5.2023 5:00		5.5.2023 17:00
		131							5.5.2023		7.5.2023
			Moduuli 1	Odottaa keräilyä			0/5	4	5.5.2023 17:00		5.5.2023 21:00
			Moduuli 2	Odottaa keräilyä			0/6	6	5.5.2023 17:00		6.5.2023 6:00
			Moduuli 3	Odottaa keräilyä			0/7	6	6.5.2023 5:00		6.5.2023 11:00
			Moduuli 11	Odottaa keräilyä			0/4	3	6.5.2023 6:00		6.5.2023 9:00
			Optio: Moduuli 12	Odottaa keräilyä			0/5	2	6.5.2023 9:00		6.5.2023 11:00
		132							6.5.2023		7.5.2023
			Moduuli 4	Odottaa keräilyä			0/4	4	6.5.2023 11:00		6.5.2023 15:00
			Moduuli 5	Odottaa keräilyä			0/4	4	6.5.2023 11:00		6.5.2023 15:00
			Moduuli 6	Odottaa keräilyä			0/6	12	6.5.2023 15:00		7.5.2023 10:00
		133							6.5.2023		7.5.2023
			Moduuli 7	Odottaa keräilyä			0/8	6	6.5.2023 15:00		6.5.2023 21:00
			Moduuli 8	Odottaa keräilyä			0/3	4	6.5.2023 21:00		7.5.2023 8:00
			Optio: Moduuli 13	Odottaa keräilyä			0/3	3	7.5.2023 5:00		7.5.2023 8:00
		134							7.5.2023		7.5.2023
			Optio: Moduuli 9	Odottaa keräilyä			0/2	2	7.5.2023 8:00		7.5.2023 10:00
		135							7.5.2023		7.5.2023
			Optio: Moduuli 10	Odottaa keräilyä			0/6	3	7.5.2023 8:00		7.5.2023 11:00