

Taneli Manninen

**KOKOONPANOALUEEN VIRTAVIIVAISTAMINEN JA  
VISUALISOINTI**

# **KOKOONPANOALUEEN VIRTAVIIVAISTAMINEN JA VISUALISOINTI**

Taneli Manninen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2017  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotantotekniikka

---

Tekijä: Taneli Manninen  
Opinnäytetyön nimi: Kokoonpanoalueen virtaviivaistaminen ja visualisointi  
Työn ohjaaja: Juha Männistö  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2017 Sivumäärä: 42 + 4 liitettä

---

Työn tavoitteena oli suunnitella kohdeyrityksen kokoonpanoalueelle uusi toimiva layout, jonka avulla saataisiin työkuormitukset ja työjonot selvästi näkyville. Layoutsuunnittelun pohjaksi oli tavoitteena tehdä materiaali- ja informaatiovirtauksen prosessikaaviot koko tuotannosta sekä arvovirtakuvaukset kolmesta erilaisesta tuotteesta.

Layoutsuunnitelma tehtiin työntekijöiden haastatteluiden ja kokoonpanon seurannan perusteella sekä prosessi- ja arvovirtakuvauksia hyödyntäen. Suunnitelmassa huomioitiin asiakaskohtaiset tilatarpeet sekä pyrittiin minimoimaan materiaalien siirtomatkat ja työntekijöiden kulkeminen.

Prosessi- ja arvovirtakuvausten perusteella sekä haastatteluiden avulla suunniteltiin uusi solumallinen layout. Layoutiin muodostettiin asiakaskohtaiset kokoonpanosolut suurille asiakkaille ja pienen tuotevolyymien asiakkaita muodostettiin yksi solukokonaisuus. Solut järjestettiin kokoonpanoalueelle toimintojen ja prosessien mukaiseen järjestykseen. Kokoonpanosolut pyrittiin muodostamaan linjastomallisiksi ja visualisoimaan värikoodein.

Layoutin toteutusosio tehtiin vaiheittain solu kerrallaan, jotta tuotteiden toimitukset saatiin tehtyä ongelmitta. Toteutusosiossa jouduttiin tekemään sähkö- ja putkistolinjojen rakennemuutoksia, jotka olivat hitaita ja vaativat paljon resursseja. Rakennemuutoksia olisi voitu tehostaa tekemällä perusteelliset sähkö- ja putkistosuunnitelmat layoutsuunnittelun valmistumisen jälkeen. Layoutin toteutuksesta noin puolet ehdittiin toteuttaa opinnäytetyöprojektin aikana, joten loppuvaiheen toteutukset jäivät suunnitelman tasolle.

Jatkokehitystoimenpiteet onnistuvat uudessa layoutissa paremmin kuin vanhassa layoutissa. Soluja voidaan kehittää jatkossa esimerkiksi Leanin 5S-työkalan avulla ja varastointia on mahdollista muuttaa nykytilanteesta tehokkaammaksi ja selveemmäksi.

---

Asiasanat: tehostaminen, kehittäminen, visualisointi

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 LEAN-TUOTANTO JA LAYOUTSUUNNITTELU	8
2.1 Arvovirtakuvaus	8
2.1.1 Nykytilankuvaus	8
2.1.2 Materiaali- ja informaatiovirtaus	9
2.1.3 Tuoteperheen valinta	9
2.2 Vuokaavio	9
2.3 Layoutsuunnittelun perusteet	10
2.3.1 Tavoitteet	11
2.3.2 Linjalayoutin suunnittelu	11
2.3.3 Funktionaalisen layoutin suunnittelu	11
2.3.4 Solulayoutin suunnittelu	12
3 YRITYKSEN PROSESSIT	13
3.1 Tuotannon pääprosessit	13
3.2 Vuokaaviot	14
3.2.1 Materiaali- ja komponenttivirtaus	14
3.2.2 Materiaalivirtauksen variaatiot ja komponenttivirtaus	15
3.2.3 Informaatiovirtaus	18
3.3 Arvovirtakuvaukset	21
3.3.1 Tuote 1	21
3.3.2 Tuote 2	22
3.3.3 Tuote 3	24
3.4 Layoutin suunnittelu	25
3.4.1 Nykyiset asiakkaat	25
3.4.2 Asiakaskohtaiset tilatarpeet	25
3.4.3 Mittaushuoneen työjono	27

3.4.4 Pesutilan työjono	27
3.5 Uudet kokoonpanosolut	28
3.5.1 Lääketieteen välineet	29
3.5.2 Asiakas A	32
3.5.3 Asiakas B	34
3.5.4 Muut asiakkaat	35
4 POHDINTA	38
LÄHTEET	42
LIITTEET	
Liite 1 Materiaalivirtauksen prosessikaavio	
Liite 2 Nykytilankuvaus 1	
Liite 3 Nykytilankuvaus 2	
Liite 4 Nykytilankuvaus 3	

## SANASTO

aihio	esikäsitelty kappale, joka on valmis työstettäväksi seuraavassa prosessissa
CTQ	Critical To Quality, laadulle kriittiset parametrit
ERP	Enterprise Resource Planning, tuotannonohjausjärjestelmä
Helicoil	yleisnimitys ruostumattomasta teräslangasta valmistetulle irtokierteelle, joka vahvistaa tai muovaa olemassa olevia kierteitä
hukka	turha toiminta, joka ei tuota yritykselle tai asiakkaalle arvoa
jigi	asettelu- ja kiinnitysteline, jolla varmistetaan usean kappaleen ja prosessin toistettavuus sekä lopputuloksen samanlaisuus

# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty oululaiselle alihankintakonepajalle. Yritys on keskittynyt pääasiassa tarkkuusmekaniikan sopimusvalmistukseen. Sen asiakaskunta koostuu lääketieteen alan, puolustusvoimateollisuuden ja uuden teknologian yrityksistä ympäri maailmaa. Valtaosa tuotteista valmistetaan koneistamalla, ja yritys työllistää noin 70 henkilöä. Heistä noin 15 on toimihenkilöitä. Yrityksellä on käynnissä tuotannon virtauttamiseen keskittyvä projekti, mitä kautta tämä opinnäytetyö sai alkunsa. Projektin tavoitteena on kehittää tuotantoa tehokkaammaksi sekä selkeyttää työn tekemistä ja valvomista.

Opinnäytetyössä keskitytään nykyisen kokoonpanotuotannon virtaviivaistamiseen ja visualisointiin. Visualisoinnilla pyritään selkeyttämään kokoonpanovaiheita ja luomaan selkeät työjonot, jotta työkuormitusta on helppo seurata. Kokoonpanotuotantoon suunnitellaan ja toteutetaan uusi layout, joka tukee muita yrityksen prosesseja. Layoutin suunnittelussa huomioidaan eri tuotteiden ja komponenttien tilatarpeet sekä varastointi. Tarkoituksena on luoda omat kokoonpanopisteet suurimmille asiakkaille ja lisäksi suunnitella yleisiä työpisteitä, joissa voidaan tehdä useita eri kokoonpanoja. Layoutin käyttöönotto tehdään vaiheittain, jotta kokoonpanotuotantoa ei jouduta keskeyttämään kokonaan muutoksen ajaksi.

Pohjaksi layoutin suunnittelulle tehdään nykytilan arvovirtakuvaus kahdelle erilaiselle koneistustuotteelle sekä yhdelle kokoonpanolle, jotta ymmärretään, miten materiaali ja informaatio kulkevat yrityksessä. Koko tuotannosta tehdään myös karkea materiaali- ja informaatiiovirtauksen vuokaavio, jotta nähdään, miten tuotteet ja tieto kulkevat tuotannossa nykytilanteessa. Arvovirtakuvauksista ja vuokaavioista yritys saa informaatiota, missä kohtaa prosesseissa tai toiminnoissa on kehittämisen tarpeita.

## **2 LEAN-TUOTANTO JA LAYOUTSUUNNITTELU**

Lean-tuotanto tulee Toyotan kehittämästä prosessijohtamismallista, jolla pyritään maksimoimaan tuotteen virtausnopeus informaatioineen ja materiaalivirtoineen sekä poistamaan hukkaa. Leanillä pyritään lyhentämään läpimenoaikaa ja kasvattamaan tuotantokapasiteettia, jolloin parannetaan yrityksen tulosta. Lean sisältää erilaisia työkaluja ja tekniikoita, joiden avulla etsitään ja tunnistetaan prosessien parannustarpeet. Työkalut ja tekniikat eivät suoraan tarjoa ongelmiin ratkaisuja vaan ihmisten täytyy pystyä ratkaisemaan niiden esiin tuomat ongelmat. Työkaluja ja tekniikoita ovat muun muassa 5S, imuohjaus, Poka-Yoke, VSM ja Kanban. Näistä työkaluista yksi keskeisimmistä on VSM eli Value Stream Mapping. Sitä käytetään arvioimaan nykytilaa ja sitä kautta löytämään parannuskohteita yrityksen prosesseista. (1; 2.)

### **2.1 Arvovirtakuvaus**

Arvovirtakuvauksessa kuvataan yrityksen prosessit ja toiminnot vaiheittain, jotta yrityksen toimintaa voitaisiin kehittää virtaviivaiseksi ja tehokkaaksi. Kuvauksesta selviää, miten materiaali- ja informaatiovirta kulkevat tuotteen tai tuoteryhmän valmistuksessa. Tuotteen arvoa tuottavat toiminnot ja turhat toimenpiteet saadaan selvästi näkyviin arvovirtakuvauksen avulla. Työkaluna arvovirtakuvaus auttaa visualisoimaan koko tuotannon virtauksen ja huomioimaan paremmin kokonaiskuvaa kuin yksittäisiä prosesseja. Arvovirtakuvauksen aloitusvaiheessa on tärkeää selvittää, mitä aikoo kuvata. On järkevää keskittyä yhteen tuotteeseen tai tuoteperheeseen, jotta vältetään epäselvältä kuvaukselta. (3; 4, s. 4.)

#### **2.1.1 Nykytilankuvaus**

Arvovirtakuvaus aloitetaan aina ensin nykytilan kuvauksella. Nykytilankuvauksen alussa käydään läpi koko arvoketju kävelemällä pikaisesti koko tuotanto läpi. Läpikävelyn jälkeen palataan tuotannon alkuun ja aletaan kerätä informaatiota jokaisesta prosessista. Tiedonkeruu suoritetaan vastavirtaan alkaen tuotannon loppupäästä. Loppupään prosessien tulisi määrittää alkupään tuotantoprosessien



tahdit, koska ne ovat suorimmin yhteydessä asiakkaaseen. Prosessiajat tulisi aina kellottaa eikä luottaa epäsuoriin informaatiotietoihin tai standardiaikoihin, joita ei itse henkilökohtaisesti hanki. Alustava nykytilankuvaus tehdään aina kynällä paperille sen mukaan mitä prosesseja tutkiessa tulee selville. Kuvauksen voi lopuksi viimeistellä tietokoneohjelmistolla selvemmäksi. (4, s. 10.)

### **2.1.2 Materiaali- ja informaatiovirtaus**

Tuotannon virtauksen mukana kulkeva materiaalivirta ei ole ainut virtaus, jota seurataan arvovirtakuvauksessa. Informaatiovirta kertoo kaikille prosesseille, mitä tehdään nyt ja seuraavaksi. Materiaali- ja informaatiovirta kuuluvat oleellisesti samaan virtaukseen, joten ne molemmat täytyy ottaa huomioon. (4, s. 3.)

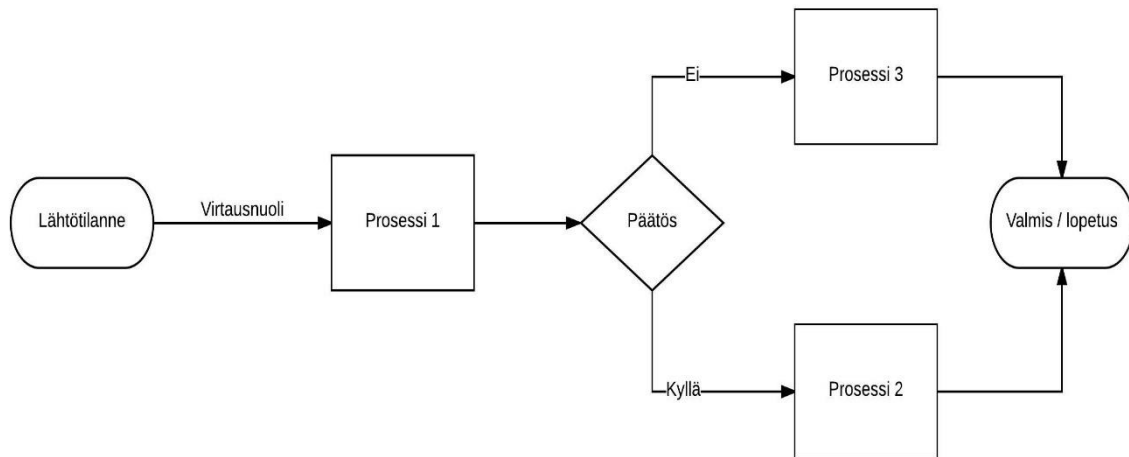
### **2.1.3 Tuoteperheen valinta**

Tuoteperhe on ryhmä tuotteita, jotka kulkevat samat prosessivaiheet lävitse ja joiden valmistamiseen käytetään samoja välineitä. Tuoteperheitä ei yleisesti kuitenkaan jaotella vielä alkupään valmistusvaiheiden mukaan, koska alkupäässä niitä voidaan yleensä käyttää yhteisesti usean eri tuoteperheen kesken. On tärkeää kirjoittaa selkeästi muistiin, mikä tuoteperhe valitaan, mitä se sisältää ja kuinka monta osaa tuoteperheeseen kuuluu. (4, s. 4.)

## **2.2 Vuokaavio**

Vuokaavio esittää prosessin kulkua kaksiulotteisesti käyttäen apuna symboleita ja niihin kuuluvia tekstejä sekä virtausnuolia. Vuokaaviota on helpompi seurata kuin sanallista kuvausta. Kaavion avulla saadaan selvä käsitys kokonaisuudesta ja esityksestä saadaan loogisesti seurattava. (5, s. 1.)

Vuokaavio koostuu virtausnuolista, toimintaa kuvaavista symboleista ja virtauksen ohjaussymboleista. Virtausnuolet yhdistävät symbolit toisiinsa näyttäen samalla virtaussuunnan. Toimintaa kuvaavat symbolit kertovat teksteineen, mikä prosessivaihe on kyseessä. Virtausta ohjaavat symbolit määrittävät seurattavan suunnan eri päätöksistä johtuvissa tilanteissa. Kuvassa 1 on näkyvillä malliesimerkki prosessikuvauksesta. (5, s. 1.)



*KUVA 1. Vuokaavion malliesimerkki*

### **2.3 Layoutsuunnittelun perusteet**

Layout vaikuttaa suuresti tuotannon sujuvuuteen. Tehokkaalla layoutilla vähennetään tuotteen läpimenoaikaa ja tätä kautta toimitusvarmuus paranee sekä asiakastytyväisyys kasvaa. On tärkeää varmistaa sujuva työnkulku sekä materiaalin, työntekijöiden ja informaation virtaus koko tuotannon läpi. Layoutissa pyritään minimoimaan liikkeet ja materiaalin käsittely. Tehokas tilankäyttö ja tuotannon pullonkaulojen eliminoiminen kuuluvat keskeisesti layoutin suunnitteluun. (6, s. 261.)

Layoutin valintaan vaikuttavat tuotevalikoiman ja eräkokojen suuruus. Layoutmallit jaetaan karkeasti kolmeen ryhmään: linjalayout, solulayout ja funktionaalinen layout. Layoutit voivat vaihdella prosessin mukaan. Linjalayoutissa tehdään suuria sarjoja saman tyyppisiä kappaleita, kun taas funktionaalisessa layoutissa tuotteiden kirjo on suuri ja kappalemäärät pieniä. Solulayoutissa toteutetaan tietyn tyyppistä työvaihetta tai -vaiheita, mutta sen läpi voi virrata erilaisiakin tuotteita, kunhan niillä on yhtenäinen prosessivaihe. (7, s. 479 - 480.)

### **2.3.1 Tavoitteet**

Layoutsuunnittelun tärkein tavoite on saada materiaalivirtaus sujuvaksi ja tehokkaaksi. Kuljetukset ja siirrot pyritään saamaan mahdollisimman vähäisiksi. Suunnittelussa on hyvä ottaa huomioon myös tulevat muutos- tai laajennustarpeet. Eräkokojen vaihtelun ja tuotetyyppien vaihtuessa on layoutia pystyttävä muuttamaan jouhevasti. (7, s. 482.)

### **2.3.2 Linjalayoutin suunnittelu**

Linjalayoutissa laitteet ja työpisteet sijoitetaan työvaiheiden kulun mukaiseen järjestykseen. Suurien eräkokojen takia suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota materiaalivirtauksen selkeään järjestykseen. Työvaiheiden tasapainottamiseen täytyy panostaa erityisesti, jotta tuotantoon ei pääse syntymään pullonkauloja. (7, s. 485.)

### **2.3.3 Funktionaalisen layoutin suunnittelu**

Funktionaalisisessa layoutissa sijoitetaan samantyyppiset koneet ja työpisteet omiin osastoihinsa. Layoutin tulee olla joustava mahdollisten tulevien muutosten takia. Suuret, vaikeasti siirreltävät koneet ja laitteet tulee sijoittaa sellaisiin paikkoihin, joissa ne voivat olla myös layoutmuutosten jälkeen. Funktionaalisen layoutin suunnittelussa tärkeintä on osastojen välisten siirtojen minimointi. (7, s. 482.)

Funktionaalisen layoutsuunnittelun vaiheet ovat

- 1) tilantarpeiden määrittäminen
- 2) materiaalikuljetuksien kertojen ja määrien selvitys
- 3) tuotteiden puhtausvaatimusten selvitys, mahdollisten kolhujen tai vastaavien välttäminen, laajennustarpeen huomioonottaminen sekä prosessivaiheiden tarpeelliset toiminnalliset yhteydet
- 4) muutaman erilaisen pohjapiirrosvaihtoehdon luominen, pinta-alaa kuvaavilla suorakulmioilla

- 5) sellaisen vaihtoehdon valitseminen, jossa on huomioitu parhaiten vaaditut tarpeet
- 6) layoutin toteuttaminen käytettävissä olevaan tilaan. (7, s. 483.)

#### **2.3.4 Solulayoutin suunnittelu**

Solulayoutissa yhdistyy eri työvaiheiden ja kokoonpanojen toteutus. Funktionaaliseen layoutiin verrattuna läpäisy aika on solulayoutissa pienempi. Materiaalivirta on selkeä ja siihen on kohdistettu vain tarpeelliset ja työn kannalta oleelliset välivarastot. Solukokoonpanossa tuotteita voidaan valmistaa joustavasti ja valmistuserät sekä määrät voivat vaihdella suuresti. Tuotannonohjaus on helpompaa solussa, koska kaikki työhön liittyvä kokoonpano tapahtuu samassa paikassa. (7, s. 477 - 478.)

Laadunvalvonta on helpompaa solulayoutissa kuin funktionaalisisessa layoutissa, koska kaikki kokoonpanovaiheet tehdään samalla alueella. Virheet pystytään huomioimaan helposti ja tekemään tarvittavat korjaukset nopeasti. Solutuotannossa työntekijällä pysyy motivaatio korkeana, kun työntekijä pystyy vaikuttamaan kokonaisvaltaisesti työn suorittamiseen. Usean työntekijän työskennellessä samassa solussa he voivat vaikuttaa itse siihen kuka tekee mitään. (7, s. 477 - 478.)

## 3 YRITYKSEN PROSESSIT

Opinnäytetyö aloitettiin tutustumalla yrityksen prosesseihin ja henkilöstöön. Kokoonpanotuotannon seurantaan käytettiin aikaa muutamia viikkoja. Ensimmäisinä huomioina kokoonpanotuotannosta tuli asiakkaiden ja tuotteiden valtaisa lukumäärä. Suurimmat asiakkaat löytyvät kuormituksen kannalta lääketieteen, puolustusvoimateollisuuden ja uuden teknologian yrityksistä. Tuotekirjon laajuuden vuoksi kokoonpanomenetelmät vaihtelevat huomattavasti.

Kokoonpanotuotannon volyymillisesti suurin tuoteryhmä koostuu lääketieteen välineistä, joita menee muutamille asiakkaille. Lisäksi asiakaskunnassa on muutama suuri asiakas, joista käytetään tässä opinnäytetyössä nimityksiä Asiakas A, B ja C.

Kokoonpanotuotantoa seurattaessa tuli selvästi esille, kuinka haastavaa kokoonpanotuotannon virtaviivaistaminen tulee olemaan. Suurin osa tuotteista kulkee pesun kautta kokoonpanoon, kun taas osaan tuotteista joutuu tekemään lasermerkintöjä toisessa työtilassa. Osa tuotteista käy myös pintakäsittelyssä eli esimerkiksi anodisoinnissa, mustauksessa, maalauksessa tai karkaisussa ennen kokoonpanoa tai keskeyttäen kokoonpanon. Tuotteilla on aina vähintään silmämääräinen lopputarkastus ennen asiakkaalle toimittamista. Lopputarkastuksen laajuus riippuu asiakkaasta ja tuotteesta.

Tuotteilla on tarkat vaatimukset seurannan suhteen, joten tuotteista täytyy olla kattavat dokumentit. Dokumenteissa mainitaan esimerkiksi valmistuseräkoodit ja materiaalien eränumerot. Dokumentit säilötään tulevaisuuden varalle, jotta ongelmatilanteissa pystytään selvittämään mistä ongelma johtuu.

### 3.1 Tuotannon pääprosessit

Yrityksen tuotannon pääprosessit jaotellaan seuraaviin vaiheisiin:

- tavaran vastaanotto, joka sisältää aihioden ja materiaalin varastoinnin
- aihion leikkaus, joka sisältää materiaalin sahauksen ja leikkauksen

- koneistus, joka sisältää kaikki koneistuskeskukset
- hitsaus
- välivarasto, joka sisältää koneistuksesta valmistuvia tuotteita
- pesu
- suihkupuhallus, joka sisältää kaikenlaiset suihkupuhallusvariaatiot kuten lasikuula- ja piikarbidipuhallukset
- mittaus ja tarkastus, joka sisältää manuaalisen tarkastuksen ilman mittakonetta
- lopputarkastus Zeissin 3D-mittalaitteella
- pintakäsittely, joka sisältää anodisoinnin, karkaisun, peittauksen, maalauksen ja mustauksen
- kokoonpano
- pakkaus ja lähetys.

## **3.2 Vuokaaviot**

### **3.2.1 Materiaali- ja komponenttivirtaus**

Materiaalivirtauksen vuokaavio muodostettiin seuraamalla eri tuotteiden prosesseja, tekemällä haastatteluita työntekijöiden ja toimihenkilöiden keskuudessa, ja näin selvittämällä erityyppisten tuotteiden kulku tuotannossa. Haastatteluista selvisi, mitä vaiheita tuotteet voivat käydä läpi ja mitä variaatioita tuotteista on. Virtauksesta valmistettiin karkea vuokaavio, joka kuvaa materiaalivirran kulkua tuotannossa kolmen eri virtauksen kautta. Kaaviossa ei ole kuvattu täysin kaikkien kappaleiden virtausta, koska tarkoituksena oli luoda helposti seurattava materiaalivirtauskaavio, josta ilmenee tuotteiden pääsääntöinen kulku. Kaavioon on lisätty valmiiden osien ja komponenttien virtaus materiaalivirtauksen rinnalle.

Materiaalivirtaus jakautuu karkeasti kolmeen eri virtaukseen. Lähtötilanne on kaikissa tapauksissa materiaalin vastaanotto, ja sen jälkeen materiaali varastoidaan materiaalivarastoon. Materiaalivarastosta materiaali kulkee aihion leikkauksen ja koneistuksen tai hitsauksen kautta välivarastolle lähes kaikissa tapauksissa. Vä-

livarastolta tuote voi jakautua kolmeen eri virtaukseen. Joissakin tapauksissa aihion leikkaus jätetään kokonaan välistä ja toimitetaan valmis alihankinnasta tullut aihio suoraan koneistukseen.

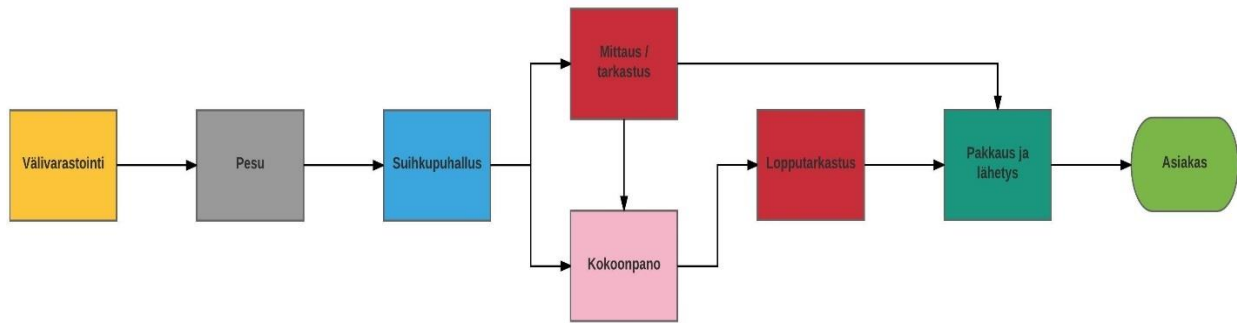
Komponentit tulevat yleensä materiaalivaraston kautta, josta varastotyöntekijä jakaa komponentit niille kuuluviin pisteisiin. Osittain myös komponenttien toimittajan edustaja käy täyttämässä komponenttihyllyjä, jolloin varastojen saldomäärät ovat toimittajan valvonnan alla. Liitteessä 1 on materiaali- ja komponenttivirtauksen vuokaavio kokonaisuudessaan.

Kuvauksessa on useamman kerran sama tai saman tyyppisiä prosesseja, minkä vuoksi kukin prosessivaihe on värikoodattu. Prosessikaaviolle ominaiset päätöstilanteen symbolit (kuva 1) on jätetty pois, jotta kaaviota on saatu helpommin seurattavaksi. Kuvauksen jälkeen kaavio on jaettu pienempiin osiin, joissa selitetään tarkemmin virtauksen kulku.

### **3.2.2 Materiaalivirtauksen variaatiot ja komponenttivirtaus**

#### **Vaihtoehto 1**

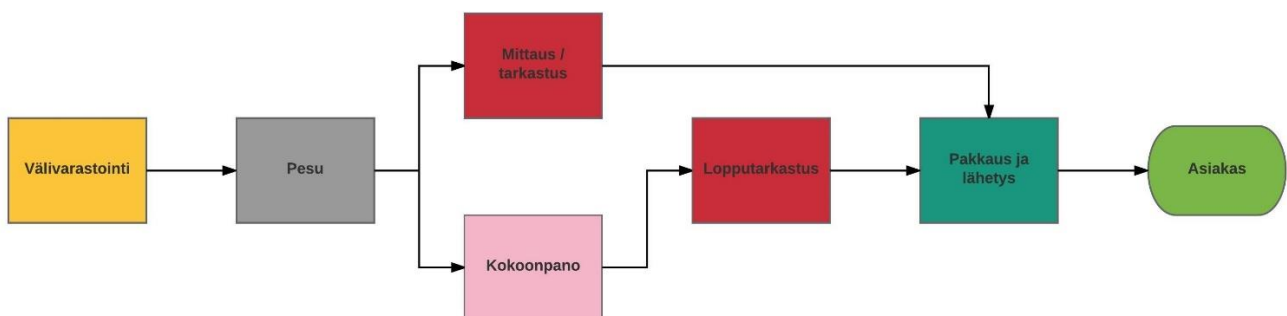
Välivarastosta kappale kuljetetaan pesun kautta suihkupuhallukseen, joka sisältää joko piikarbidipuhalluksen tai lasikuulapuhalluksen. Puhalluksesta kappale siirretään suoraan kokoonpanoon tai mittauksen ja tarkastuksen kautta kokoonpanoon. Mittauksesta siirrytään suoraan pakkaukseen ja lähetykseen, jos kappale on suihkupuhalluksen jälkeen valmis. Kokoonpanosta kappale siirretään aina lopputarkastuksen kautta pakkaukseen ja lähetykseen, josta se toimitetaan asiakkaalle. Kuvassa 2 on näkyvillä virtaus vuokaaviomuodossa.



KUVA 2. Materiaalivirtauksen vaihtoehto 1

## Vaihtoehto 2

Välivarastosta kappale kuljetetaan pesun kautta joko suoraan kokoonpanoon tai mittauksen ja tarkastuksen kautta kokoonpanoon. Kokoonpanosta kappale siirretään lopputarkastuksen kautta pakkaukseen ja lähetykseen. Kappale saataan myös kuljettaa suoraan mittaus- ja tarkastuspisteeseen kautta pakkaukseen ja lähetykseen, josta kappale toimitetaan asiakkaalle. Kuvassa 3 on näkyvillä virtaus vuokaaviomuodossa.



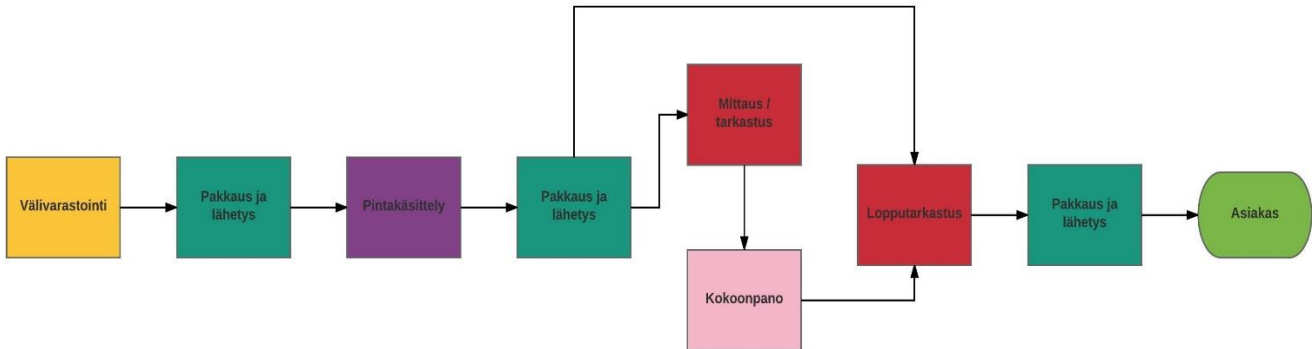
KUVA 3. Materiaalivirtauksen vaihtoehto 2

## Vaihtoehto 3

Välivarastosta kappale otetaan suoraan pakkaukseen ja lähetykseen ja toimitetaan alihankintaan pintakäsittelyyn. Pintakäsittelynä voi olla esimerkiksi kovaanodisointi, maalaus, mustaus, karkaisu tai peittäys. Pintakäsittelyn valmistuttua kappale lähetetään takaisin kohdeyritykselle, jossa se otetaan vastaan pakkaus- ja lähetyspisteessä. Pakkaus- ja lähetyspisteestä kappale kuljetetaan tarkastuksen kautta kokoonpanoon ja kokoonpanosta lopputarkastuksen kautta takaisin



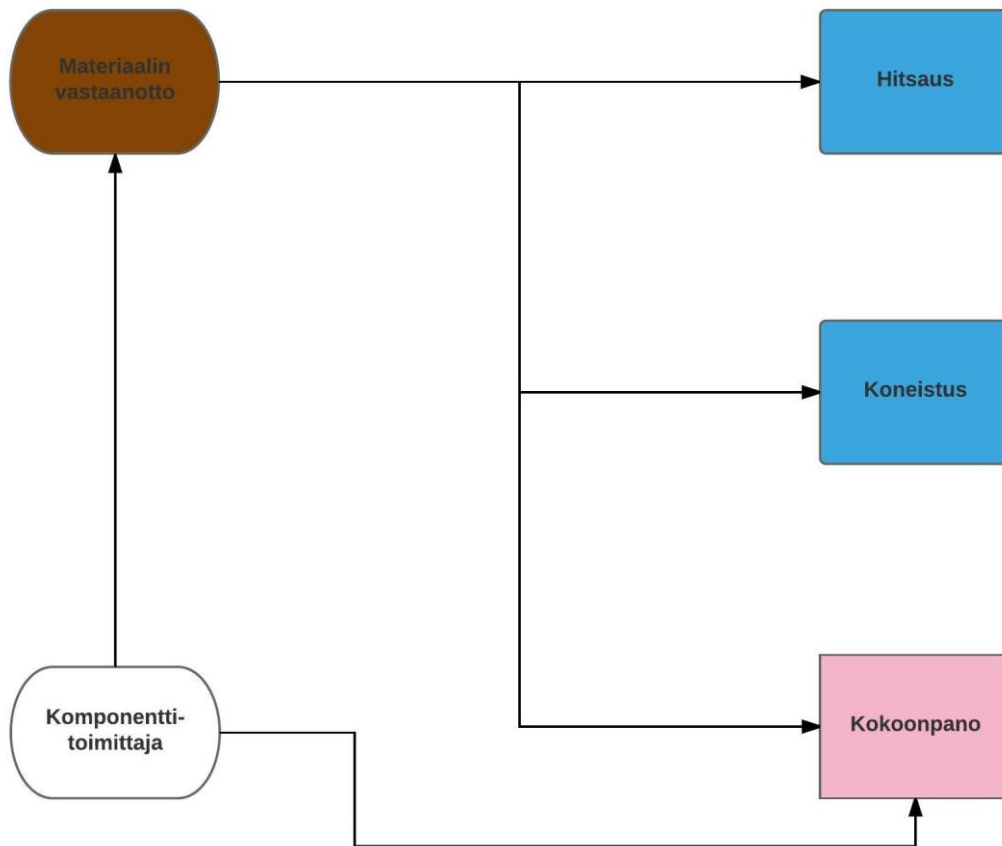
pakkaukseen ja lähetykseen. Kappale voidaan myös viedä suoraan lopputarkastukseen, jonka jälkeen se on valmis toimitettavaksi asiakkaalle. Kuvassa 4 on näkyvillä virtaus vuokaaviomuodossa.



KUVA 4. Materiaalivirtauksen vaihtoehto 3

### Komponenttivirtaus

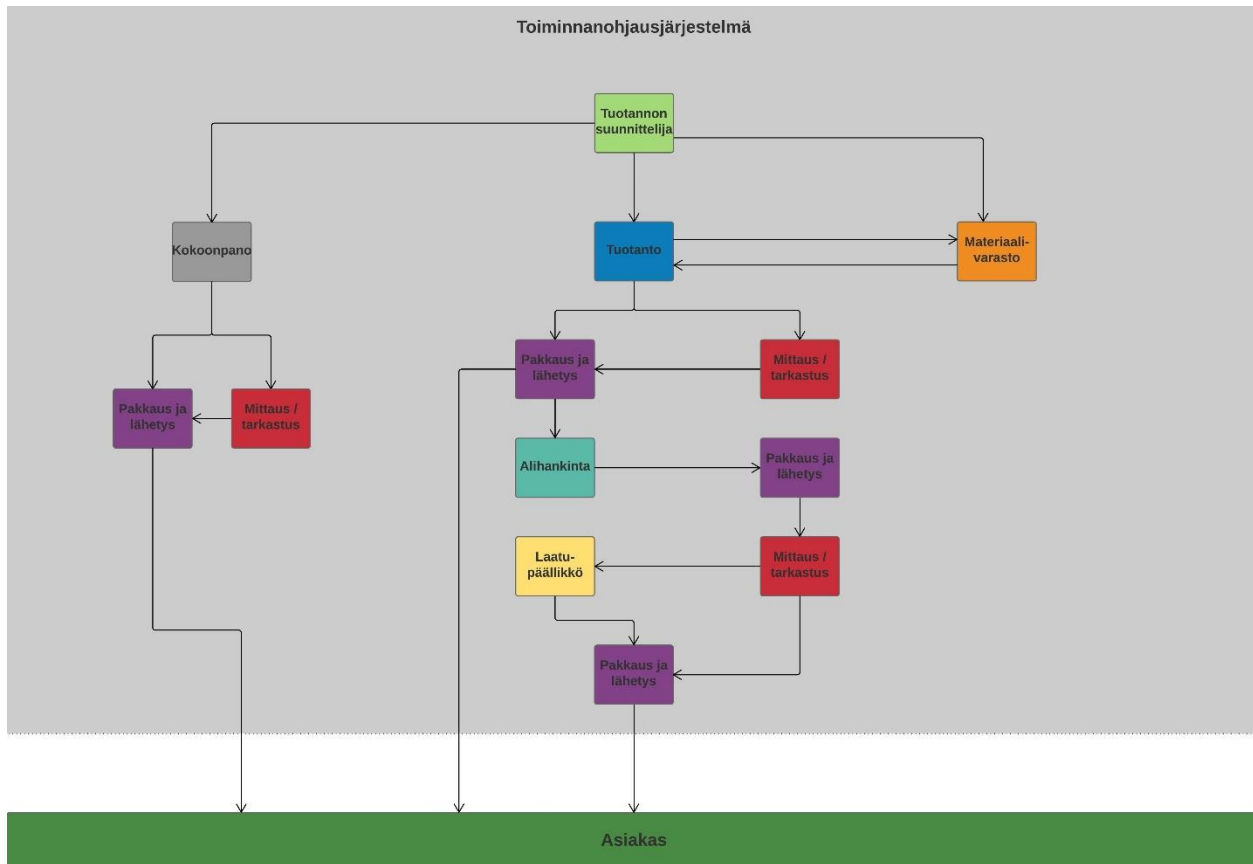
Komponenttivirtaus lähtee liikkeelle komponentin toimittajasta. Alihankkija toimittaa tilatut komponentit yritykselle, jossa ne otetaan vastaan materiaalin vastaanotossa. Vastaanottaja toimittaa komponentit tuotantoon niille varattuihin pisteisiin joko koneistukseen, hitsaukseen tai kokoonpanoon. Kokoonpanopuolella on lisäksi komponenttihillyjä, joita toimittaja käy määräajoin tarkastamassa ja täyttämässä tarvittaessa. Vastuu näiden komponenttien täydentämisestä on siis toimittajalla. Kuvassa 5 on näkyvillä virtaus vuokaaviomuodossa.



*KUVA 5. Komponenttivirtaus*

### 3.2.3 Informaatiiovirtaus

Informaatiiovirtauksen vuokaaviota on tarkasteltu työkorttien sekä materiaali- ja prosessitietojen näkökulmasta. Työntekijöiden ja toimihenkilöiden haastatteluilla saatiin selville, miten työkortit kulkevat tuotannossa ja miten eri työvaiheet kirjataan järjestelmään. Kuvassa 6 on näkyvillä valmis informaatiiovirtauksen vuokaavio.



KUVA 6. Informaatiovirtauksen vuokaavio

Työkortti tehdään tuotantoinsinöörin toimesta. Tarvittavat työvaiheet kootaan työkorttiin asiakkaan tilauksen ja tuotteen mukaan. Kortti voidaan tehdä etukäteen puskuriin, vaikka materiaalia valmistukseen ei vielä olisikaan. Tuotantoon tehtävät työkortit lajitellaan koneryhmittäin ja materiaalivarastoon tehdään joko oma työkortti tai otetaan kopio tuotannon työkortista. Joskus koneistaja käy pyytämässä aihioita materiaalivarastosta, jolloin informaatio kulkee koneistajan mukana. Kokoonpanoon tehdään omat työkortit.

Materiaalivarastosta tehtävä materiaaliotto kirjataan kyseiselle työlle ERP:iin ja samalla materiaali vähennetään varaston saldosta. Materiaalierä on yleensä määrätty jo työkortissa. Vuokaaviossa näkyvä materiaalivarasto sisältää myös aihion leikkauksen, koska ne sijaitsevat tuotannossa samassa tilassa. Aihion leikkauksen ja materiaalivaraston yhdistämisellä saatiin informaatiokaaviota selvennettyä.

Jokainen työkortissa oleva työvaihe kirjataan tuotannonohjausjärjestelmään, jotta nähdään missä vaiheessa työ on meneillään. Lisäksi työvaiheiden kirjauksista on apua tilausten jälkilaskennassa, josta nähdään suunnitellut ja toteutuneet tunnit sekä pystytään laskemaan tuotannon tehokkuus.

Kaaviossa kuvattu laatupäällikkö tarkastaa osan alihankinnasta tulleista tai kokoonpanosta valmistuneista tuotteista, jotta ne voidaan vapauttaa toimitettavaksi asiakkaalle. Käytännössä nämä tuotteet ovat sellaisia, joille luodaan laatusertifikaatti ja nykytilanteessa vain laatupäälliköllä on valtuudet siihen. Laatupäällikkö kirjaa dokumentoinnin työvaiheen tuotannonohjausjärjestelmään.

Vuokaaviossa näkyvät nuolet kuvaavat, miten työkortti kulkee tuotannossa ja kertoo mistä eri prosessivaiheissa olevat henkilöt saavat tiedon tehtävästä työstä. Prosesseilla voi näin ollen olla monta eri paikkaa, joista tieto tulee.

Tuotannon työntekijät saavat informaation tuotannon suunnittelijalta työkortin muodossa, mutta informaatio kulkee myös materiaalivaraston suunnasta materiaalin mukana. Tuotannon työvaiheet taas kirjataan toiminnanohjausjärjestelmään, jota kautta tuotannon suunnittelija saa tiedon työn edistymisestä.

Mittaus ja tarkastus -pisteellä tieto työvaiheesta tulee joko tuotannosta, pakkauksesta ja lähetyksestä tai kokoonpanosta. Tuotannosta tuleva mittaustapahtuma liittyy yleensä keskeneräisen koneistuskappaleen mittaukseen tai työkalujen tarkastukseen. Pakkaus- ja lähetyspisteeltä tuleva informaatio kertoo yleensä, että jokin kappale tai kappaleet täytyy tarkastaa ennen lähetystä asiakkaalle. Kokoonpanosta valmistuville tuotteille tehdään lopputarkastus, joka tehdään kokoonpanon valmistuttua ja kokoonpanijan ilmoituksesta tarkastajalle.

Pakkaus- ja lähetyspisteellä työntekijän vastuualueena on toimittaa alihankintaan työkortti, jossa kerrotaan mitä tuotteille tulee tehdä. Alihankinnasta valmistuneet tuotteet palaavat takaisin informaatioineen pakkauksen ja lähetysten työpisteelle. Mittauksesta ja tarkastuksesta tuleva tieto tarkastuksen valmistumisesta

saadaan suullisessa muodossa tarkastajalta pakkaus- ja lähetyspisteelle. Lopuksi tuote toimitetaan asiakkaalle tarvittavine dokumentteineen ja kirjataan tapahtuma tuotannonohjausjärjestelmään.

### **3.3 Arvovirtakuvaukset**

Arvovirtakuvaukseen valittiin kolme erilaista tuotetta, joista tehtiin arvovirtakuvaukset. Kuvaukset on tehty soveltaen normaalia arvovirtakuvausperiaatetta, jossa tarkasteltaisiin yhden kappaleen virtausta. Tässä opinnäytetyössä ei ollut tarkoitus etsiä prosesseista parannuskohteita vaan luoda pohja layoutsuunnittelulle tuotteiden seurannan kautta. Kahden tuotteen nykytilan arvovirtakuvauksessa otettiin huomioon koko toimitusketju ja prosessiajat. Kolmannessa arvovirtakuvauksessa otettiin tarkasteluun kokoonpanon työvaiheet ja niiden ajat. Joissakin kuvauksissa olevissa prosessivaiheissa on yhdistelty eri tapahtumia. Yhdistetyt työvaiheet ovat käytännössä samaan aikaan tehtäviä prosesseja, joten niiden välille ei synny odotusaikaa. Osassa prosesseista on tarkasteltu prosessi-aikaa yhden kappaleen ja joissakin koko tuote-erän näkökulmasta.

#### **3.3.1 Tuote 1**

Nykytilankuvaus aloitettiin tutkimalla toiminnanohjausjärjestelmästä dataa. Järjestelmästä saatiin tiedot asiakastilauksien päivämääristä, materiaalin tilauksesta ja toimitusajoista, työvaiheista ja niiden kestoista sekä välivarastojen määristä ja aikatauluista.

Toiminnanohjausjärjestelmän tietoja tutkittaessa huomattiin, että kirjattu data ei pitänyt kaikilta osiltaan paikkaansa. Haastattelujen perusteella työaikaleimauksissa oli virheitä ja asiakastilauksen kirjaus oli suoritettu järjestelmään kolme viikkoa materiaaliainhioiden saapumisen jälkeen. Asiakas oli antanut sähköpostin välityksellä luvan tilata materiaalit etukäteen ja tehnyt kirjallisen tilauksen vasta kolmen viikon kuluttua. Arvovirtakuvauksen tilauspäivämääräksi merkattiin materiaalityötilauksen päivämäärä, johon asiakas antoi luvan sähköpostilla. Valmis nykytilan arvovirtakuvaus on näkyvillä liitteessä 2.

Aihiot tilattiin asiakastilauksen saavuttua ja ne saapuivat tehtaalle yhdeksän päivän päästä. Aihiot varastoitettiin 33 päivän ajan, jonka jälkeen tuotteille tehtiin koneistusohjelma MasterCAM-ohjelmistolla ja muut asetusvaiheet, kuten jigien valmistus ja työkalujen vaihdot. Aetusvaiheita tehtäessä aihiot odottivat työstökoneen vieressä 12 tuntia.

Asetusten jälkeen päästiin koneistusvaiheeseen, jonka koneistusaika laskettiin työntekijän arvion mukaan kaikkien viiden kappaleen ajalta. Yhden kappaleen koneistusaika oli noin 7 tuntia, joten kokonaisajaksi saatiin 35 tuntia.

Seuraavana prosessivaiheena oli pesu, jota ennen kappaleet odottivat välivarastossa yhteensä 35,5 tuntia. Välivarastoinnin aikaan laskettiin jokaisen kappaleen koneistusaika, koska kappaleet toimitettiin yhdessä erässä pesuun. Pesuvaihe kesti kokonaisuudessaan 20 minuuttia, jonka jälkeen tuotteet siirrettiin lopputarkastukseen. Tarkastus oli silmämääräinen, jolloin tarkistettiin pikaisesti vain kappaleen päämitat. Lopputarkastuksen kesto oli 5 minuuttia. Lopputarkastuksen jälkeen tuotteet siirrettiin pakkaukseen ja lähetykseen, jonka kokonaisprosessiaika oli 10 minuuttia. Lähetyksen jälkeen rahtikuljetukseen asiakkaalle meni arviolta 2 päivää.

Lopputuloksena arvovirtakuvauksesta saatiin selville tuotteiden läpimenoaika ja yritykselle arvoa tuottavan työn aika. Läpimenoaika tuoteryhmällä oli lähes 49 päivää jos lasketaan mukaan materiaalin varastointiaika ennen valmistusta. Arvoa tuottavaa työ- ja prosessiaikaa kertyi 47 tuntia 35 minuuttia.

### **3.3.2 Tuote 2**

Tuote 2:n nykytilankuvausta selvitettiin samoin kuin Tuote 1:ssä eli tutkimalla toiminnanohjausjärjestelmä dataa. ERP:stä saatiin selville millä koneella kappaleita valmistetaan ja mikä yritys on toimittanut aihiot. Työaikakirjauksista saatiin selville, että koneistustyötä tehdään kahdessa vuorossa. Alihankintana suoritettavan anodisoinnin toimitushistoriasta saatiin selville, että tuotteiden käyttäminen kova-anodisoinnissa kestää keskimäärin 3 viikkoa riippumatta siitä toimitetaanko

sinne 50 kappaleen tai 100 kappaleen erä. Tämä johtuu anodisointia suorittavan yrityksen sijainnista Ruotsissa ja prosessin läpimenoajan pitkäkestoisuudesta.

Tuote 2:sta sai informaatiota paremmin kuin edellisestä Tuote 1:stä, koska erävalmistus oli edelleen kesken. Koneistusajat pystyttiin mittaamaan eikä tarvinnut turvautua tuotannonohjausjärjestelmästä saatuihin aikoihin tai työntekijöiden arvioihin. Valmis nykytilan arvovirtakuvaus on liitteessä 3.

Asiakastilauksen saavuttua tilattiin aihiot ja ne saapuivat tehtaalle 9 päivän päästä. Asetusten ja ohjelmoinnin teko kesti työntekijän arvion mukaan noin kaksi työvuoroa, eli 16 tuntia. Saman 16 tunnin ajan aihiot odottivat trukkilavalla koneistuskeskuksen vieressä.

Koneistusvaiheessa prosessointiaikaa tarkasteltiin yhden kappaleen näkökulmasta, jolloin prosessiaika oli yhden tunnin ja siitä 3 minuuttia oli kappaleen kiinnityksien vaihtoa. Tästä laskettiin koneistuskeskuksen käyttöaste, joka oli noin 80 %. Koneistuksesta kappaleet siirrettiin 30 kappaleen erissä pakkaukseen ja lähetukseen. Välivarastoinnin aika on suoraan 30 kappaleen koneistusaikojen summa.

Pakkaus- ja lähetyspisteessä tarkasteltiin koko 63 kappaleen erää, jonka prosessiaika oli yhteensä 40 minuuttia. Lähetysten jälkeen rahtitoimitus kova-anodisointiin kesti 3 päivää, jonka jälkeen tuotteet odottivat 13 päivää anodisointirytyksen varastossa. Anodisointiaika reikien ja kierteiden suojaamisineen koko erälle oli noin 3 tuntia. Anodisointiaika on arvio, joka tehtiin yhdessä yrityksen laatupäällikön kanssa. Anodisoinnin jälkeen yritys toimitti hyväksytyt tuotteet takaisin tehtaalle vajaassa neljässä päivässä.

Seuraavaksi kappaleet siirrettiin helicoilin asennukseen, jossa jokaiseen kappaleeseen ruuvattiin kaksi helicoilia. Helicoilien asennuksessa tarkasteltiin yhden kappaleen prosessiaikaa, joka oli 3 minuuttia. Asennuksen jälkeen siirryttiin lop-

putarkastukseen, jossa jokaiselle kappaleelle tehtiin CTQ-mittaus Zeiss-mittakoneella. Tuotteista yksi ei läpäissyt lopputarkastusta. Tarkastuksen kokonaisprosessiaika oli reilu 2 tuntia. Lopputarkastuksen prosessissa on otettu huomioon myös laatudokumentit, jotka tehtiin mittauksen jälkeen.

Lopputarkastuksesta tuotteet siirtyivät välivarastoon 19 tunnin ajaksi odottamaan pakkausta ja lähetystä asiakkaalle. Pakkaus ja lähetys -prosessissa asiakkaalle lähetettiin 60 kappaletta ja 2 kappaletta jätettiin varastoon odottamaan seuraavaa tilausta. 60 kappaleen prosessiaika oli yhteensä 1 tunnin. Rahtitoimitus asiakkaalle oli arviolta 3 päivää. Lopputuloksena saatiin tuotteiden läpimenoajaksi 43,88 päivää, josta 88 tuntia oli yritykselle ja asiakkaalle arvoa tuottavaa työtä.

### **3.3.3 Tuote 3**

Tuote 3:n arvovirtakuvausta tarkasteltiin kokoonpanon näkökulmasta. Tästä kokoonpanosta mitattiin työvaiheet minuutin tarkkuudella. Valmis nykytilankuvaus on liitteessä 4.

Ensimmäisenä työ alkoi työkortin saapumisella tuotannosuunnittelijalta. Työntekijä keräili osat ja komponentit toiminnanohjausjärjestelmästä saatavan keräilylistan mukaan. Koko tuotteen osien keräily kesti 5 minuuttia. Keräilyn jälkeen kokoonpano toteutettiin niin pitkälle, että voitiin tehdä painetestit. Kokoonpanossa on tärkeää koota vain ne osat, mitkä ovat välttämättömiä painetestissä. Jos painetestit epäonnistuu, purkamiseen ei tarvitse käyttää niin paljon aikaa. Ennen painetestien tehtävän kokoonpanon kesto oli 89 minuuttia.

Tuote läpäisi painetestin ja päästiin kokoonpanemaan loput osat seuraavaa testiä varten. Seuraavassa testissä testataan sylinteriputken liikettä edestakaisin 75 minuutin ajan. Testaukseen tarvittavaan kokoonpanoon meni aikaa 135 minuuttia. Testin jälkeen kokoonpantiin vielä lopullinen suojalevy tuotteen suojaksi. Tässä tapauksessa kuitenkin jouduttiin odottamaan kaksi työviikkoa, että saatiin levy-



materiaali suojalevyn kokoonpanoon. Koko tämän ajan tuote odotti kokoonpanopöydällä. Kahden työviikon jälkeen kokoonpano voitiin tehdä loppuun 11 minuutissa.

Kokoonpanon valmistuttua tuote pakattiin pahvilaatikkoon. Pakkaukseen meni 16 minuuttia, jonka jälkeen paketti vietiin lähettämöön odottamaan lähetystä 80 minuutiksi. Lähetysten tekemisessä aikaa kului 15 minuuttia. Lopputuloksena saatiin tuotteiden läpimenoajaksi 10 päivää 350 minuuttia, josta arvoa tuottavaa työtä oli 361 minuuttia.

### **3.4 Layoutin suunnittelu**

#### **3.4.1 Nykyiset asiakkaat**

Kokoonpanotuotannon suurimmat yksittäiset asiakkaat ovat Asiakas A, Asiakas B ja Asiakas C. Lääketieteen välineitä valmistetaan usealle eri asiakkaalle ja ne muodostavat volyymillisesti eniten tuotteita käsittelevän asiakaskunnan. Asiakas B:n tuotannon volyymi tulee kasvamaan tulevaisuudessa uusien tuotteiden myötä, joten siihen täytyi varata enemmän kokoonpanotilaa kuin nykytilanteessa.

Layoutiin päätettiin suunnitella volyymillisesti suurimmille asiakkaille omat kokoonpanosolut. Asiakas C:n solu pidetään nykyisessä erillisessä huoneessa sallasapitosyistä ja tulevaisuuden tuotantomäärien epäselvyyden takia. Asiakas A:lle, B:lle ja lääketieteen välineille luodaan omat solut. Loput pienemmän tuotevolyymien asiakkaat yhdistetään yhteiseen soluun, jossa on yleisiä työpisteitä erilaisten tuotteiden kokoonpanoja varten.

#### **3.4.2 Asiakaskohtaiset tilatarpeet**

Tilatarpeet selvitettiin tutustumalla nykyiseen kokoonpanotuotantoon. Huomioitiin nykyiset komponenttien ja osien varastomäärät ja paljonko ne vievät tilaa varastohyllyistä. Yleisesti varastointitilaa oli selvästi liian vähän, joten kokoonpanosoluihin päätettiin hankkia korkeammat varastohyllyt. Korkeammilla hyllyillä saadaan varastokapasiteettia kasvatettua korkeussuunnassa kokoonpanotilaan

nähdessä, jolloin nykyisillä pöydillä säilöttävät osat ja komponentit voidaan siirtää hyllyihin.

Ensimmäisenä perehdyttiin lääketieteen asiakkaiden kokoonpanoon. Varastohyllyjen kapasiteettia ei ollut tarpeeksi, joten osa varastokomponenteista jouduttiin säilömään työpöydillä. Varastokapasiteetin riittämättömyys johtui osittain tuotteiden vanhoista revisioista, joita oli jäänyt hyllyihin vanhoista valmistuseristä. Varastohyllyt olivat hajautettuna suurelle alueelle, jolloin syntyi turhaa kävelyä osia keräillessä. Hyllylaatikoissa jouduttiin yhdistelemään eri osia samoihin laatikoihin tilanpuutteen ja laatikoiden vähäisen määrän vuoksi.

Asiakas A:n kokoonpanosolussa oli kaksi suurta testausyksikköä ja puominostin, jotka veivät paljon lattiapinta-alaa. Nostimen ja toisen testausyksikön ympärillä täytyi olla kokoonpanon takia liikkumatilaa. Puominostimen edustalla sijaitsevan koontapenkin ympärillä piti mahtua työskentelemään hyvin ja tilasuunnittelussa piti huomioida myös trukkilavojen käsittely. Varastoitavia osia ja komponentteja oli vähemmän kuin lääketieteen välineiden solussa, mutta osat olivat suurempia. Kaikki komponentit eivät mahtuneet varastohyllyyn, vaan osa jouduttiin säilömään erillisessä peltikaapissa.

Asiakas B:n solussa oli vain yhden varastohyllykön verran pienempiä komponentteja. Lavalla säilytettäviä tuotteita oli paljon ja ne eivät mahtuneet kaikki kokoonpanopisteen läheisyyteen. Osa lavatavarasta päätettiin säilöä erillisessä materiaalivarastossa, jotta ne eivät ole viemässä turhaa lattiapinta-alaa kokoonpanosolusta. Tulevaisuutta ajatellen Asiakas B:n solulle varataan eniten kokoonpanotilaa, koska asiakkaan tilausmäärässä on potentiaalia kasvulle. Mahdollisia uusia komponentteja varten päätettiin kaksinkertaistaa nykyinen varastohyllymäärä ja lattiapinta-ala.

Loput asiakkaat ja kokoonpanot pystytään yhdistämään kokonaisuudeksi kokoonpanoalueen toiseen pätyyn. Kokonaisuudessa säilytetään asiakaskohtainen järjestys varastokomponenteissa, mikä toteutetaan järjestämällä jokaiselle

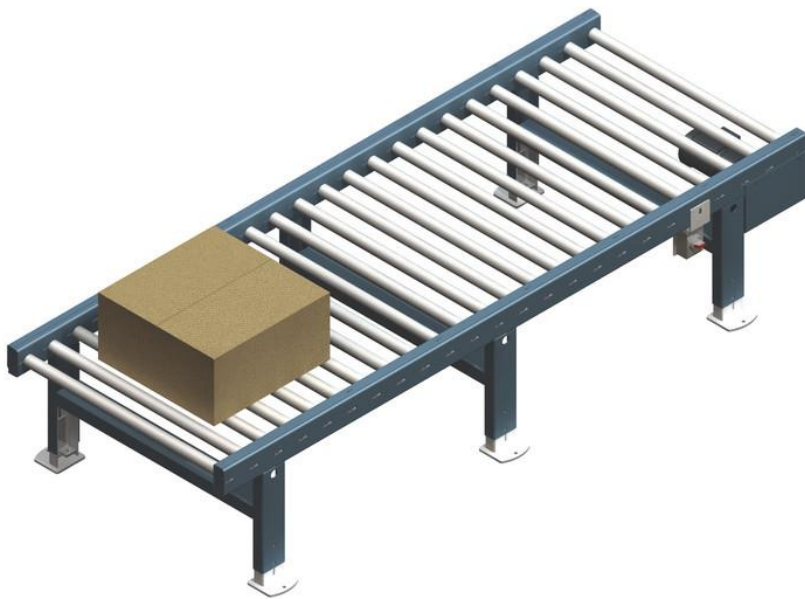
asiakkaalle omat varastopaikat. Nämä eri asiakkaista koostuvat kokoonpanot vievät kokoonpanoalueen lattiapinta-alasta noin yhden neljäsosan.

### **3.4.3 Mittaushuoneen työjono**

Mittaushuoneessa tapahtuu koneistuksenaikaista välimittausta ja lopputarkastusta ennen asiakkaalle toimitusta. Mittaushuoneen työjonossa on yleensä useampi trukkilavallinen sekä muutamia pienempien osien laatikoita odottamassa mittausta. Siksi päätettiin muodostaa toiselle puolelle mittahuoneen oviaukkoa lavapaikat pienemmille TEHO-lavoille ja toiselle puolelle varattiin lavapaikat jälle EUR-lavalle. Laatikoissa tulevat osat päätettiin mittaajan kanssa ottaa suoraan mittahuoneeseen varastoitavaksi, koska laatikoita on volyymillisesti vähän.

### **3.4.4 Pesutilan työjono**

Opinnäytetyöprojektin aikana pesutilan paikkaa siirrettiin tuotannon kannalta järkevämpään kohtaan lähemmäs lähettämöä ja kokoonpanotilaa. Pesulinjan uusi työjono suunniteltiin toteutettavaksi kokoonpanolinjaston puolelta seinän vierustaa pitkin. Seinän vierustaan suunniteltiin kuuden metrin pituista rullarataa, johon koneistajat saisivat työntää koneistuksesta valmistuvat tuotteet keräilylaatikoissa. Rullaratamallin pesujonoa olisi helppo työnjohdon seurata, ja täyttymisen mukaan määrätä työntekijät pesemään tuotteita. Samalla varmistetaan, että pesujärjestys pysyy samana kuin valmistusjärjestys, jotta vältetään joidenkin tuotteiden virtauksen seisahtuminen. Kuvassa 7 on näkyvillä mallikuva rullarataratkaisusta.



*KUVA 7. Rullaradan mallikuva (8)*

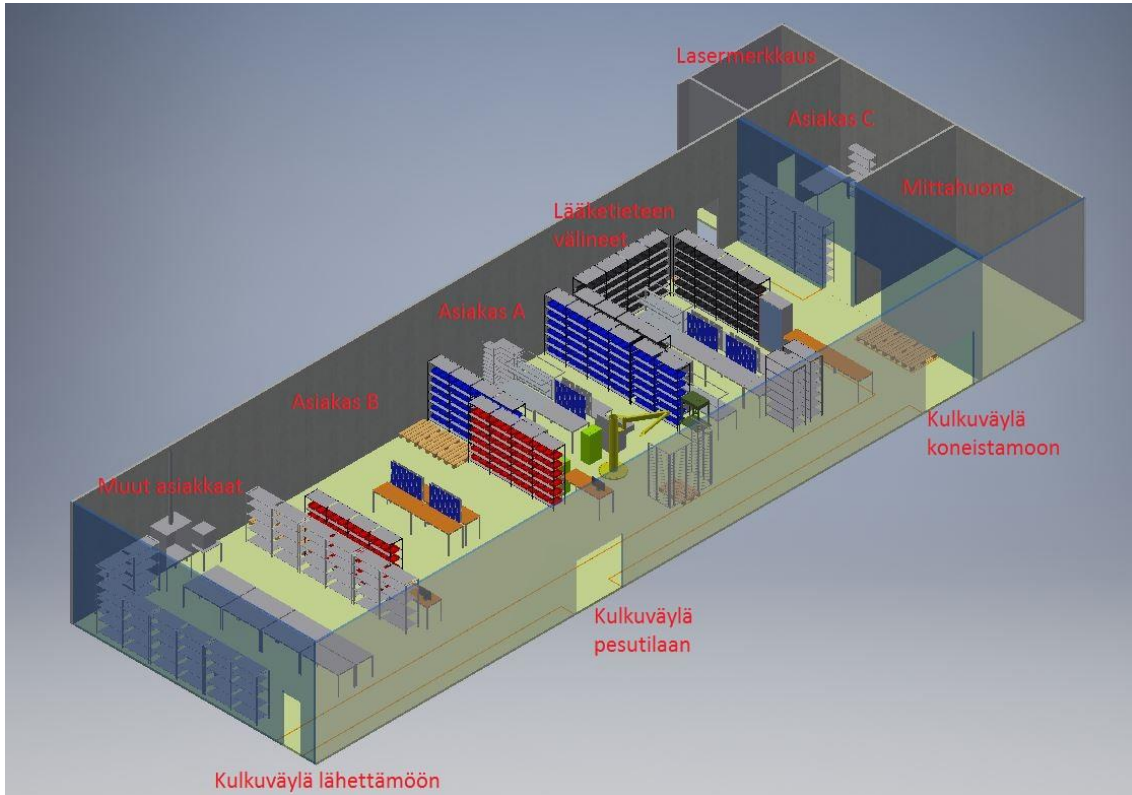
Rullarataratkaisussa otettiin huomioon erikokoisten laatikoiden käsittely. Pienimmät laatikot ovat pohjakooltaan 200 x 150 mm ja suurimmat 600 x 400 mm. Pienimmän laatikon takia rullaradan rullajako ei saanut olla liian suuri, jotta laatikot eivät pääsisi tippumaan rullien väliin. Rullaratatoimittajilta saatiin vahvistus oikeasta rullajaosta, minkä tulisi olla sellainen, että pienin laatikko on yhtäaikaisesti kolmen rullan päällä. Tästä syystä suunnitelmassa päädyttiin rullarataan, jonka rullajako oli 67 mm.

Rullarataratkaisua ei kuitenkaan toteutettu opinnäytetyön aikana, koska layoutin toteutusosiokin jäi ajanpuutteen ja resurssipulan vuoksi kesken. Pesutilan työn toteutus päätettiin siirtää toistaiseksi myöhemmäksi, koska kokoonpanon layoutin toteutus oli tärkeämpää saada ensin valmiiksi.

### **3.5 Uudet kokoonpanosolut**

Uuden layoutin tyyppiksi valittiin solulayout, jonka avulla tilausvolyymillisesti suurimmille asiakkaille luotiin omat kokoonpanosolut. Kokoonpanosolut ehdittiin opinnäytetyön aikana muodostaa lääketieteen välineille ja Asiakas A:lle. Asiakas

B:lle sekä muiden asiakkaiden yhteinen kokoonpanosolu saatiin suunniteltua valmiiksi ja kalusteet tilattua. Asiakas C:n kokoonpanosolu päätettiin vielä pitää nykyisessä huoneessaan, koska tulevaisuuden tuotevolyymeista ei pystytty tekemään arviota. Kuvassa 8 on näkyvillä kokonaisuudessaan kokoonpanoalueen uusi 3D-malli.



*KUVA 8. Kokoonpanoalueen uusi 3D-malli*

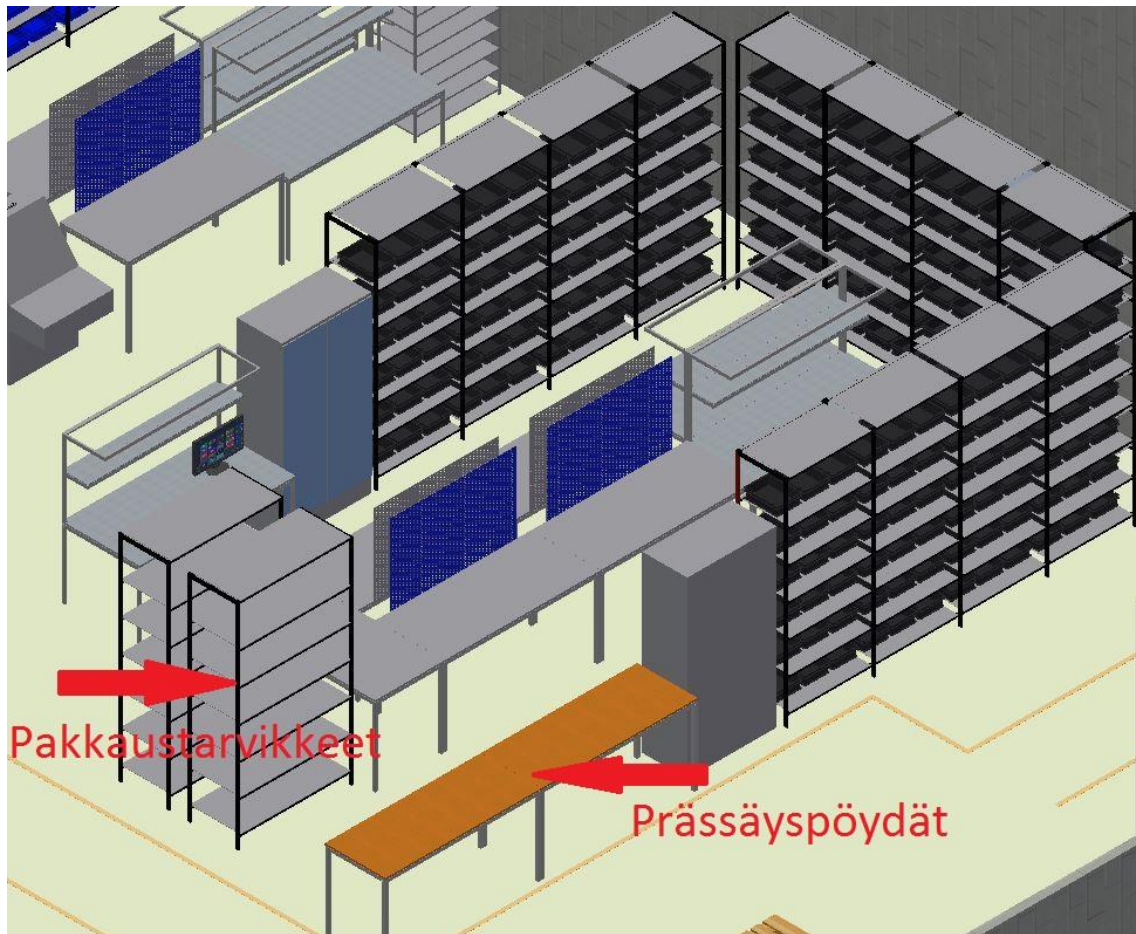
### **3.5.1 Lääketieteen välineet**

Uusi lääketieteen välineiden kokoonpanosolu on sijoitettu alueen toiseen reunaan, lähimmäs lasermerkkaushuonetta. Välineiden kokoonpanossa käytetään eniten lasermerkkausta, joten niiden solu sijoitettiin kokoonpanoalueen alkuun. Kokoonpanosolun varastohyllykapasiteettia on kasvatettu suuremmilla ja korkeammilla varastohyllyillä. Vanhan kokoonpanon pöydillä varastoitavat komponentit saatiin varastoitua uusiin varastohyllyihin. Samalla pöytämäärää saatiin pie-

nenettyä kymmenestä pöydästä kuuteen. Komponentit saatiin jaoteltu asiakas-kohtaisesti hyllyihin ja vanhoissa ottolaatikoissa olevat erilliset tuotteet voitiin jakaa omiin laatikkoihinsa.

Pöytätaasoista muodostettiin kaksipuolinen linjasto, joiden välissä on kaksipuolinen reikälevyseinä. Seinään saatiin kerättyä kaikki kokoonpanoissa käytettävät työkalut, mittalaitteet ja tarvikkeet. Pöytälinjaston päässä on tarvikehylly pakkausmateriaaleille, sillä pakkaus on kokoonpanossa viimeinen vaihe. Pienille kokoonpanossa tarvittaville prässeille päätettiin tilata uudet työpöydät, koska vanhat eivät pituutensa puolesta enää mahtuneet suunniteltuun paikkaan. Samalla saatiin kuluneet työtasot päivitettyä uusiin. Prässipöydän vieressä olevasta peltikaapista tehtiin kokoonpanossa tarvittavien jigien varastointipaikka.

Linjaston periaatteena on, että kokoonpano lähtee liikkeelle U:n mallisen solun perältä ja valmistuu pakkaukseen kulkuväylän päädyssä. Kaksipuolinen linjasto mahdollistaa kahden eri työntekijän työskentelyn sekä eri tilausten yhtäaikaista kokoonpanon ja keräilyä sekoittamatta toimituksia toisiinsa. Kuvassa 9 on näkyvillä 3D-malli uudesta kokoonpanosolusta.



*KUVA 9. Lääketieteen välineiden kokoonpanosolun 3D-malli*

Solun kalustehankinnat koostuivat yhdestä nelijaksoisesta pientavarahyllystä, pakkaustarvikehyllyistä, reikälevyseisistä ja kahdesta pienprässeille tarkoitetusta pöytätasosta. Välineille oli jo ennestään käytössä kaksi nelijaksoista pientavarahyllyä, joita pystyttiin hyödyntämään uudessa kokoonpanosolussa. Hyllylaatikoiden väriksi muutettiin tummanharmaa, kun ennestään oli käytössä sekaisin punaista ja sinistä väriä. Uudella yhtenäisellä värillä tuodaan kokoonpanoalueelle visuaalisuutta, sillä nyt erotetaan selvästi missä kunkin asiakkaan ja asiakasryhmän tuotteet ovat. Ulkoasusta saatiin myös asiallisen näköinen, mikä antaa siistin ja ammattimaisen kuvan asiakkaille.

Solua varten jouduttiin tekemään LVI- ja sähkötöitä layoutmuutoksen myötä. Vanhat kaapelipylväät ja paineilmapisteet eivät olleet uuteen layoutiin nähden oi-

keilla paikoilla. Kaapelipylväät purettiin kokonaan pois ja kokoonpanotilaan rakennettiin yhtenäinen kattokannakkeissa roikkuva kaapelikouru kokoonpanosolujen yläpuolelle. Vanhat kaapelipylväät olivat kiinnitettynä lattiasta kattoon, joten ne eivät olleet kiinteinä rakennelminä kovinkaan nopeasti siirrettävissä. Uudet kaapelikourut helpottavat tulevia layoutmuutoksia, kun ne eivät ole lattiatasolla kalusteiden tiellä. Kaapelikouruihin asennettiin atk-pistokkeita ja pistorasioita tietokonetta sekä valaisimilla varustettuja työpöytiä varten. Prässäyspöytiä varten haaroitettiin uusi paineilmapistete vanhasta olemassa olevasta liittimestä, jotta saatiin puhdistukseen tarvittava paineilmapistooli toimintaan.

Muuttotyötä tehdessä käytiin samalla läpi varastotuotteet ja siirrettiin kaikki vanhat osat pois kokoonpanosta. Vanhat tuotteet sijoitettiin erilliseen materiaalivarastoon, joka toimii samalla täydennysvarastona pakkausmateriaaleille. Pakkausmateriaaleja tilataan aina suuria määriä kerralla ja ne veisivät turhaan kokoonpanotilaa, jos kaikki sijoitettaisiin kerralla kokoonpanoalueelle. Uudella varastohyllyratkaisulla pakkausmateriaaleja säilytetään vain tarpeellinen määrä kokoonpanon läheisyydessä ja hyllyä täydennetään isommasta materiaalivarastosta tarpeen mukaan.

### **3.5.2 Asiakas A**

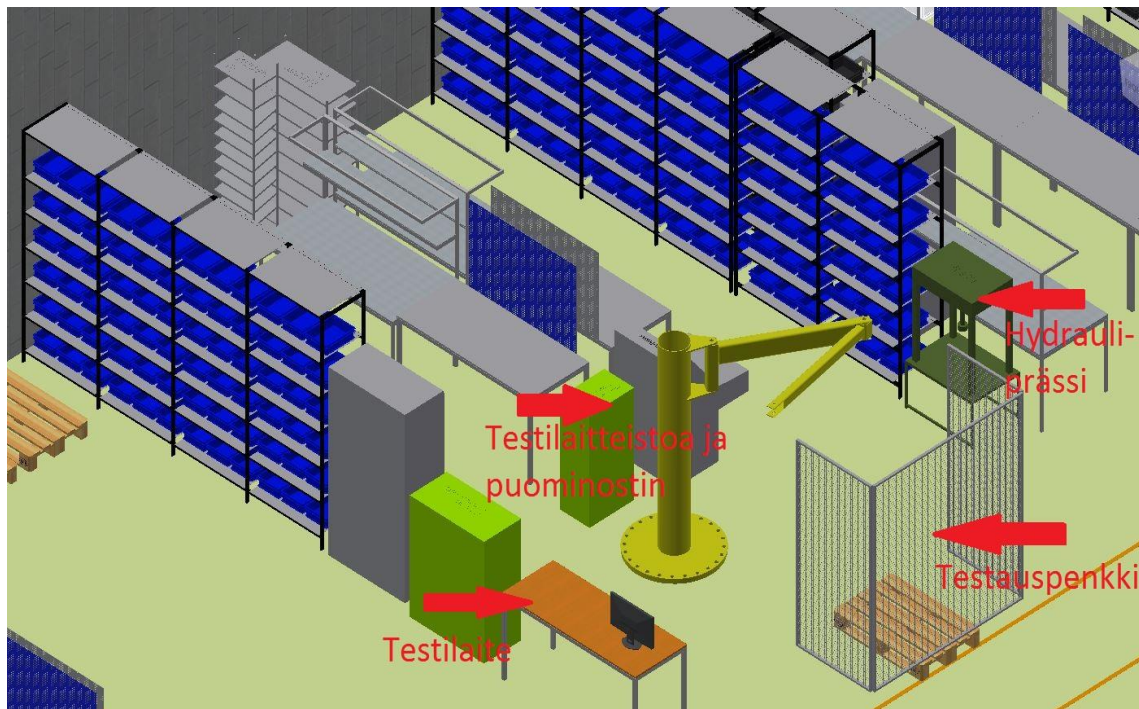
Asiakas A:n uuden solun toimintaperiaate on samanlainen kuin lääketieteen väliseinissäkin. Tässä solussa kasvatettiin myös varastokapasiteettia. Solussa oleva peltikaappi oli vanhassa kokoonpanossa säilytystilana osille, jotka eivät mahtuneet tilanpuutteen vuoksi varastohyllyyn. Uudessa solussa peltikaapin sisältö siirrettiin pientarvikehyllyyn, joten kaapista saatiin tehtyä arkistokaappi dokumenteille ja työohjeille.

Kaksipuolisessa linjastossa toisella puolella tehdään aikaisemmin arvovirtakuvauksessa ollutta tuote 3:n kokoonpanoa ja toisella puolella erilaista isomman tuotteen kokoonpanoa. Isomman tuotteen kokoonpanossa tarvitaan puominostinta, kun valmis kokoonpantu tuote nostetaan häkissä sijaitsevaan testauspenk-



kiin. Testauslaitteistot on siirretty solun toiseen päähän, koska niitä käytetään kokoonpanon viimeisessä vaiheessa. Testauksesta valmistunut tuote pakataan trukkilavalle, joten testiaseman ympärille varattiin tilaa lavan siirtelyn takia. Uudessa kokoonpanosolussa pystytään hyödyntämään käytävää trukkilavojen käsittelyssä, joten kokoonpanosolujen käytäviä pystyttiin kaventamaan.

Testauslaitteistoa varten jouduttiin siirtämään voimavirtapistokkeita ja paineilmapistettä eri paikkaan. Samalla solun tieltä poistettiin kaapelipylväitä ja solun yläpuolelle jatkettiin kaapelikourua edellisestä lääketieteen välineiden kokoonpanosta. Puominostin siirrettiin uudelle paikalleen testauslaitteistojen viereen. Nostimelle jouduttiin tekemään uusi käyttöönottotarkastus siirron jälkeen, jotta se voitiin ottaa käyttöön. Kuvassa 10 on näkyvillä 3D-malli uudesta kokoonpanosolusta.



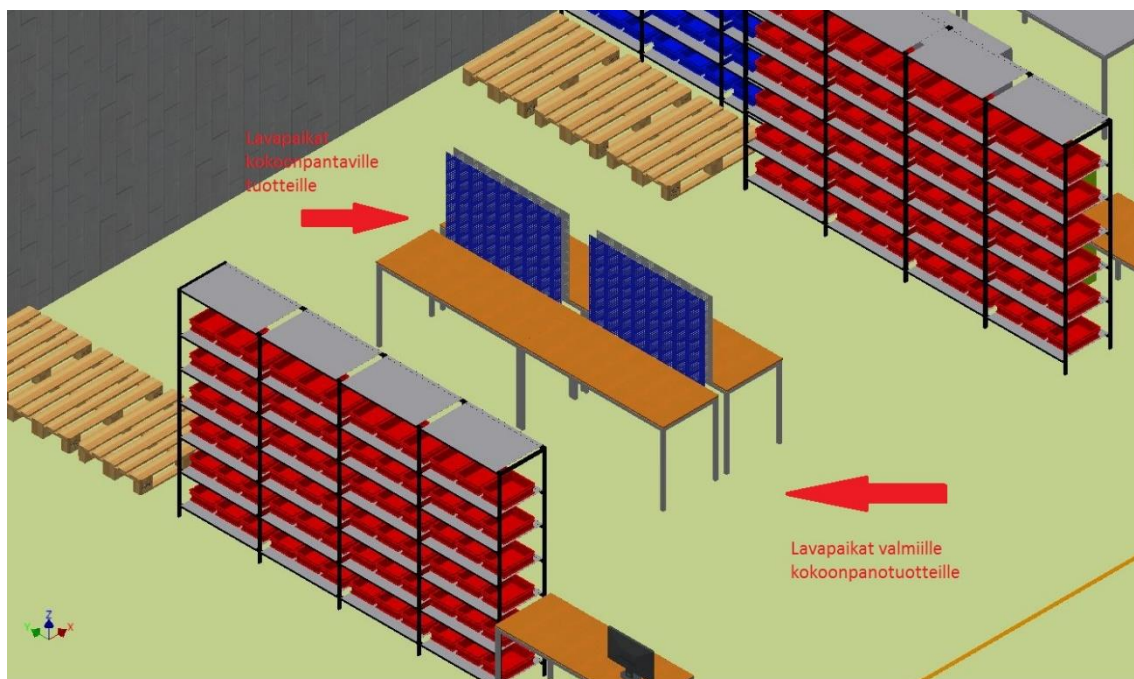
*KUVA 10. Asiakas A:n kokoonpanosolun 3D-malli*

Kalustehankinnat sisälsivät uudet pientarvikehyllyt sekä yhden kaksipuolisen reikälevyseinän. Muut kalusteet kuten pöydät ja ruuvihyllyt saatiin hyödynnettyä vanhoista olemassa olevista kalusteista.

### 3.5.3 Asiakas B

Asiakas B:n solu on myös suunniteltu U:n muotoiseksi. Perälle jätettiin lattiatilaa suurelle lavatavaramäärälle, koska tuotteet ovat kokonsa puolesta isoja ja niitä valmistetaan suuria eriä kerralla. Pöytälinjaston päähän solun perälle merkitään paikat kahdelle trukkilavalle, joihin sijoitetaan kokoonpanoon tulevat osat. Kulkuväylän puoleiseen päähän linjastoa merkitään lavapaikat tyhjille lavoille, joihin kerätään kokoonpanosta valmistuneet tuotteet. Kokoonpanon valmistuttua täydet tuotelavalliset kuljetetaan lähettämöön odottamaan lähetystä. Samalla linjaston alussa olevat lavat ovat tyhjentyneet, joten ne voidaan siirtää linjaston loppupäähän odottamaan seuraavaa kokoonpanoerää.

Varastohyllytila kaksinkertaistetaan vanhasta kokoonpanosta uusien kokoonpanotuotteiden takia. Hyllylaatikoiden väriksi valittiin punainen väri, jolloin osa laatikoista pystytään ottamaan lääketieteen välineiden ja Asiakas A:n soluista jääneistä ylimääräisistä laatikoista. Loput laatikot voidaan tilata layoutin toteutuksen jälkeen. Reikälevyseiiniin kootaan kokoonpanossa tarvittavat työkalut ja tarvikkeet. Työkaluseiniin kiinnitetään erilliset ledivalonauhat, jotta saadaan työpisteitä valoisammaksi. Kuvassa 11 on näkyvillä 3D-malli uudesta kokoonpanosolusta.

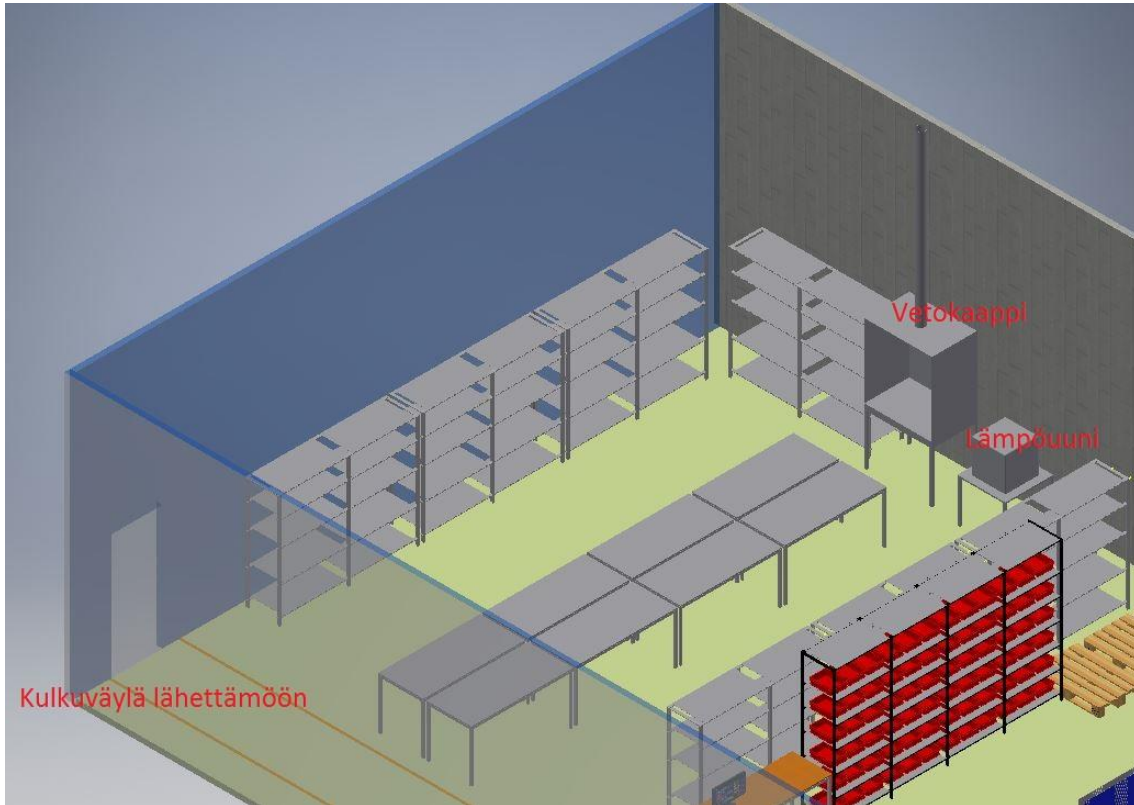


KUVA 11. Asiakas B:n kokoonpanosolun 3D-malli

Solun kalustehankinnat koostuivat neljästä uudesta työpöydästä ja niiden väliin tulevista reikälevyseinistä. Lisäksi kokoonpanoon hankittiin uusi nelijaksoinen pientavarahylly.

### 3.5.4 Muut asiakkaat

Muut asiakkaat -solussa on yhdistetty kaikki loput pienemmän tuotevolyymien asiakkaat yhdeksi kokonaisuudeksi. Tätä osiota ei keretty opinnäytetyön puitteissa toteuttaa, mutta toteutus jatkuu projektin jälkeen. Suunnitelma saatiin valmiiksi ja toteutusosio toteutetaan viimeisenä, kun kaikki muut solut saadaan valmiiksi. Kuvassa 12 on näkyvillä 3D-malli uudesta kokoonpanosolusta.



*KUVA 12. Muiden asiakkaiden kokoonpanosolun 3D-malli*

Jokaiselle asiakkaalle on suunniteltu omat varastohyllynsä, jotka on jaettu tilatarpeen mukaan. Työpisteet ovat aseteltu linjamuotoon, mutta itsessään linjatuotantoa ei toteuta, koska volyymillisesti näiden asiakkaiden tuotteita valmistetaan niin vähän. Ideana on keräillä osat hyllystä ja toteuttaa kokoonpano yhdessä pisteessä. Toisin kuin muissa asiakaskohtaisissa kokoonpanosoluissa, työpisteitä voidaan myös käyttää hyödyksi yksittäisissä asiakastilauksissa.

Solussa toteutuu neljän eri asiakkaan kokoonpanot, joista yhden asiakkaan kokoonpanoissa käytettävät lämpöuuni ja vetokaappi sijoitetaan myös samaan soluun. Soluun jätetään myös lääketieteen protovälineiden kokoonpanopöytä ja tarvikkeet. Protokokoonpano kuuluu yrityksen tuotekehitysinsinööreille, joten se pidetään erillään muista lääketieteen välineiden kokoonpanoista.

Soluun ei erikseen valita hyllylaatikoita värikoodauksin, koska solussa on yhdistetty useaa eri asiakasta. Kalusteina käytetään kokonaan olemassa olevia kalusteita, joita jää uudistetuista kokoonpanoista. Solussa olevaa vetokaappia joudutaan siirtämään olemassa olevasta paikasta, joten ilmastointiputki joudutaan haaroittamaan uuteen poistoputkeen hallitilan kattoon. Lisäksi lääketieteen välineiden solusta lähtenyt kaapelikouru jatketaan aina tähän soluun asti ja siirretään tarpeen mukaan paineilmapiisteitä sopiviin kohtiin.

## 4 POHDINTA

Työn tavoitteena oli tehdä yritykseen koko tuotannosta materiaali- ja informaatiovirtauksen prosessikaaviot sekä nykytilan arvovirtakuvaukset kahdesta eri koneistettavasta tuotteesta ja yhdestä kokoonpanosta. Kaavioiden ja kuvausten tekeminen auttoi samalla opinnäytetyöntekijää perehtymään yrityksen tuotantoon ja prosesseihin. Näin saatiin hyvät pohjatiedot layoutin suunnittelua varten. Pää-tavoitteena oli kokoonpanoalueen uuden layoutin suunnittelu ja toteutuksen valvonta. Layoutin tavoitteena oli tuoda esiin selvästi kokoonpanon työjonot ja kuorimitukset.

Materiaali- ja informaatiovirtauksen prosessikaaviot tehtiin hyväksytysti. Hyväksyjänä olivat kohdeyrityksen tuotantopäällikkö ja laatupäällikkö. Materiaalivirtaus jakaantuu kolmeen väylään, jotka näkyvät valmiissa kuvauksessa. Informaatiovirtauksessa seurattiin työkortin kulkua tuotannossa ja sen tuomaa informaatiota työntekijöille. Tuotannonohjausjärjestelmään kirjattavat prosessivaiheet ovat kaaviossa sijoitettuna harmaalle pohjalle.

Prosessikaavioista huomataan materiaali- ja informaatiovirtauksen haasteet, kun on kyse alihankintakonepajasta. Tuotteita on satoja, ellei tuhansia. Prosessivaiheet vaihtelevat huomattavasti eri tuotteiden mukaan. Prosessivaiheiden sijoittelua voitaisiin kehittää sujuvammaksi, jotta työntekijöiden ja tuotteiden edestakaisin kulkeminen saataisiin minimoitua. Tuotantotiloja ei ole alun perin suunniteltu kohdeyrityksen toimintaan, joten ne eivät täysin tue yrityksen toimintamallia ja prosesseja tällä hetkellä. Pesuhuoneen sijainnin muutoksella on saatu materiaalivirtausta järkevämmäksi, mutta esimerkiksi mittahuoneen sijainti ei ole järkevää tuotteiden lopputarkastuksen kannalta. Mittahuoneessa tehdään myös koneistuksenaikaista mittausta, joten sen kannalta sijainti on kunnossa. Tulevaisuudessa yhtenä vaihtoehtona olisi jakaa lopputarkastus ja prosessinaikainen mitaus erilleen, mikä vaatisi uuden mittakoneen hankintaa toiseen prosessiin.

Nykytilan arvovirtakuvauksissa pyrittiin valitsemaan kolme toisistaan eroavaa tuotetta, jotta saataisiin tuotua esiin valmistusprosessien ja aikataulujen erilaisuudet. Tuotteista tuote 1 oli tyypillinen yksittäissarja, jota ei ollut ennen tehty, ja sen takia odotusarvona luultiin, että tuotteen läpimenoaika suhteutettuna arvoa tuotetaan prosessiaikaan olisi suuri. Kuvauksen valmistuttua huomattiin kuitenkin, ettei näin ollut. Syy oli tuotteen kiireellisyydessä, minkä takia tuotetta oli puskettu eteenpäin tuotantoprosesseissa. Siksi tuotteen seisokkiajat prosessien välillä olivat pienemmät kuin normaalisti yksittäistuotteilla ja sarjoilla on.

Tuote 2:n kuvauksessa oli kyse tyypillisestä suuresta sarjakoosta, jota valmistetaan jatkuvasti. Nykytilankuvauksesta suurimpana huomiona nousi esiin alihankintana tehtävän anodisointiprosessin pitkät toimitusajat. Anodisointiprosessi vei käytännössä puolet tuotteen läpimenoajasta, joten läpimenoajan supistamisen kannalta kriittisin piste tuotannossa on anodisoinnin tehostaminen. Alihankkijana toimivan anodisointiyrityksen kanssa olisi hyvä määrittää vakioeräkoot, joilla tuotteita toimitettaisiin anodisointiin. Vakioiduilla erämäärillä pystyttäisiin ohjaamaan tuotantoa paremmin, kun nykytilanteessa anodisointiin lähetetään satunnainen määrä tuotteita, mutta anodisoinnista ei välttämättä saavu samaa määrää kerralla takaisin.

Tuote 3:n kokoonpanon nykytilankuvauksesta huomattiin, että kokoonpanotahti kyseisellä tuotteella on noin yksi päivässä. Tämä tieto auttaa yritystä ja tuotannon suunnittelijaa kokoonpanon ja toimitusten aikatauluttamisessa. Nykytilankuvauksessa oleva yli 10 päivän läpimenoaika ei suoraan kuvaa kokoonpanoajan normaalia tilannetta. Sillä kyseisessä kokoonpanossa sattui poikkeuksellisesti tilanne, missä tuotteen suojakuoret pääsivät loppumaan varastosta. Normaalitilanteessa suojakuoren aihio olisi valmiina varastohyllyssä kokoonpanoa varten.

Tutustuminen ja perehdytys yrityksen prosesseihin tuli prosessikaavioiden ja nykytilankuvausten avulla. Työntekijöiden haastatteluilla ja kokoonpanovaiheiden seurannalla vahvistettiin käsitystä eri tuotantovariaatioista. Tuotanto toimii pää-

asiassa koneistuksen ja kokoonpanon ympärillä, jolloin väliprosessit kuten tuotteiden pesu ja suihkupuhallukset jäävät heikolle valvonnalle. Siksi tuotteiden jatkuva virtaus keskeytyy useasti edellä mainittujen sivuprosessien välivarastoihin.

Suunnitellulla pesuhuoneen työjonon rullaratamallin ratkaisulla pystyttäisiin parantamaan tuotteiden virtausta, kun tuotteet olisivat aina valmistusjärjestyksessä linjastolla. Työjonon purkua olisi myös helpompi johtaa, kun nähtäisiin selvästi, paljonko jonoa on. Rullaradan täyttyminen huomattaisiin nopeammin kuin normaalissa tasohyllyratkaisussa, kun radalle ei mahtuisi kuin tietty määrä tuotteita.

Uudessa solumallin layoutissa solut on jaettu asiakasryhmittäin ja volyyymillisesti suurimmille asiakkaille. Solut sijoitettiin kokoonpanoalueelle toimintojen ja prosessien mukaiseen järjestykseen.

Lääketieteen välineiden solu sijoitettiin lähimmäksi lasermerkkaushuonetta, koska kyseisten asiakkaiden tuotteet tarvitsevat lasermerkkausta päivittäin. Asiakas A:n solu sijoitettiin lääketieteen välineiden jälkeen, jotta asiakas B:n solu saatiin sijoitettua uuden pesutilaan menevän kulkuaukon viereen. Asiakas B:n tuotteita valmistetaan suuria määriä kerralla ja niitä käsitellään siksi trukkilavoilla. Kaikkia trukkilavoja ei voida tilanpuutteen vuoksi sijoittaa kokoonpanopisteeseen, joten tuotteiden täydennysvarastona käytetään pesutilaan johtavan kulkuaukon läheisyydessä olevaa materiaalivarastoa.

Viimeinen muiden asiakkaiden yhteinen kokoonpanosolu sijoitettiin alueen perälle, koska näille asiakkaille valmistettavien tuotteiden määrät ovat satunnaisia ja pieniä. Tämän takia on järkevää sijoittaa muut asiakkaat ja tuotteet kauimmaiseksi muista sivuprosesseista kuten lasermerkkauksesta, mittahuoneesta ja pesutilasta.

Layoutin suunnitteluvaiheeseen olisi ollut järkevää ottaa mukaan LVI- ja sähköammattilaiset, jotta toteutusvaiheen sähkö- ja putkistotyöt olisivat valmistuneet sujuvammin. Tosin suunnitteluvaihe ei ollut vielä valmis ennen kuin ensimmäistä solua alettiin toteuttaa, joten sähkö- ja putkistosuunnittelu olisi ollut haastavaa,



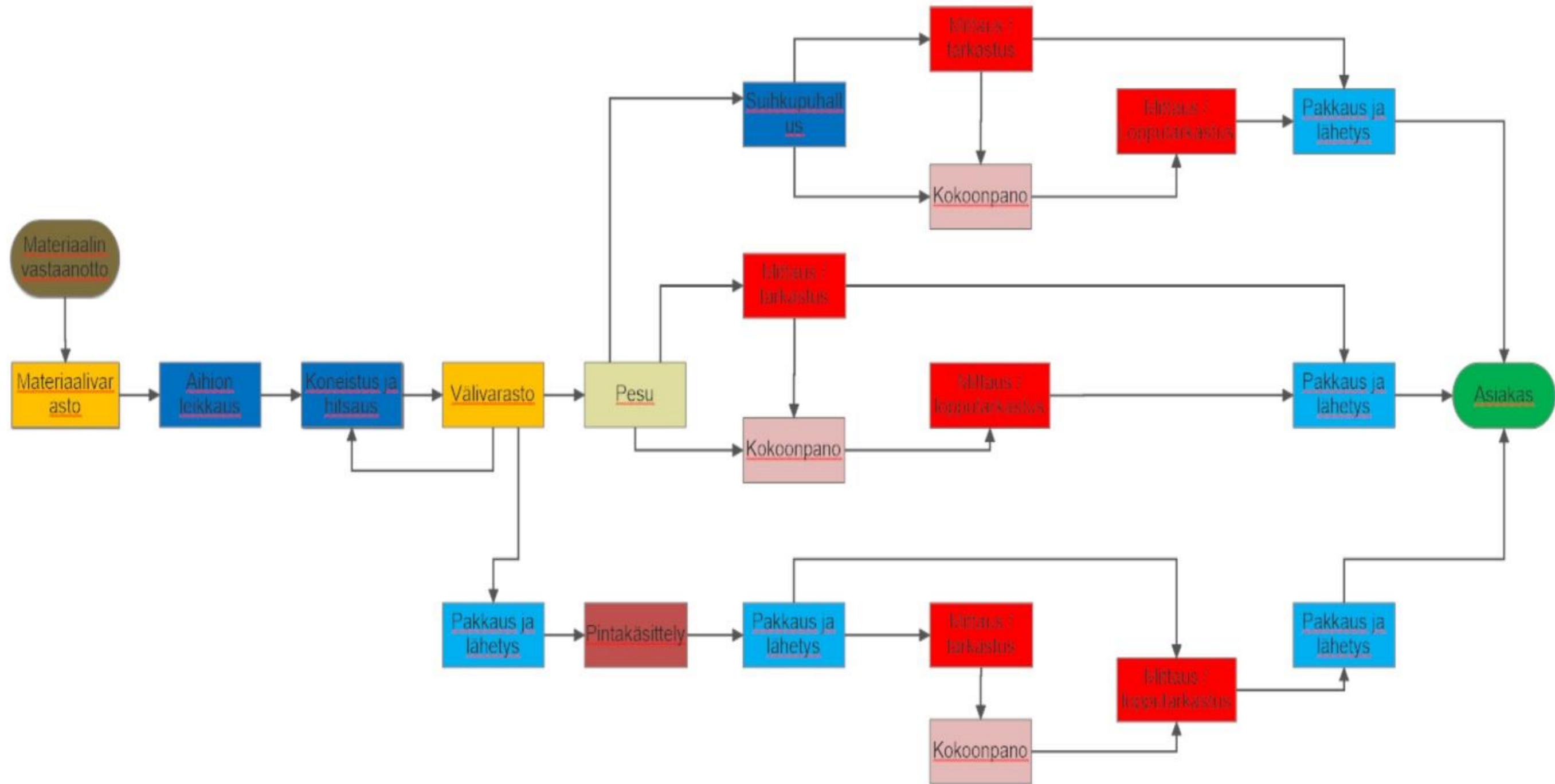
koska ei olisi tiedetty, millaiseksi layout muodostuu. Toteutusosio olisi helpottunut, jos olisi suunniteltu layout kokonaan valmiiksi ennen sähkö- ja putkistosuunnitelmia. Tämä ei kuitenkaan ollut aikataulullisesti mahdollista, joten sähkö- ja putkistotyöt suunniteltiin muutostyön ohessa.

Työn tavoitteita ei täysin saavutettu, sillä työjonon seuraaminen on edelleen haastavaa tuotteiden valtavien vaihteluiden ja määrien vuoksi. Uusi layoutpohja kuitenkin mahdollistaa jatkokehitykset paremmin kuin vanha malli. Tuotantopäällikön esittämä idea päivittäisjohtamistaulusta olisi hyvä toteuttaa tulevaisuudessa. Päivittäisjohtamistaululle lajiteltaisiin esimerkiksi työkortit solukohtaisiin sarakkeisiin päivä- tai viikkokohtaisesti. Taululta työntekijät näkisivät selvästi, mitä töitä päivän aikana tulisi tehdä ja mikä on kiireellisyysjärjestys. Nykytilanteessa osien varastointi on asiakaskohtaista, mutta varastointia pystytään kehittämään layoutmuutoksen myötä esimerkiksi määrittämällä jokaiselle tuotteelle ja osalle omat hyllypaikat.

Kokoonpanosoluja voidaan tulevaisuudessa myös kehittää Leanin 5S-työkalun avulla, jolla pyritään poistamaan työpisteiltä kaikki turhat työkalut ja materiaalit, joita ei kyseisissä kokoonpanoissa tarvita.

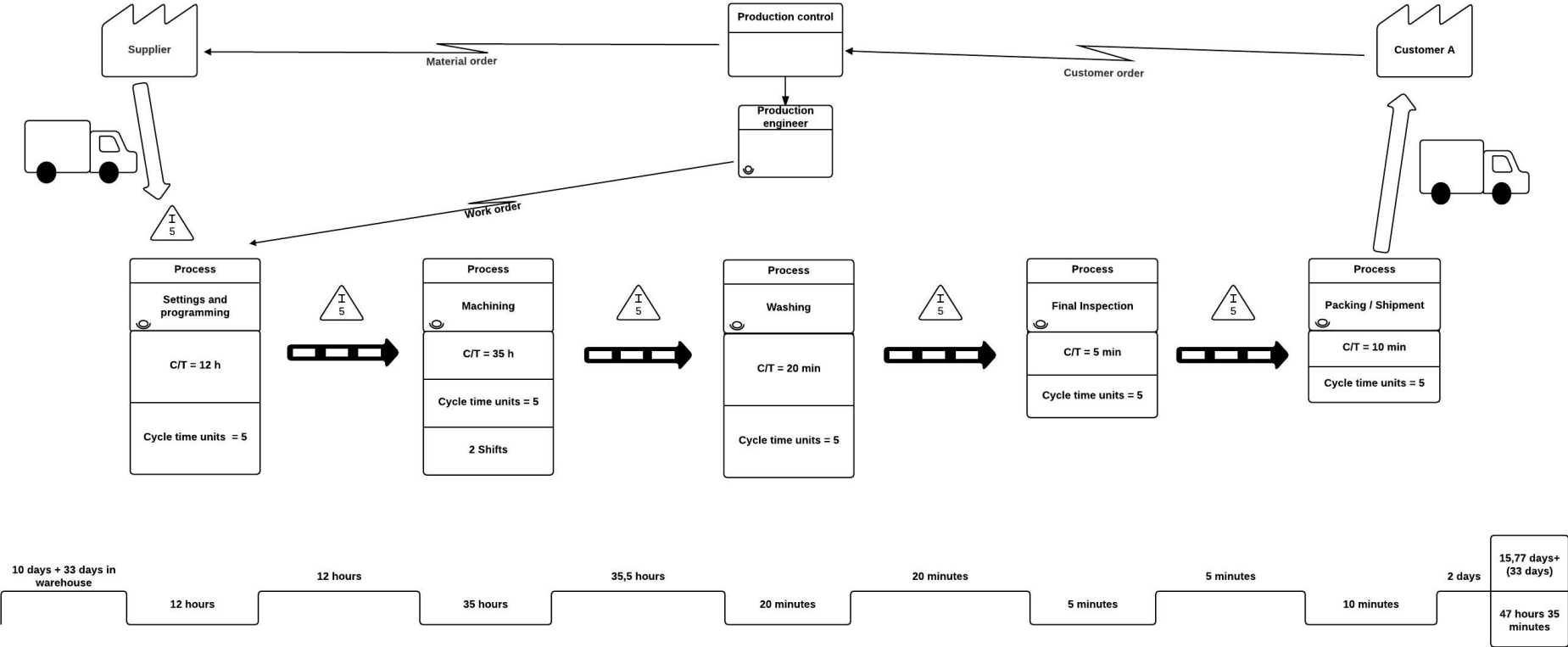
## LÄHTEET

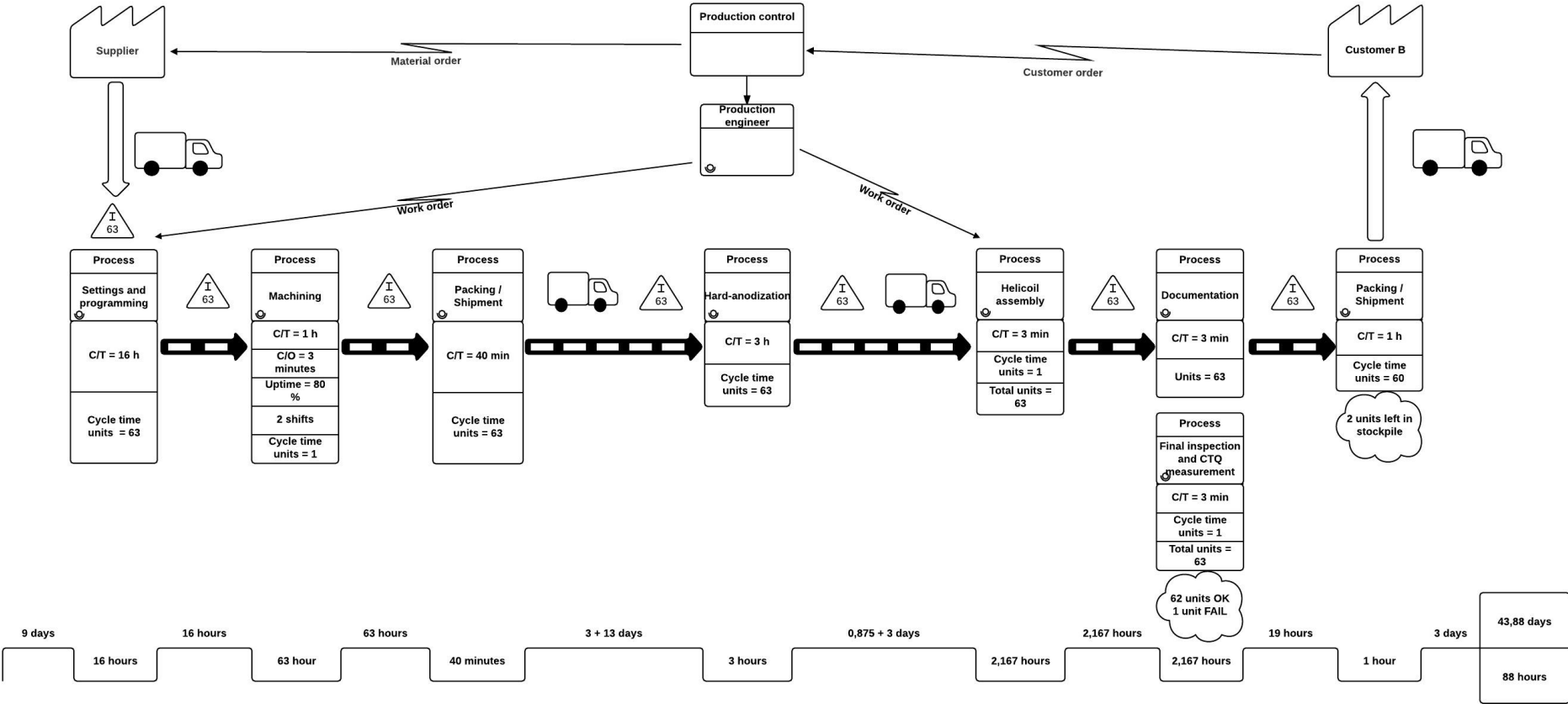
1. Yleistä Leanista. Six Sigma. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/yleinen/> Hakupäivä 27.1.2017.
2. Lean-työkalut. Six Sigma. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/yleinen/lean-tyoekalut/> Hakupäivä 27.1.2017.
3. Väisänen, Jouni 2013. VSM (Value Stream Mapping) - Arvovirtakuvaus. Quality Knowhow Karjalainen Oy Saatavissa: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/> Hakupäivä 27.1.2017.
4. Rother, Mike – Shook, John 2009. Learning to see. Cambridge: Lean Enterprise Institute.
5. Flow Charts. Ecma-International. European Computer Manufacturers Association. Saatavissa: <http://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST-WITHDRAWN/ECMA-4,%202nd%20Edition,%20September%201966.pdf> Hakupäivä 6.4.2017.
6. Russel, Roberta – Taylor, Bernard 2011. Operations management. Asia: John Wiley & Sons Pte Ltd.
7. Haverila, Matti – Uusi-Rauva, Erkki – Kouri, Ilkka – Miettinen, Asko 2009. Teollisuustalous. Tampere: Hämeen Kirjapaino Oy.
8. Rullakuljetin Kevyt. Etra Oy. Saatavissa: <http://tuotteet.etra.fi/fi/q23814506/rullakuljetin-kevyt> Hakupäivä 27.4.2017.



TUOTE 1

Taneli Manninen | April 27, 2017





TUOTE 3

Taneli Manninen | April 27, 2017

