

Sauli Harju

## **KOKOONPANOILAN SISÄLOGISTIIKAN KEHITTÄMINEN**

# KOKOONPANOILAN SISÄLOGISTIIKAN KEHITTÄMINEN

Sauli Harju  
Opinnäytetyö  
Kevät 2021  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka, tuotantotekniikka

---

Tekijä: Sauli Harju

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Kokoonpanotilan sisälogistiikan kehittäminen

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Development of Inner Logistics of Assembly Room

Työn ohjaaja: Esa Törmälä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2021

Sivumäärä: 42 + 0 liitettä

---

Tämän opinnäytetyön aiheena on kokoonpanotilan sisälogistiikan kehittäminen. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ratkaisu, miten kehitetään kokoonpanotilan materiaalivirtaa ja sisälogistiikkaa siten, että tuotannon tehokkuutta ja puhtausluokitusta voidaan parantaa. Kehitettävän ratkaisun olisi mahdollisesti oltava monistettavissa myös yrityksen muun sisälogistiikan käyttöön. Yrityksen partikkelikontrolloidun kokoonpanotilan pinta-ala kaksinkertaistuu kevään 2021 aikana ja tuotannon volyyymi on nousujohteinen. Tästä aiheutuu haasteita sisälogistiikalle ja materiaalivirralle.

Taustatiedot suunnitteluun kerättiin kuukauden mittaisella perehtymisellä partikkelikontrolloituun kokoonpanotilaan. Perehtymisen aikana löydettiin kuusi kehityskohdetta, jotka olivat projektikohtaisen materiaalivirran hallinta, drop-pöydän toiminnan kehittäminen, partikkelikontrolloidun kokoonpanotilan hyllyt, materiaalin keräily, materiaalin virheelliset sijaintitiedot ja kokoonpanijan työtehtävät. Kaikki kehityskohteet liittyivät tavalla tai toisella materiaalivirtaan ja sisälogistiikkaan. Tämä työ rajattiin projektikohtaisen materiaalivirran ja drop-pöydän toiminnan kehittämiseen, jotta työ säilyi sopivan laajuisena. Kokoonpanotilan henkilöstölle pidettiin kysely, jonka tulokset tukivat perehtymisen aikana paikannettuja kehityskohteita.

Kehityskohteiden paikantamisen ja opinnäytetyön rajauksen jälkeen tehtiin suunnitelma kehitysehdotuksista. Suunnittelu tapahtui pääosin etänä, ja suunnittelussa apuna käytettiin AutoCad-ohjelmistoa. Suunnitelmaa havainnollistettiin prosessikaavioilla, joilla kuvattiin materiaalin kulkua vastaanotosta partikkelikontrolloituun kokoonpanotilaan.

Työn tuloksena saatiin toteutuskelpoinen ja monistettava suunnitelma projektikohtaisen materiaalivirran ja drop-pisteen toiminnan kehittämiseksi. Suunnitelmassa ehdotetaan toimintatapaa projektikohtaisen materiaalivirran hallinnan helpottamiseksi ja drop-pöydän korvaamista drop-alueella. Lisäksi tehtiin karkeaa layout-suunnittelua kokoonpanotilaan.

Työssä luodun suunnitelman avulla yrityksellä on mahdollisuus parantaa kokoonpanotilan tehokkuutta huomattavasti, koska suunnitelmissa on luotu materiaalille selkeä reitti partikkelikontrolloidun kokoonpanotilan hyllyille asti. Suunnitelman avulla voidaan tasapainottaa työtehtäviä ja saada reaaliaikaista sijaintitietoa materiaaleista.

---

Asiasanat: puhdastilatekniikka, logistiikka, kehittäminen, kokoonpano

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Mechanical engineering, Production engineering

---

Author: Sauli Harju

Title of thesis: Development of Inner Logistics of Assembly Room

Supervisor: Esa Törmälä

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021

Pages: 42 + 0 attachment

---

The topic of this thesis is the development of the internal logistics of the assembly room. The main goal of the work is to design a solution for how to develop the material flow and internal logistics of the assembly room so that the purity classification can be improved, and the method could possibly be replicated for the company's other internal logistics. The area of the company's assembly room will double during the spring of 2021, and the production volume shows an upward trend. This poses challenges for internal logistics and material flow.

Background information on the design was collected through a month-long familiarization with the assembly room. During the familiarization, six development sites were located. This work was defined to two development areas. An inquiry was conducted for the staff of the assembly room, and the results of the inquiry supported the development sites identified during the familiarization.

After the analysis of development sites and the delineation of the project, plans were made for development proposals. The plans were illustrated with various process diagrams aimed at opening the processes that affect the material flow.

As a result of the thesis, feasible and replicable plans were obtained from development proposals for the development of the internal logistics and material flow of the assembly room. With the help of the plans created in the thesis, the company could significantly improve the efficiency of the assembly room, balance work tasks and obtain more accurate location information about the materials.

---

Keywords: Cleanroom technology, Developing, Material flow

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 TEHDAS JA TARVITTAVAT TOIMINNOT	8
2.1 Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus	8
2.2 Toiminnanohjausjärjestelmä	9
3 PUHDASTILA	11
3.1 Puhdastilatyypit	11
3.1.1 Yhdensuuntainen ilmavirta	11
3.1.2 Ei-yhdensuuntainen ilmavirta	12
3.2 Puhdastilastandardi ISO 14644-1:2015	13
4 SISÄLOGISTIIKKA YLEISESTI	15
5 LEAN, HUKKA-MUDA	16
6 TUOTANNON LAYOUTSUUNNITTELU YLEISESTI	17
6.1 Layoutsuunnittelun periaatteet	17
6.2 Prosessilähtöinen layout	17
6.3 Tuotelähtöinen layout	18
7 PROJEKTIN ALKUTILANNE	19
7.1 Yrityksen kokoonpanotila	19
7.2 Materiaalivirtaus yrityksen kokoonpanotilassa	19
7.3 Kokoonpanijan työtehtävät	20
8 KEHITYSKOHTAIDEN KARTOITUKSEN TULOKSET	21
8.1 Projektikohtaisen materiaalivirran hallinta	22
8.2 Drop-pöydän toiminta	23
8.3 Partikkelikontrolloidun kokoonpanotilan hyllyt	23
8.4 Materiaalin keräily	24
8.5 Materiaalin virheelliset sijaintitiedot	25
8.6 Kokoonpanijan työtehtävät	26
9 KYSELY KOKOONPANOILAN TYÖNTEKIJÖILLE	27
9.1 Kysymykset	27

9.2 Vastaukset	27
10 KEHITYSKOHTEIDEN RAJAUS JA SUUNNITTELU	30
10.1 Projektin rajaus	30
10.2 Kehitysideoiden suunnittelu	30
10.2.1 Drop-pisteen toiminnan kehittäminen	31
10.2.2 Projektikohtainen materiaalivirta	34
11 YHTEENVETO	39
LÄHTEET	41

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja on suunnitteluun, laitevalmistukseen ja tarkkuusmekaniikkaan erikoistunut yritys. Yrityksen painopiste on uusien teknologioiden, lääketieteen ja turvallisuusmekaniikan aloilla. Palveluita näillä aloilla ovat muun muassa suunnittelu, menetelmäkehitys, laitevalmistus ja tarkkuusmekaniikka. Yritys työllistää noin 80 henkilöä. Yrityksen laitekoonpanotilan pinta-ala on kaksinkertaistumassa laajennuksen myötä kevään 2021 aikana. Myös tilan layout tulee muuttumaan ja kokoonpantavien tuotteiden volyymi on nousujohteinen. Tästä aiheutuu haasteita sisäiselle logistiikalle kokoonpanotilassa. Kokoonpanotila on partikkelikontrolloitu tila, ja puhtausluokitusta täytyy parantaa tulevaisuudessa.

Tässä opinnäytetyössä kehitetään ratkaisua kokoonpanotilassa tarvittavien materiaalien varastointiin ja materiaalivirtoihin. Selvitettäviä asioita ovat materiaalin saapuminen kokoonpanotilaan, materiaalin keräilyn toteutustapa ja materiaalivirta itse kokoonpanotilassa. Tavoitteena on suunnitella ratkaisu, miten kehitetään kokoonpanotilan materiaalivirtaa ja sisälogistiikkaa siten, että puhtausluokitusta voidaan parantaa ja toimintatapa olisi mahdollisesti monistettavissa myös yrityksen muun sisälogistiikan käyttöön. Työn kokonaisuus on todella laaja, ja tästä syystä aihe rajattiin projektikohtaisen materiaalivirran hallintaan sekä drop-pöydän toiminnan kehittämiseen.

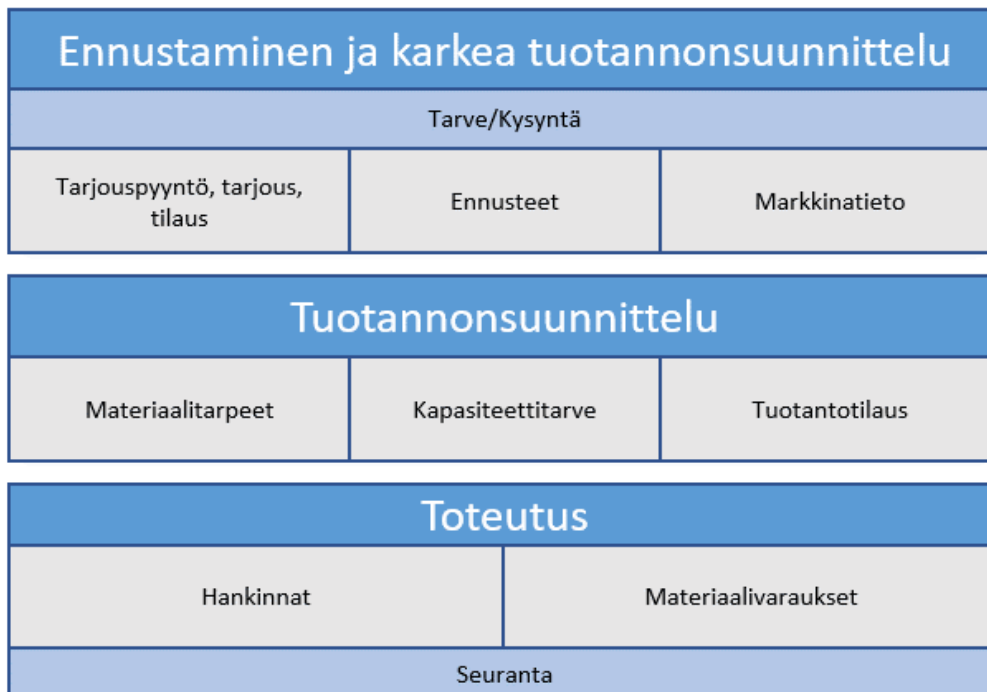
## 2 TEHDAS JA TARVITTAVAT TOIMINNOT

Tehtaan tehokas toiminta koostuu monesta erilaisesta toiminnosta. Seuraavaksi esitellään tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus, toimintajärjestelmät ja alihankinta. Näiden toimintojen tarkoituksena on mahdollistaa tehtaan tehokas toiminta ja parantaa kustannustehokkuutta. (1.)

### 2.1 Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus

Tuotannonsuunnittelun tavoite on mahdollistaa tuotannon tehokas ja laadukas toiminta. Suunnittelemalla ja ohjaamalla asiakastarpeeseen pohjautuvia materiaali- ja kapasiteettitarpeita pystytään saavuttamaan tuotannon tavoitteet ja täyttämään asiakkaan tarpeet. (1.)

Tuotannonsuunnittelun prosessit voidaan karkeasti jakaa kolmeen pääelementtiin (kuva 1). Prosessien vaiheiden järjestys ja painotus voivat vaihdella toimialan mukaan. (1.)



KUVA 1. Tuotannonsuunnittelun prosessit ja vaiheet (1)



Kysyntää käytetään tuotannosuunnittelussa perustana. Nykyaikaisessa toiminnassa yhdistellään ennusteisiin erilaista tietoa tulevaisuuden oletetusta kysynnästä ja tehdään siihen pohjautuvia päätöksiä. Tällä aktiivisella suunnittelulla saadaan tuleva toiminta perustamaan yhtenäiseen tietoon. (1.)

Tärkeimmät vaiheet tuotannosuunnittelussa ovat materiaali- ja kapasiteettitarpeiden suunnittelu. Kysyntäsuunnitelman perusteella voidaan tehdä karkea tuotantosuunnitelma, jonka avulla lasketaan materiaalitytarpeet. Materiaalitytarpeiden laskennassa huomioidaan varastossa ja toimituksessa olevat materiaalit. Tuotannon kapasiteettitarpeet määrittämällä pystytään välttämään mahdolliset pullonkaulat. Tarvittaessa kapasiteettia voidaan kasvattaa alihankinnalla tai lisäämällä henkilöstöä ja koneita. (1.)

Tuotantoa ohjataan yleensä tietojärjestelmän kautta. Tietojärjestelmien tukena voidaan käyttää lattiatasolla toimivia yksinkertaisia apukeinoja kuten visuaalista ohjausta. (1). Visuaalinen ohjaus voidaan toteuttaa yksinkertaisesti myös digitaalisia ratkaisuja hyödyntäen. Yleisimpiä visuaalisen ohjauksen toteutuksia ovat kanban-kortit, 2-laatikkomenetelmä ja supermarketit. (2.)

Suurin haaste visuaalisen ohjauksen toteuttamisessa on, että se täydentää varastoa menneen kysynnän perusteella. Voimakas tarpeen vaihtelu voi aiheuttaa haasteita visuaalisen ohjauksen toteuttamiselle. Vaikeita nimikkeitä visuaaliselle ohjaukselle ovat erityisesti sellaiset, joilla on pitkä täydennysaika. Toisaalta visuaalinen ohjaus on erinomainen tapa materiaaleille, joista ei pidetä tarkkaa saldoa kuten mutterit ja pultit. (2.)

## **2.2 Toiminnanohjausjärjestelmä**

Kokonaisvaltaisia yrityksen ohjaamiseen tarkoitettuja tietojärjestelmiä kutsutaan toiminnanohjausjärjestelmiksi. Toiminnanohjausjärjestelmät tunnetaan myös ERP-järjestelminä (*Enterprise Resource Planning*). Järjestelmän tarkoitus on olla yksi integroitu suuri tietokanta, jota kaikki tehtaan eri toiminnot voivat käyttää. Näin mahdollistetaan ajantasaisen tiedon hyödyntäminen koko organisaation osalta. Tällöin on kuitenkin tärkeää, että kaikki perustiedot kuten materiaalitytiedot ovat paikkansa pitäviä. (3.)

Toiminnanohjausjärjestelmillä pystytään parantamaan toiminnan tehokkuutta

- parantamalla kapasiteetin käyttöastetta
- karsimalla päällekkäistä työtä

- pienentämällä turhia varastoja
- parantamalla toimitusvarmuutta
- käyttämällä resursseja tehokkaammin. (3.)

Nykyään on tarjolla erittäin paljon eri ERP-järjestelmiä. Järjestelmä kannattaa valita organisaation tarpeiden perusteella ja määrittää järjestelmälle kriittiset piirteet, omaan toimintaan pohjautuen. (3.)

## **3 PUHDASTILA**

Puhdastila on tila, jonka ilman partikkelitasoja mitataan, seurataan ja hallitaan. Tila on suunniteltu ja rakennettu siten, että hiukkasten muodostumisen ja säilymisen mahdollisuus tilassa on minimaalinen. Tarpeen mukaan kontrolloidaan myös tilan lämpötilaa, kosteutta ja painetta. Tilan rakentamisessa käytetään materiaaleja, jotka eivät synnyttä partikkeleita. Työntekijät käyttävät suojarusteita, joiden avulla minimoidaan partikkeleiden ja mikro-organismien kulkeutuminen tilaan työntekijöiden kautta. Tilaan syötetään tarkasti suodatettua puhdasilmaa, jonka avulla saadaan luotua paine-ero ja ilmasta saadaan suodatettua epäpuhtaudet pois. (4, s. 1.)

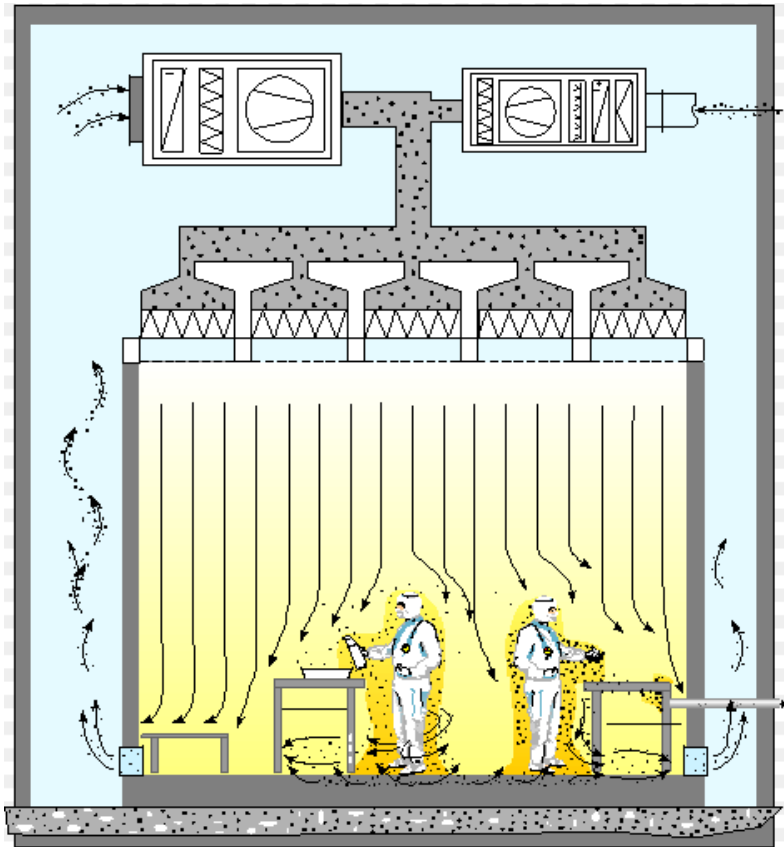
### **3.1 Puhdastilatyypit**

Puhdastiloja on kahta erilaista päätyyppiä: yhdensuuntainen ilmavirtatila ja ei-yhdensuuntainen ilmavirtatila. Tilat eroavat toisistaan niiden käyttämän puhtasilman määrän ja ilmastoinnin toiminnan perusteella. (4, s. 6.)

Yhdensuuntaista ilmavirtaustilaa kutsuttiin aikaisemmin laminaarivirtaus-tilaksi. Nimitystä jouduttiin muuttamaan, koska laminaarivirtaus on käsite, jota käytetään tekniikan ja fyysikan aloilla. Laminaarivirtaus ei kuvaa oikealla tavalla yhdensuuntaisesti virtaavaa tilaa, joten asia korjattiin. Myös turbulenttisen tilan nimitys muutettiin, ei-yhdensuuntaisesti virtaavaksi tilaksi. (4, s. 6.)

#### **3.1.1 Yhdensuuntainen ilmavirta**

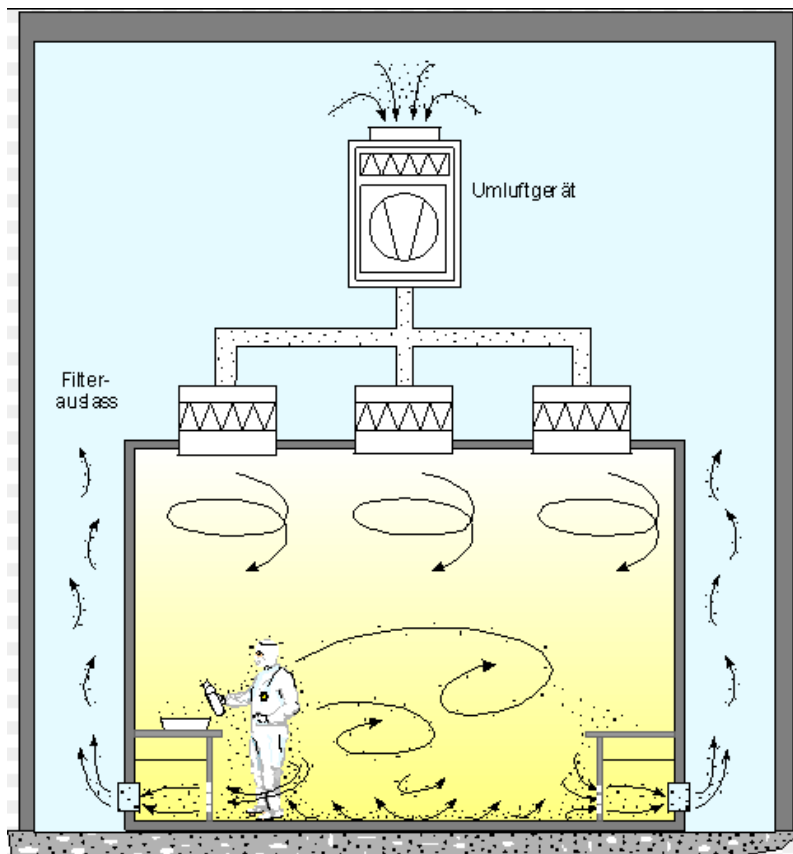
Yhdensuuntaisesti virtaavassa tilassa ilma puhalletaan tilaan katossa olevista suodattimista, joista se painuu suoraan alas ja poistuu tilasta lattiassa olevien poistoaukkojen kautta. Yhdensuuntaisesti virtaavan tilan lattia voi olla esimerkiksi ritilä, josta ilma virtaa lävitse ja sitä kautta ulos tilasta. Yhdensuuntaisesti virtaava tila voidaan toteuttaa myös horisontaalisesti eli suodatettu ilma puhalletaan tilaan seinästä ja ilma poistuu tilasta vastakkaisesta seinästä. Yhdensuuntaisen ilmavirtaustilan toimintaa havainnollistetaan kuvassa 2. (4, s. 7–8.)



KUVA 2. Rudolf Simonin tulkinta yhdensuuntaisesti virtaavasta tilasta vuodelta 1995 (5)

### 3.1.2 Ei-yhdensuuntainen ilmavirta

Ei-yhdensuuntaisesti virtaava tila eroaa yhdensuuntaisesti virtaavasta tilasta siten, että siellä ilmavirta ei ole suorasti virtaavaa vaan tilaan syntyy pyörteitä. Tilaan puhalletaan ilmaa suodattimen ja ilmanjakolaatan lävitse. Tilan ilmassa olevat epäpuhtaudet sekoittuvat puhdasilmaan ja poistuvat seinien alaosissa sijaitsevistä ilmanpoistokanavista (kuva 3). Ei-yhdensuuntaisesti virtaava tila käyttää huomattavasti vähemmän puhdasilmaa verrattuna yhdensuuntaisesti virtaavaan tilaan, mutta ei ole yhtä tehokas partikkelien poistamisessa. (4, s. 6.)



KUVA 3. Rudolf Simonin tulkinta ei-yhdensuuntaisesti virtaavasta tilasta vuodelta 1995 (6)

### 3.2 Puhdastilastandardi ISO 14644-1:2015

Eurooppalainen standardi SFS-EN ISO 14644-1:2015 (7) on Suomessa käytettävä kansallinen standardi. Standardista käytetään nimeä *Puhdastilat ja puhtaat alueet*.

Standardissa määritetään yhdeksän ISO-luokkaa, jotka eroavat toisistaan partikkeleiden sallitun maksimimäärän ja koon mukaan (kuva 4). Epäpuhtain luokka on ISO-9 ja puhtain luokka on ISO-1. Lisäksi standardissa määritetään testausmenettelyt sekä tulosten ja testausolosuhteiden dokumentointi. (7, s. 11.)

Class	maximum particles/m <sup>3</sup>					
	≥0.1 μm	≥0.2 μm	≥0.3 μm	≥0.5 μm	≥1 μm	≥5 μm
ISO 1	10	2				
ISO 2	100	24	10	4		
ISO 3	1,000	237	102	35	8	
ISO 4	10,000	2,370	1,020	352	83	
ISO 5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29
ISO 6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293
ISO 7				352,000	83,200	2,930
ISO 8				3,520,000	832,000	29,300
ISO 9				35,200,000	8,320,000	293,000

KUVA 4. SFS-EN ISO 14644-1 (ks. 7, s. 11)

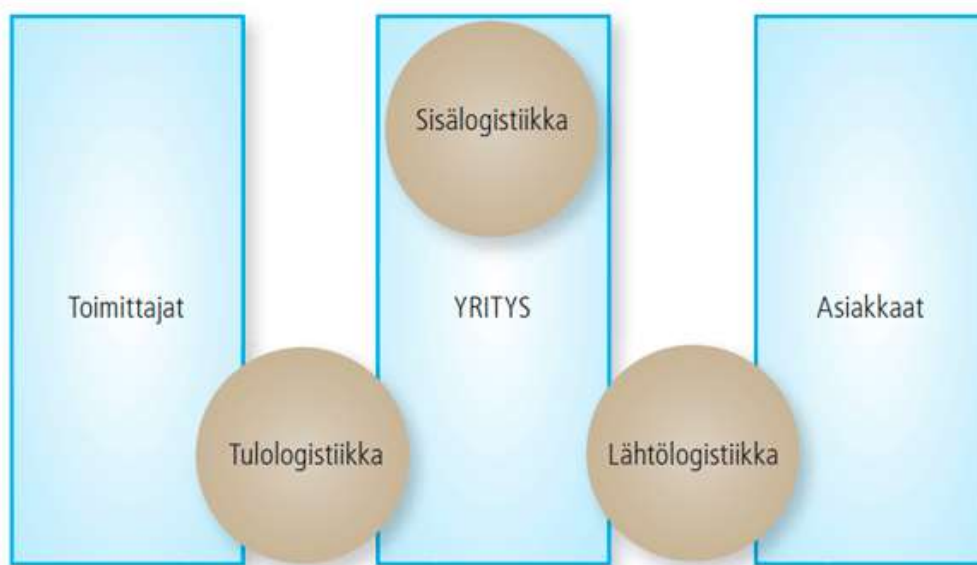
Kokonaisuutena SFS-EN ISO 14644 koostuu kymmenestä puhdastiloja käsittelevästä osasta, joita ovat (7, s. 4)

- Osa 1: Ilman puhtauden luokittelu hiukkaspitoisuuden mukaan
- Osa 2: Tarkkailu, jolla saadaan näyttöä puhtaan tilan suorituskyvystä ilman puhtauden hiukkaspitoisuuden mukaan
- Osa 3: Testimenetelmät
- Osa 4: Suunnittelu, rakentaminen ja käynnistys
- Osa 5: Käyttö
- Osa 6: Termit ja määritelmät
- Osa 7: Erottavat alueet (puhdasilmasuojat, hansikaskaapit, eristimet ja miniympäristöt)
- Osa 8: Ilman puhtauden luokittelu kemiallisen pitoisuuden mukaan
- Osa 9: Pintapuhtauden luokittelu hiukkaspitoisuuden mukaan
- Osa 10: Pinnan puhtauden luokittelu kemiallisen pitoisuuden mukaan.

Käytännössä standardi siis ohjeistaa ja antaa luokituksia puhdastilojen rakentamiseen, käyttöön ja seurantaan.

## 4 SISÄLOGISTIikka YLEISESTI

Teollisuusalan yritysten logistiikkakokonaisuus koostuu yleensä tulo-, sisä- ja lähtölogistiikasta (kuva 5). Sisälogistiikalla tarkoitetaan yrityksen sisällä tapahtuvaa informaatio- ja materiaalivirtojen hallintaa ja kehittämistä. Käytännössä sisälogistiikka koostuu materiaalin keräilystä, hyllyttämisestä, vastaanotosta, siirtämisestä, pakkaamisesta, lastaamisesta ja kierrättämisestä. Sisälogistiikan toimien tukena käytetään tietojärjestelmiä. Tietojärjestelmien vaikutus sisälogistiikan tehokkuuteen on merkittävä, koska informaatiota kulkee todella paljon pienemmissäkin tehtaissa ja tietojärjestelmien avulla saadaan tarpeelliset informaatiot helposti saataville. Materiaalin siirtämisessä yleisimpiä apuvälineinä ovat esimerkiksi tasokärryt, pumppukärryt ja trukit. Materiaalin liikuttelua ja siirtelyä varten on paljon erilaisia vaihtoehtoja jokaiseen tarpeeseen. (8.)



*KUVA 5. Tulo-, sisä- ja lähtölogistiikka (8)*

Sisälogistiikan kehittäminen voi usein jäädä hieman toissijaiseksi, koska keskitytään enemmän tuotteen valmistamiseen ja kehittämiseen. Sisälogistiikkaa kehittämällä voidaan parantaa koko tuotantoketjun toiminnan tehokkuutta. Suositeltavaa on siis keskittyä kokonaisketjun kehittämiseen eli siihen, kuinka saadaan läpimenoaika tilauksesta toimitukseen laskettua alemmas. Toimiva sisälogistiikka mahdollistaa tehokkaan virtauksen ja tuotteen läpimeno on sujuvaa. (9, s. 2.)

## 5 LEAN, HUKKA-MUDA

Hukka on kustannustekijä, joka ei tuota arvoa asiakkaalle. Usein tuotannollisen toiminnan keskeinen pyrkimys on tuottaa arvoa mahdollisimman tehokkaasti, joten hukasta on pyrittävä eroon. Lean-ajattelun mukaan hukka on oire, ja se kertoo ongelmasta. Tuotantojärjestelmän puutteet aiheuttavat hukkaa, ja tästä syystä hukan tunnistaminen on toiminnan kehittämisen ensimmäinen askel. Oireen poistaminen onnistuu selvittämällä ja tunnistamalla juurisyyt. On erityisen tärkeää, että yrityksen henkilöstö oppii tunnistamaan hukan. (10, s. 16.)

Hukkaa on seitsemää lajia (10, s. 17–18):

- 1) ylituotanto: tuotetaan liikaa tai liian aikaisin
- 2) odottaminen: työntekijä odottaa konetta tai osia
- 3) siirtäminen: materiaalien tai tuotteiden siirtäminen paikasta toiseen
- 4) yliprosessointi: työn viimeistelyä, jolla ei lisätä tuotteen arvoa asiakkaalle
- 5) varastointi: varastot hidastavat tuotantoa, piilottavat ongelmia ja sitovat pääomaa
- 6) turha liike: tuotetta jalostamaton työntekijän liike
- 7) virheet: heikentävät laatua, hidastavat ja aiheuttavat kustannuksia.

Nykyään hukkaan lisätään vielä kahdeksas laji, työntekijän luovuuden tai osaamisen käyttämättömyys. Tällä tarkoitetaan työntekijöiden parannusehdotuksien, kykyjen ja oppimismahdollisuuksien hyödyntämättä jättämistä. Usein parhaat ratkaisuehdotukset tulevat juuri työntekijöiltä, jotka ovat jo pidemmän aikaan tehneet työtä puutteellisen tuotantojärjestelmän alaisena. Lean-ajattelun mukaan on tärkeää jalkautua ja mennä paikalle keskustelemaan työntekijöiden kanssa mahdollisesta hukasta ja sen poistamisesta. (10, s. 18.)



## **6 TUOTANNON LAYOUTSUUNNITTELU YLEISESTI**

Tuotantotilan layoutilla tarkoitetaan tuotantotilan järjestystä. Layoutissa näkyy esimerkiksi hyllyjen, työpisteiden, kulkureittien ja laitteiden sijainnit. Layoutilla on suuri vaikutus tuotannon tehokkuuteen, eikä muutoksien tekeminen layouttiin ole välttämättä helppoa. Tämän takia layoutin suunnittelu ja siihen liittyvät päätökset kannattaa tehdä huolella. (11.)

### **6.1 Layoutsuunnittelun periaatteet**

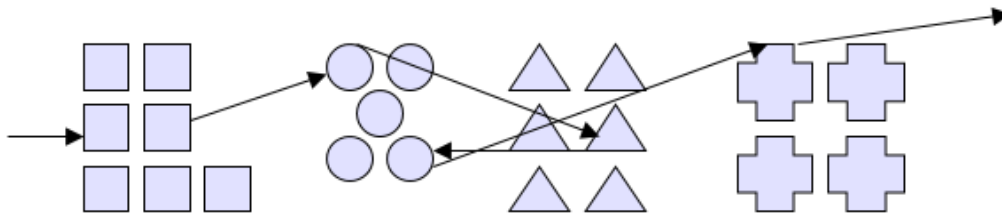
Layoutin suunnittelu ja kehittäminen kannattaa aloittaa materiaalivirtojen ja työntekijöiden liikkeiden kartoittamisella. Kartoituksella pystytään havaitsemaan mahdollisia pullonkauloja ja hukkaliikkeitä. (11.)

Layout kannattaa suunnitella siten, että käytettävissä oleva tila hyödynnetään mahdollisimman tehokkaasti. Tilan materiaalivirta suunnitellaan tehokkaaksi, mikä tarkoittaa käytännössä sitä, että tuotteita ja materiaaleja ei jouduta siirtelemään edestakaisin. Yksinkertaisuudessaan tehokas materiaalivirta on siis sellainen, missä materiaali ja tuotteet liikkuvat vain eteenpäin ja tilan kierto on selkeä. Layoutilla voidaan myös vaikuttaa tuotteen läpimenoaikaan vähentämällä hukkaa. Layout suunnitellaan siis siten, että työntekijät eivät joudu tekemään turhaa liikettä. Kun layout on suunniteltu huolella ja sen toimintaa seurataan ja kehitetään aktiivisesti, autetaan tuotantoa tuottamaan tehokkaammin parempaa laatua. (11.)

### **6.2 Prosessilähtöinen layout**

Layout-tyypit on jaettu kahteen luokkaan, tuotelähtöisiin ja prosessilähtöisiin layouteihin. Prosessilähtöiset eli toiminnalliset layoutit on rakennettu siten, että samanlaiset toiminnot on ryhmitelty omiin osastoihin. Toiminnallinen layout mahdollistaa laajan tuotekirjon, mutta sen materiaalivirtojen monimutkaisuuden takia se tarvitsee paljon ohjausta. Tästä aiheutuu läpäisyajojen kasvua. Kuvassa 6 havainnollistetaan toiminnallisen layoutin toimintojen jaottelua osastoihin ja materiaalivirtauksien monimutkaisuutta. (11.)

# Funktionaalinen layout

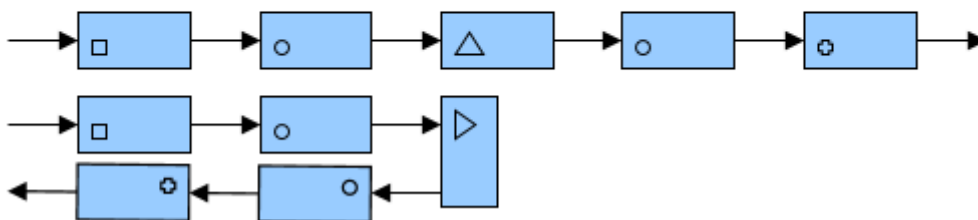


KUVA 6. Funktionaalinen layout (11)

## 6.3 Tuotelähtöinen layout

Tuotelähtöinen layout suunnitellaan tuotteille luontevan valmistusjärjestyksen mukaan. Tuotantolinja on hyvä esimerkki tuotelähtöisestä layoutista. Tuotantolinjat voivat olla pakkohtahtisia tai vapaatahtisia. Pakkohtahtisen linjan kehittäminen erittäin tehokkaaksi on mahdollista, mutta se on peräänantamaton monipuoliselle tuotekirjolle. Pakkohtahtilinoja käytetään usein suurivolyymisessä tuotannossa. Vapaatahtinen linja on nimensä mukaisesti linjamainen, mutta materiaali liikkuu työpisteiden välillä vapaammin. Vapaatahtinen linja suvaitsee laajemman vaihtelun tuotekirjossa. Tuotantolinjalla kasattavan tuotteen valmiusaste nousee tuotteen edetessä linjalla. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että linjan alkupäähän tuodaan runko ja linjan loppupäästä tulee ulos valmis tuote. Kuvassa 7 on esimerkki suorasta tuotantolinjasta ja paljon käytetystä U-mallin linjasta. (11.)

## Tuotantolinja



KUVA 7. Tuotelähtöinen layout (11)

## **7 PROJEKTIN ALKUTILANNE**

Seuraavassa luvussa tarkastellaan yrityksen kokoonpanotilan toimintaa projektin aloitusvaiheessa. Tieto kerättiin kuukauden mittaisella perehtymisjaksolla kokoonpanotilaan, vapaamuotoisilla keskusteluilla henkilökunnan kanssa ja kokoonpanijoille pidetyllä kyselyllä.

Tilassa valmistettavat tuotteet ovat asiakkaan suunnittelemaa, ja yritys suorittaa niiden kokoonpanon ja testauksen. Tuotteen osahankinnat tulevat yrityksen ulkopuolelta ja osa osista valmistetaan yrityksen omissa tiloissa. Tuotteiden välillä on eroavaisuuksia ja ne sisältävät paljon tuotekohtaisia osia. Tuotteet sisältävät useita kokoonpanoja ja alikokoonpanoja.

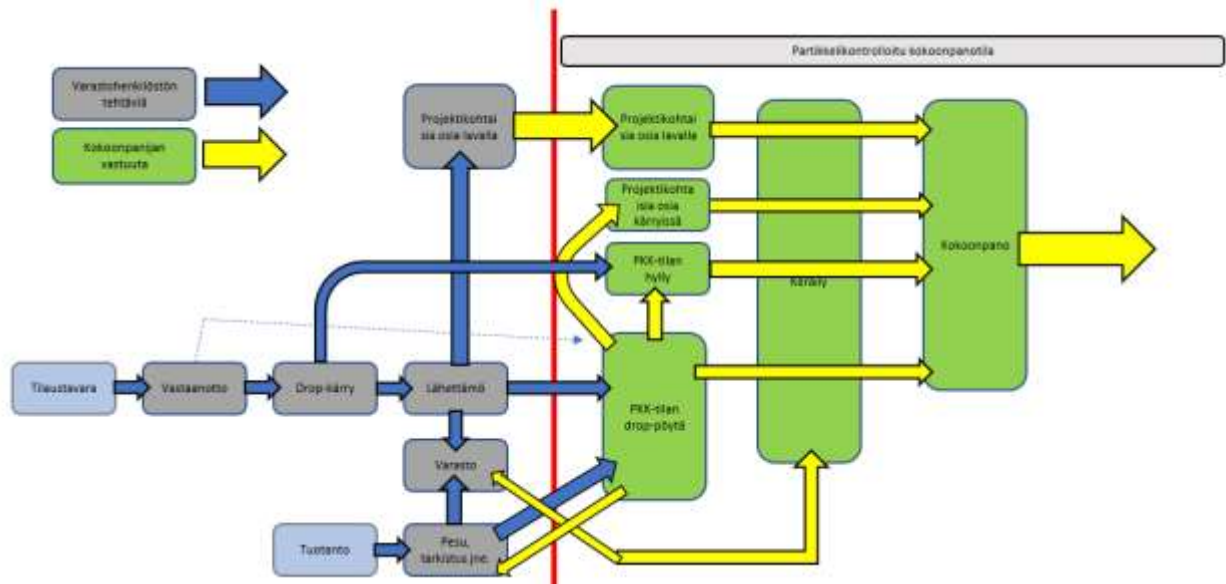
### **7.1 Yrityksen kokoonpanotila**

Yrityksen kokoonpanotila on partikkelikontrolloitu tila. Tila on jaettu kahteen osaan, aulaan ja varsinaiseen kokoonpanotilaan. Tämän jaon avulla pystytään käsittelemään pahvi- ja puumateriaali aulan puolella. Näin minimoidaan partikkeleiden kulkeutuminen kokoonpanotilaan. Valmiin tuotteen ja varaosien pakkaus suoritetaan myös aulan puolella. Kokoonpanopuolella suoritetaan kokoonpanoa ja muita projektin sisältämiä työvaiheita, kuten sähköitä. Tällä hetkellä tilan puhtausluokka pohjautuu standardin ISO-14644 arvoihin ja tilan partikkelitasoja mitataan säännöllisesti (7). Kokoonpanotila on ahdas ja kasvavan volyymin seurauksena tilaa laajennetaan. Laajennus parantaa yrityksen kilpailukykyä ja antaa paremmat valmiudet vastata kasvavan volyymin tarpeisiin.

### **7.2 Materiaalivirtaus yrityksen kokoonpanotilassa**

Kokoonpanotilaan saapuva materiaali on yrityksen omalla konepajalla tuotettua materiaalia sekä tilaustavaraa. Materiaalin kokoonpanotilaan tuo varastohenkilö, joka jättää materiaalin tilan drop-pöydälle. Drop-pöytä on pöytä, johon saapuva materiaali jätetään odottamaan hyllytystä. Projektien alkuvaiheessa materiaalia tulee suuria määriä ja materiaalin järjevä varastointi on haasteellista. Projektikohtaisten osien materiaalivirtaa on väliaikaisena keinona organisoitu siten, että projektin osat lajitellaan omille projektikohtaisille lavoille varaston puolella. Tällä toimenpiteellä pyritään välttämään tilanne, jossa projektin

osia on ympäri varastoa. Kokoonpanijat siirtävät projektikohtaisia lavoja kokoonpanotilaan, jotta osat ovat lähellä niitä tarvittaessa. Näin saadaan vähennettyä turhaa kävelyä materiaalin keräämisvaiheessa. Projektikohtaiset lavat ovat eurolavoja ja ne merkitään yleensä lapulla, mihin on kirjoitettu projektin numero. Kuvassa 8 havainnollistetaan materiaalivirtausta prosessikaaviolla.



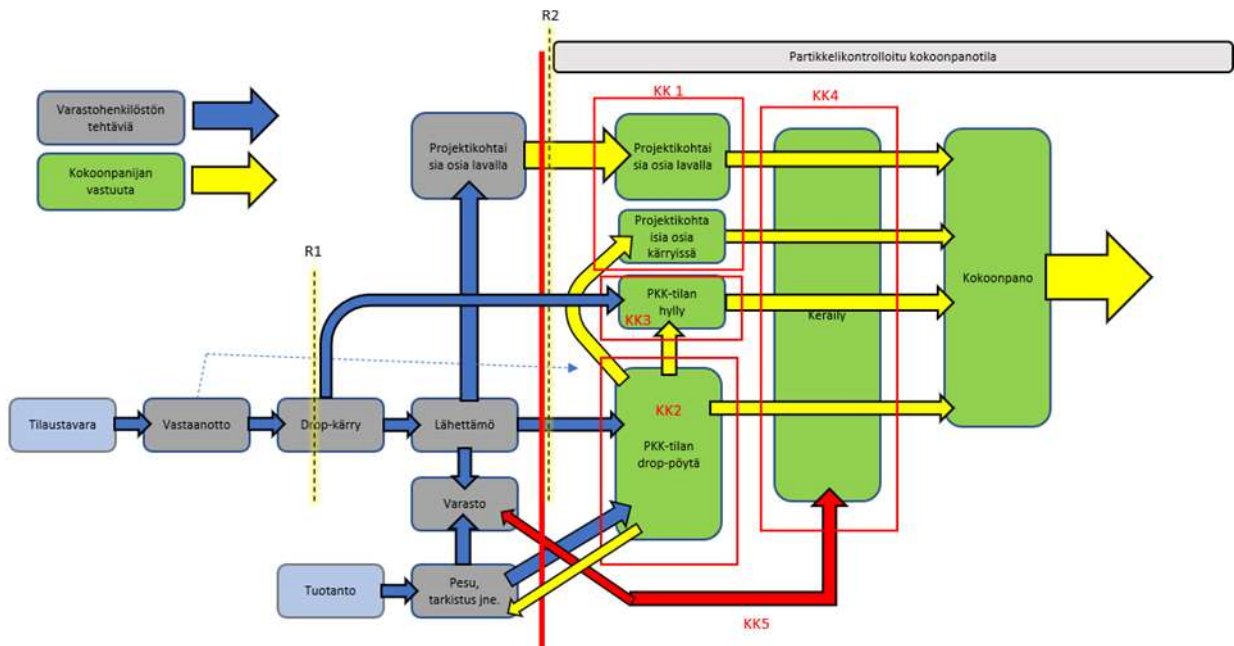
KUVA 8. Materiaalivirtauksen nykytila

### 7.3 Kokoonpanijan työtehtävät

Kokoonpanijan työtehtäviä ovat materiaalin hyllytys kokoonpanotilassa, materiaalin keräily kokoonpanoa varten ja varsinainen tuotteen kokoonpano. Kokoonpanotaville tuotteille ei ole varsinaisia standardoituja työohjeita. Työohjeena käytetään tuotteen 3D-mallia, jonka avulla kokoonpanija valmistaa tuotteen. Kokoonpanijalla on siis suhteellisen vapaat kädet kokoonpanon tekemisessä. Työ etenee yleensä niin, että ensiksi kokoonpanija tutkiskelee projektin 3D-mallia ja pohtii sen pääkohtia sekä tulostaa kokoonpanojen eriteltyt työpiirustukset. Sen jälkeen voidaan 3D-mallia apuna käyttäen miettiä mitkä osakokoonpanot kannattaa valmistaa ensimmäisenä ja selvittää, onko valittuun kokoonpanoon tarvittavat osat saapuneet. Näiden vaiheiden jälkeen voidaan suorittaa keräily työvaiheelle. Kokoonpanija käyttää keräilyssä apuna järjestelmästä tulostettavaa keräilylistaa, jossa näkyy materiaalin nimike, hyllysijainti ja kerättävä lukumäärä.

## 8 KEHITYSKOHTEIDEN KARTOITUKSEN TULOKSET

Kehityskohteita kartoitettiin projektin perehtymisjakson aikana. Osa kehityskohteista oli jo valmiiksi tiedossa, mutta perehtymisen aikana ilmaantui myös uusia kehityskohteita. Kehityskohteiden kartoituksessa laadittiin prosessikaavio -tyylinen kuvaus materiaalivirtauksista. Kaavion avulla pystyttiin havainnollistamaan ongelma-alueita. (Kuva 9.)



KUVA 9. Prosessikaavio ongelma-alueineen

Prosessissa esiintyy pääsääntöisesti kuusi pullonkaulaa, joita ovat projektikohtaisen materiaalivirran hallinta, drop-pöytä, partikkelikontrolloidun kokoonpanotilan hyllyt, keräily, materiaalin virheelliset sijaintitiedot tai niiden puuttuminen täysin järjestelmästä ja kokoonpanijan työtehtävät. Nämä ongelmat johtuvat ohjausjärjestelmän hyödyntämättä jättämisestä, yhteisten toimintatapojen puutteesta ja materiaalivirran suuruudesta.

Prosessikaavioon on merkattu ongelma-alueet ja vastuualueiden rajat R1 ja R2. R1 kuvaa rajaa, jossa vastaanotto siirtää saapuneet osat varaston drop-kärryyn ja lähettämö kuljettaa osat partikkelikontrolloituun kokoonpanotilaan. R2 kuvaa rajaa, jonka jälkeen alkaa kokoonpanijan vastuualue. Kartoituksen tuloksia hyödynnetään luvussa 10.

## 8.1 Projektikohtaisen materiaalivirran hallinta

Projektikohtaisesta materiaalivirrasta puhuttaessa tarkoitetaan materiaalia, joka on varattu tietylle projektille. Projektinumero ilmoitetaan usein materiaalin erätarrassa. Projektikohtaista materiaalivirtaa on kontrolloitu siten, että materiaali kerätään projektikohtaisille lavoille jo vastaanotossa. Näin vältetään tilanne, jossa joudutaan keräämään materiaalia ympäri kokoonpanotilaa ja varastoa. Ongelmallista on kuitenkin se, että kyseisiä lavoja on useampia ja niiden säilyttämiseen ei ole järkevää paikkaa. Projektikohtaiset materiaalit on pakattu pahviin ja pahvin määrä partikkelikontrolloidussa kokoonpanotilassa täytyy pitää mahdollisimman vähäisenä, jotta pysytään halutulla partikkelitasolla. Projektikohtaisia osia kerätään myös tasokärryihin työpisteiden lähelle.

Kokonaisuutena tilanne on sellainen, että projektikohtaisia osia on kärryissä, lavoilla ja osien olinpaikasta ei ole reaaliaikaista tietoa ohjausjärjestelmässä. Tästä syntyy keräilyvaiheessa tilanne, jossa materiaalin sijaintitiedot ovat kokoonpanijan muistinvaraisia. Sijaintitietojen puuttuminen pitkittää keräilyä ja kasvattaa osien katoamisen mahdollisuutta. Projektikohtaisen materiaalivirran hallintaa voidaan kehittää järkevämmäksi ja tehokkaammaksi kokoonpanotilan laajennuksen myötä.

Kehityskohteita ovat seuraavat:

- puulavojen ja pahvin poisto ennen partikkelikontrolloitua kokoonpanotilaa
- materiaalin helppo keräily
- järjestelmässä reaaliaikainen tieto materiaalin sijainnista
- hyllysijaintien lisääminen järjestelmään
- materiaalin sijainti kokoonpanotilassa.

Puulavojen ja pahvin poistaminen ennen partikkelikontrolloitua kokoonpanotilaa on mahdollista toteuttaa jo tuotantoketjun alkuvaiheessa. Projektikohtaisen materiaalin keräilyä voidaan helpottaa varaamalla materiaalille hyllytilaa. Näin pystytään kirjaamaan materiaalille sijaintitietoa. Hyllyjen sijainti vaikuttaa myös keräilyyn, joten hyllyjen sijaintia täytyy mieltä tarkasti. Kun materiaalille luodaan asianmukainen varastointitila ja toimitusketju on aukoton, saadaan tehostettua toimintaa huomattavasti.

## 8.2 Drop-pöydän toiminta

Kokoonpanotilan drop-pöydän on tarkoitus olla paikka, johon saapuva materiaali saadaan kerättyä odottamaan hyllyttämistä. Pöydälle kerääntyy usein niin paljon materiaalia, että sitä joudutaan jättämään pöydän viereen erillisille kärryille. Tilanteesta aiheutuu ruuhkaa pöydän läheisyyteen. Drop-pöydän osalta ei ole selkeää ohjeistusta siitä, kuka materiaalin hyllyttää pöydältä ja kuinka usein. Puutteellisen vastuunjaon takia materiaali odottaa pöydällä usein niin kauan, että kokoonpanija tarvitsee sitä kokoonpanon suorittamisessa.

Drop-pisteen toimintaa voidaan parantaa kehittämällä yhteisiä toimintatapoja pöydän täyttämiseen ja hyllyttämiseen. Mahdollisuutena on myös korvata pöytä jollain muulla tavalla, jotta saadaan enemmän tilaa saapuvalla materiaalille.

Drop-pisteen toimintaa voidaan kehittää

- määrittämällä, kuinka usein ja kuka hyllyttää materiaalin
- välttämällä ruuhkautumista
- keräämällä reaaliaikaista tietoa järjestelmään
- tekemällä hyllyttämisestä mahdollisimman helppoa.

Tekemällä hyllytyksestä työntekijälle vastuutetun tehtävän, jolloin on mahdollista seurata toimintaa. Drop-pisteen ruuhkautuessa voidaan kysyä, miksi näin on tapahtunut. Toiminta kehittyisi jo pelkästään määrittämällä kenen vastuualuetta se on. Ruuhkautumisen välttäminen onnistuu myös toimintatapojen määrittämisellä, mutta on syytä miettiä pöydälle vaihtoehtoinenkin ratkaisu, jonka avulla saadaan enemmän tilaa saapuvalla materiaalille. Reaaliaikainen sijaintitieto ei ole välttämätöntä, jos materiaali ei viivy drop-pisteellä kauan. Tarvittaessa voidaan ottaa käyttöön myöhemmin suunnitelmissa esiteltävä sijaintikirjaus. Materiaalin hyllyttäminen drop-pisteeltä täytyy suunnitella siten, että materiaalia joudutaan siirtelemään mahdollisimman vähän. Materiaalin turha siirtely kärryjen ja hyllyjen välillä on hukkaa.

## 8.3 Partikkelikontrolloidun kokoonpanotilan hyllyt

Partikkelikontrolloidun kokoonpanotilan hyllyt ovat nyt todella täynnä materiaalia. Tästä aiheutuu haasteita materiaalin järkevälle hyllyttämiselle. Kokoonpanotilaan tehtävän laajenuksen myötä saadaan lisää hyllytilaa, mutta on syytä miettiä, miten materiaali voi-

daan järjestää hyllyihin loogisesti ja helposti keräiltäväksi. Tällä hetkellä järjestelmä ker-  
too millä hyllypaikalla osa mahdollisesti on, mutta kyseisellä hyllypaikalla voi olla viisikin  
eri rasiaa, joissa kussakin on useaa eri osaa. Tämä hidastaa keräilyä, koska kokoonpa-  
nija joutuu kaivelemaan kaikki rasiat läpi, jotta löytää etsimänsä osan.

Toimintaa voidaan kehittää järjestämällä materiaalit hyllyihin kiertonopeuden perusteella.  
Hyllyillä voidaan vaikuttaa keräilyyn ja hyllyttämiseen järjestämällä hyllyt siten, että niistä  
on helppo keräillä ja niihin on helppoa hyllyttää materiaalia. Käytännössä tarvitaan loogi-  
suutta hyllyjärjestyksessä ja selkeää varastointia hyllytasoilla.

Kehityskohteita ovat seuraavat:

- materiaalin säilytys hyllyissä selkeämmin
- hyllytilan lisääminen
- hyllytyyppien ja hyllyjärjestyksen suunnittelu uuteen layouttiin
- materiaalien sijoittelu hyllyihin kiertonopeuden perusteella.

Laajennuksen myötä tulevan tilan ansiosta voidaan lisätä hyllytilaa. Näin pystytään säi-  
lyttämään materiaali hyllyissä selkeämmin. Kun materiaali voidaan säilyttää niin, että sa-  
massa laatikossa ei ole liian montaa eri osaa, pystytään keräily suorittamaan tehokkaam-  
min. Hyllyjärjestyksen suunnittelulla uuteen layouttiin voidaan tehdä keräilyn kannalta loo-  
ginen järjestys. Hyllyjärjestyksen suunnittelussa täytyy huomioida millä perusteella mate-  
riaali sijoitetaan hyllyihin. Perusteina voidaan käyttää kiertonopeutta, materiaalin fyysistä  
kokoa ja onko materiaali niin sanottua standardimateriaalia. Hyllyjen jaottelu tiettyihin ka-  
tegorioihin helpottaa hyllyttämistä ja keräilyä, mutta on myös varmistettava, että työnteki-  
jät ymmärtävät tilan hylly sijaintien periaatteet.

#### **8.4 Materiaalin keräily**

Keräilyä suoritettaessa tulee tilanteita, joissa joudutaan hakemaan materiaalia varas-  
tosta. Tästä syntyy hukkaa eli turhaa kävelyä varaston ja kokoonpanotilan välillä. Järke-  
vintä olisikin säilyttää kaikki materiaali kokoonpanotilan hyllyillä. Näin saataisiin poistettua  
turhaa kävelyä keräilyvaiheessa. On myös sellaisia osia, joiden säilyttäminen kokoonpa-  
notilassa ei ole järkevää tai muuten mahdollista, joten niiden noutaminen varastosta on  
pakollista.

Keräilyä voidaan kehittää



- siirtämällä kerättävä materiaali valmiiksi kokoonpanotilaan
- tekemällä keräilystä helppoa ja tehokasta
- miettimällä, kuka suorittaa keräilyn.

Jos materiaalia säilytetään varastossa, sen siirtäminen etukäteen tuotantotilaan on hie-  
man kikkailua. Keräilyä pystytään helpottamaan ja tehostamaan aikaisemmin mainituilla  
hyllyjärjestyksillä ja määrittämällä suorittaako kokoonpanija keräilyn vai olisiko tehok-  
kaampaa käyttää kokonaan eri henkilöä keräämään materiaalit valmiiksi kokoonpanijoille.

### **8.5 Materiaalin virheelliset sijaintitiedot**

Materiaalia kerättäessä voi ilmaantua tilanne, ettei kyseistä materiaalia löydykään järjes-  
telmän ilmoittamasta paikasta. Tilanne voi aiheutua järjestelmän virheellisestä käytöstä  
tai yhteisten toimintatapojen puutteesta. Materiaali onkin siirretty toiseen hyllysoittee-  
seen, eikä muutosta ole päivitetty järjestelmään tai materiaali on kerätty ilman tiedon päi-  
vittämistä järjestelmään.

Järjestelmä voi näyttää myös sijainniksi materiaalin oletushyllysijainnin, vaikka materiaali  
olisikin hyllytetty muualle ja uusi sijainti on unohtunut kirjata järjestelmään. Ongelmallista  
on myös se, että järjestelmä kirjaa materiaalin sen aikaisemmin käyttämälle hyllypaikalle  
heti vastaanotossa. Tästä syntyy tilanteita, joissa materiaalia etsitään hyllystä, mutta to-  
dellisuudessa osa onkin vielä vastaanotossa. Näistä tilanteista päästään eroon muokkaa-  
malla toimintoa sellaiseksi, että sijainnit ovat reaaliaikaisia. Näin järjestelmä ei väitä ma-  
teriaalin olevan hyllyssä ennen kuin se on sinne kirjattu.

Materiaalivirrassa on mustia aukkoja eli sijainteja, joissa olevat materiaalit eivät näy jär-  
jestelmässä laisinkaan, kuten esimerkiksi drop-pöytä ja lavoilla säilöttävät projektikohtai-  
set osat. Materiaalivirran tehokkuuden maksimoimiseksi ja materiaalinhallinnan helpotta-  
miseksi on tärkeää, että olisi paikkansa pitävät tiedot materiaalien sijainneista.

Kehityskohteita ovat seuraavat:

- yhteiset toimintatavat järjestelmän käyttämisessä
- materiaalin sijaintitiedon oltava paikkansa pitävä
- kaikelle materiaalille kirjataan sijainti järjestelmään.

Kun kehitetään yhteiset toimintatavat järjestelmän käyttöön, saadaan kaikki henkilöt käyttämään järjestelmää samalla tavalla. Kun kaikki käyttävät järjestelmää määrätyllä tavalla voidaan paremmin luottaa järjestelmän tietoihin. Materiaalille saadaan paikkansa pitävä reaaliaikainen sijaintitieto luomalla lisää sijainteja vastaanoton ja kokoonpanon välille. Kun näitä sijainteja käytetään, niin ohjausjärjestelmä ei väitä materiaalin olevan jo kokoonpanotilassa, vaikka se oikeasti on vastaanotossa. Kun mahdollistetaan sijainnin kirjaaminen materiaalille tuotantoketjun eri vaiheissa, saadaan kaikelle materiaalille reaaliaikainen sijainti. Näin materiaalille saadaan sijaintitieto, joka ei ennakoi.

## **8.6 Kokoonpanijan työtehtävät**

Materiaalin hyllyttämisen kokoonpanotilaan suorittaa kokoonpanija ja hän myös keräilee materiaalit kokoonpanoon. Kokoonpanija tekee siis paljon muutakin kuin kasaa itse tuotetta. Periaatteessa jokainen sekunti, minkä kokoonpanija joutuu käyttämään muuhun kuin kokoonpanemiseen on hukkaa. Volyymin kasvaessa täytyy pohtia, onko järkevää käyttää kokoonpanijaa keräilyssä ja materiaalin hyllyttämisessä. Kokoonpanijan vastuulla olevia tehtäviä voisi hieman karsia niin, että saadaan tuotannosta tehokkaampaa. Paras mahdollinen tilanne olisikin sellainen, missä kokoonpanija keskittyisi vain tuotteen kasamiseen ja tarvittava materiaali tuotaisiin työpisteelle.

Kokoonpanijan työtehtäviä voidaan kehittää

- tasapainottamalla työtehtäviä
- määrittämällä, kuka keräilee ja hyllyttää materiaalin
- miettimällä, miten saadaan materiaali ajoissa työpisteelle.

Kokoonpanijan työtehtävien tasapainottamisella tarkoitetaan sitä, että mietitään, mitä kokoonpanijan kannattaa tehdä ja ovatko hänen tehtävät arvoa tuottavia. Kokoonpanijan käyttäminen hyllyttämisessä ei ole järkevää, joten hyllyttäminen täytyy siirtää toisen henkilön vastuulle. Jos myös keräily siirretään esimerkiksi varastohenkilön tehtäväksi, on ratkaistava, kuinka materiaalit kerätään oikea-aikaisesti ja vältetään odottelu.

## 9 KYSELY KOKOONPANOILAN TYÖNTEKIJÖILLE

Kokoonpanijoille pidettiin kysely projektin perehtymisvaiheessa. Kyselyllä kerättiin kehitysideoita ja tilastotietoa kokoonpanotilan toiminnasta. Kyselyn vastaukset ovat kokoonpanijoiden omia arvioita.

Kysely luotiin Google Forms -alustalle. Forms on käytännöllinen sovellus kyselyihin, koska sillä voi räätälöidä kyselyt sellaiseksi kuin haluaa. Vastauksista saatava data pystytään myös muokkaamaan haluttuun muotoon, kuten esimerkiksi piirakkakaavioiksi.

### 9.1 Kysymykset

Kysely sisälsi yhdeksän partikkelikontrolloituun kokoonpanotilaan liittyvää kysymystä. Enemmistö kysymyksistä oli monivalintakysymyksiä. Monivalintakysymykset avasivat jatkokysymyksiä, joilla pystyi tarkentamaan vastauksia. Vapaasti vastattavia kysymyksiä oli kaksi.

Pääkysymykset olivat seuraavat:

- Hyllytätkö materiaalia Drop-pisteeltä?
- Montako tuntia viikossa arvioit keskimäärin käyttäväsi aikaa materiaalien etsimiseen?
- Montako prosenttia arvioit työsi sisältävän varsinaista kokoonpanotyötä?
- Minkä koet olevan suurin ongelma kokoonpanotyössä tällä hetkellä?
- Onko materiaalien keräily mielestäsi helppoa tällä hetkellä?
- Kehitysideat ja muu palaute kokoonpanotilasta?

### 9.2 Vastaukset

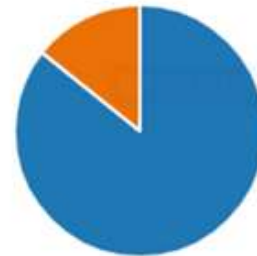
Enemmistö kokoonpanotilan henkilöstöstä vastasi kyselyyn. Vastaukset olivat asiallisia ja niiden avulla saatiin havainnollistettua tilan ongelmakohtia. Kyselyn mukaan enemmistö hyllyttää materiaalia drop-pisteeltä (kuva 10), mutta harvemmin kuin kaksi kertaa viikossa. Osa vastaajista hyllyttää materiaalia pari kertaa viikossa, mikä selvästikään ei ole riittävästi, koska drop-piste ruuhkautuu pahasti. Kokoonpanijat ovat kiireisiä, joten materiaalin hyllyttäminen voi jäädä helposti toissijaiseksi tehtäväksi kokoonpanemisen

taustalla. Hyllyttäminen on tärkeä tehtävä, mutta sen suorittamiseen olisi järkevämpää käyttää esimerkiksi varastohenkilöä.

#### 1. Hyllytätkö materiaalia Drop-pisteeltä?

[Lisätietoja](#)

- Kyllä
- En



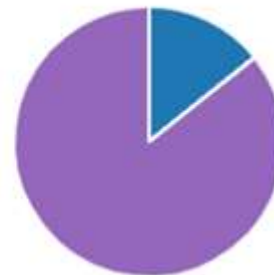
*KUVA 10. 85 % vastaajista hyllyttää materiaalia Drop-pisteeltä*

Vastauksista selvisi, että vastaajista 85 % arvioi käyttävänsä viikoittain vähintään neljä tuntia materiaalin etsimiseen, ellei jopa enemmän (kuva 11). Materiaalin etsiminen on pelkkää hukkaa ja sillä ei tuoteta ollenkaan arvoa. Vähentämällä etsimiseen kuluva aikaa voidaan parantaa merkittävästi tuotannon tehokkuutta. Materiaalin etsiminen johtuu kuitenkin useammasta tekijästä, joten muutokset vaativat paljon kehitystyötä.

#### 4. Montako tuntia viikossa arvioit keskimäärin käyttäväsi aikaa materiaalien etsimiseen?

[Lisätietoja](#)

- alle 1 h
- 1 h
- 2 h
- 3 h
- 4 h tai enemmän



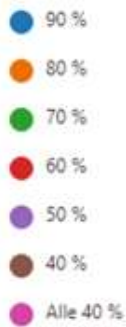
*KUVA 11. Materiaalin etsimiseen viikoittain käytettävä aika*

Kokoonpanijoiden arvio työn sisällöstä kertoo, että on syytä miettiä työtehtävien tasapainoa ja keinoja, miten muuten voidaan tehostaa tuotantoa. Vastausten keskiarvo on 60 % (kuva 12). Karkeasti sanottuna kokoonpanijan työstä puolet on muuta kuin kokoonpanoa. Jos tuotannosta halutaan tehokkaampaa, on syytä keskittyä siihen, kuinka mahdollistetaan kokoonpanijan keskittyminen enimmäkseen arvoa tuottavaan työhön, eli tuotteen

kokoonpanemiseen. Tähänkin vaikuttaa moni asia, mutta jo pienillä muutoksilla on mahdollista parantaa toimintaa.

5. Montako prosenttia arvioit työsi sisältävän varsinaista kokoonpanotyötä?

[Lisätietoja](#)



KUVA 12. Työn sisältö

Vastaajista 57 % ei koe keräilyä tällä hetkellä helpoksi (kuva 13). Keräilyssä ilmaantuu muun muassa virheellisiä tai kokonaan puuttuvia sijaintitietoja, joista aiheutuu paljon etsimistä. Ongelmia tuottaa myös materiaalien vaikea sijainti. Materiaalit ovat usein sellaisissa paikoissa, että täytyy siirtää tavaraa edestä päästäkseen keräämään materiaalin.

7. Onko materiaalien keräily mielestäsi helppoa tällä hetkellä?

[Lisätietoja](#)



KUVA 13. Keräilyn helppous

## **10 KEHITYSKOHTTEIDEN RAJAUS JA SUUNNITTELU**

Suunnitteluvaiheeseen varattiin aikaa kuukauden verran. Suunnittelu tehtiin pääosin etätöinä ja tarvittavat palaverit käytiin etäyhteydellä. Suunnittelussa apuna käytettiin AutoCad-ohjelmistoa.

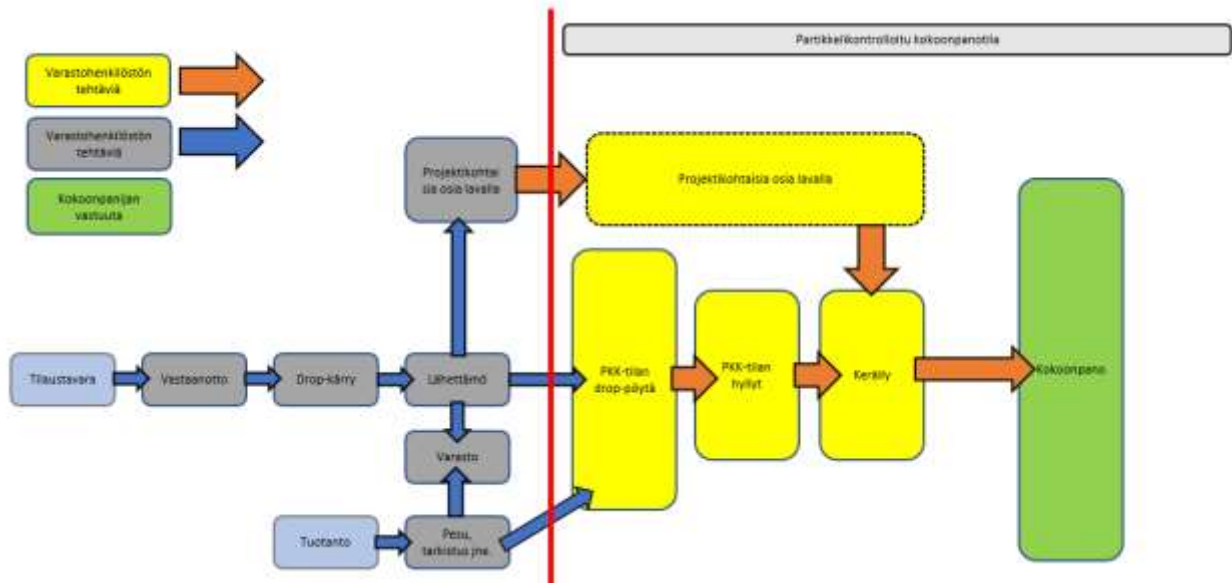
### **10.1 Projektin raja**

Projektin tarkka rajaaminen on tärkeää projektin valmistumisen kannalta. Ennen suunnittelun aloittamista ohjausryhmän täytyi rajata projekti sopivan laajuiseksi. Projekti rajattiin projektikohtaisen materiaalivirran hallintaan ja drop-pisteen toiminnan kehittämiseen. Ilman selkeää rajausta projekti olisi ollut liian laaja ja täten riskeerannut opinnäytetyön suorittamisen aikataulun mukaan. Raja

### **10.2 Kehitysideoiden suunnittelu**

Kehitysideoita suunniteltaessa täytyy muistaa ratkaisujen joustavuus ja muunneltavuus tulevaisuuden kannalta. Tuotannon volyymin kasvaessa on kehitysideoiden oltava toimivia, eivätkä ne saa tuottaa uusia pullonkauloja. Suunnitelmien tarkoituksena on kehittää toimintaa ja poistaa ongelmia, eikä vain siirtää niitä. Tämänhetkessä kokoonpanotilassa nämä kehitysideat eivät voisi toimia, koska tilaa ei ole riittävästi.

Perehtymisvaiheessa hahmoteltiin prosessikaavio ihanteellisesta tilanteesta, jossa kokoonpanijoiden vastuulla on vain kokoonpanotyö ja varastotyöntekijä hoitaa kokoonpanotilan materiaalin hyllytyksen ja keräilyn. Kyseinen järjestely mahdollistaisi oikein toimivissaan kokoonpanijoiden täyden hyödyntämisen. (Kuva 14.) Järjestelyn toimivuus kuitenkin edellyttää nykyisen tilanteen kehittämistä, etteivät ongelmat vain siirry kokoonpanijalta mahdolliselle varastotyöntekijälle.



KUVA 14. Ihanteellinen prosessikaavio

Kehitysideoilla pyritään edesauttamaan ihannetilanteen (kuva 14) saavuttamista ja mahdollistamaan puhtausluokituksen parantuminen. Näin saataisiin tuotannosta tehokkaampaa ja työtehtäviä tasapainotettua. Kehitysideat on suunniteltu laajennuksen myötä valmistuvaan uuteen kokoonpanotilaan. Toimintatapojen on tarkoitus olla monistettavissa myös yrityksen muille osastoille. Etukäteen suunnittelu oli hieman haastavaa, mutta layout-piirustuksen avulla pystyttiin hahmottelemaan tarvittavan tilan määrää ja mahdollisia uusia hyllysijainteja. Suunnittelussa täytyi huomioida myös kehitysideoiden yhteensopivuus kokoonpanotilan toimintojen kanssa.

### 10.2.1 Drop-pisteen toiminnan kehittäminen

Drop-pisteelle määritettyjä kehityskohteita olivat ruuhkautumisen välttäminen, yhteiset toimintatavat, reaaliaikainen tieto järjestelmässä ja kuinka materiaali saadaan helposti hyllytettyä pisteeltä. Drop-piste on pöytä, jolle materiaali jätetään odottamaan hyllyttämistä. Pöydällä olevasta materiaalista ei ole paikkansa pitävää sijaintitietoa järjestelmässä.

Drop-pisteen toimintaa kehittäessä pohdittiin pöydän korvaamisesta esimerkiksi hyllyllä, jotta saataisiin saapuvalla materiaalilla lisää säilytystilaa. Hyllystä olisi apua, mutta materiaalin siirtely karrystä drop-hyllyyn ja sieltä hyllyttämistä varten takaisin karryyyn, ei ole tehokasta. Turhan siirtelyn välttämiseksi syntyi idea, missä drop-piste olisikin lattiaan

merkattu alue, johon täysiä drop-kärriä tuotaisiin (kuva 15). Näin varastotyöntekijä voisi ottaa täyden kärryn drop-alueelta ja kätevästi hyllyttää siitä materiaalin.



KUVA 15. Drop-alue ja kärriparkki

Kun materiaali on hyllytetty, tyhjä kärri voidaan viedä takaisin vastaanottoon tai kärri-parkkiin. Kärriparkki olisi lattiaan merkattu alue kokoonpanotilassa, jossa tyhjiä drop-kärriä voitaisiin säilyttää. (Kuva 15.) Drop-kärri olisi yrityksessä valmiiksi käytössä oleva hyllyvaunu kahdella tasolla (kuva 16). Tällä toimintatavalla pystyttäisiin helposti valvomaan toimintatavan toimivuutta ja sitä suorittaako vastuhenkilö oman tehtävänsä. Jos drop-alueella on paljon täysiä kärriä odottamassa hyllyttämistä, tiedetään heti, että toimintatavassa on ongelmia tai vastuhenkilö ei ole hoitanut omaa tehtäväänsä.

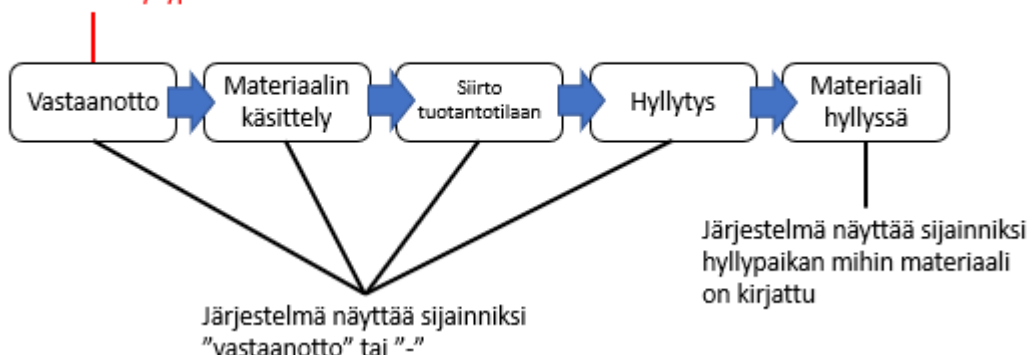




KUVA 16. Hyllyvaunu (12)

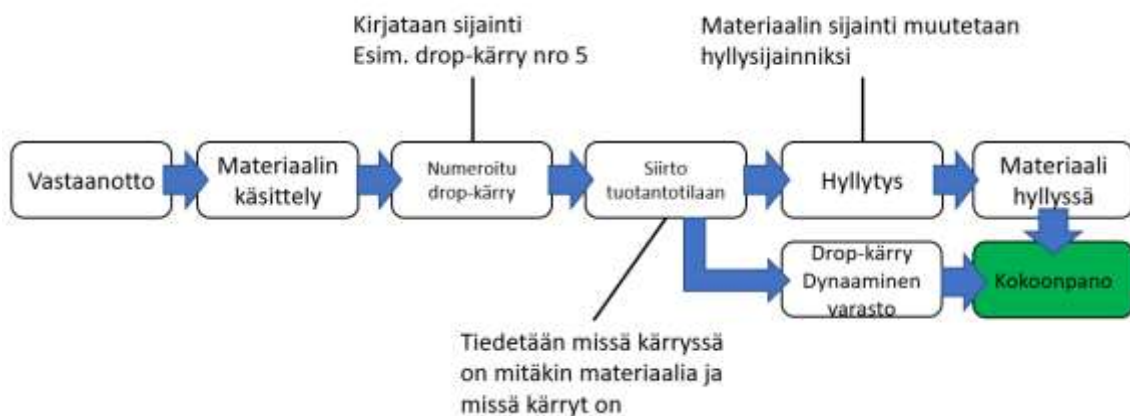
Materiaalille ei kirjata sijainniksi drop-kärryä, koska tarkoituksena on hyllyttää materiaali mahdollisimman nopeasti. On kuitenkin tärkeää, että tietojärjestelmä ilmoittaa materiaalin sijainnin ajantasaisesti. Tällä tarkoitetaan sitä, että järjestelmä ei väitä materiaalin olevan kokoonpanotilan hyllyssä, vaikka se oikeasti on vielä vastaanotossa (Kuva 17).

Järjestelmä näyttää sijainniksi materiaalin oletushyllypaikan



KUVA 17. Paikkansa pitävät sijaintitiedot

Haluttaessa vielä tarkempaa sijaintitietoa, drop-kärryt voitaisiin numeroida ja luoda jokaiselle kärrylle sijainti järjestelmään. Materiaali kirjattaisiin kärryihin vastaanotossa. Kärryihin voitaisiin myös asentaa GPS-paikantimia, jonka jälkeen tiedettäisiin kärryjen sisältö ja sijainti. Näin saataisiin entistä tarkempaa tietoa materiaalin sijainnista. Kärryjä voitaisiin näin ollen käyttää myös väliaikaisena varastona sellaisen materiaalin kohdalla, joka menee nopeasti käyttöön. Näin saataisiin vähennettyä materiaalin turhaa siirtelyä vieläkin enemmän. (Kuva 18.)

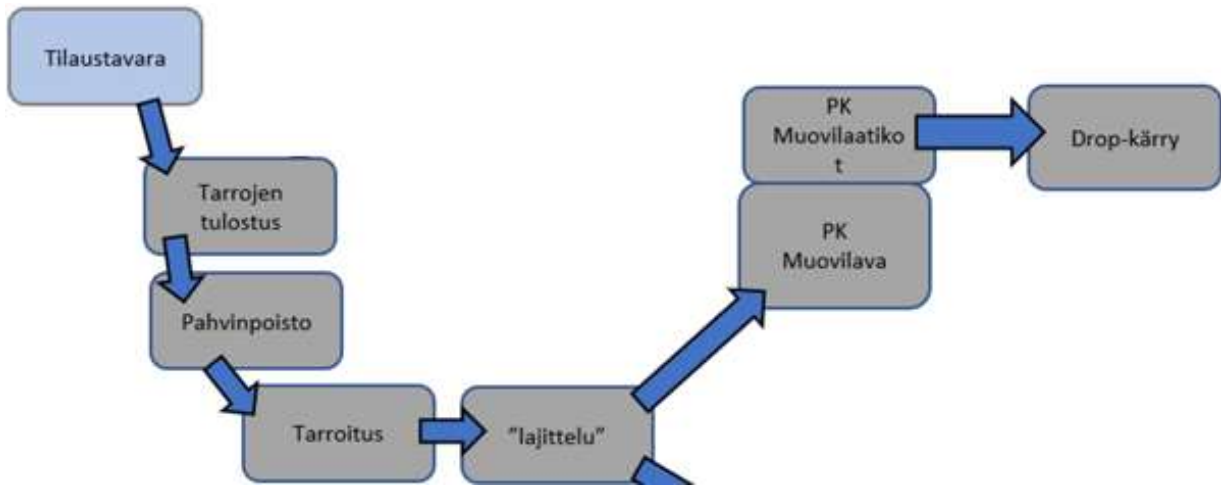


KUVA 18. Sijaintitiedot numeroiduilla drop-kärryillä

### 10.2.2 Projektikohtainen materiaalivirta

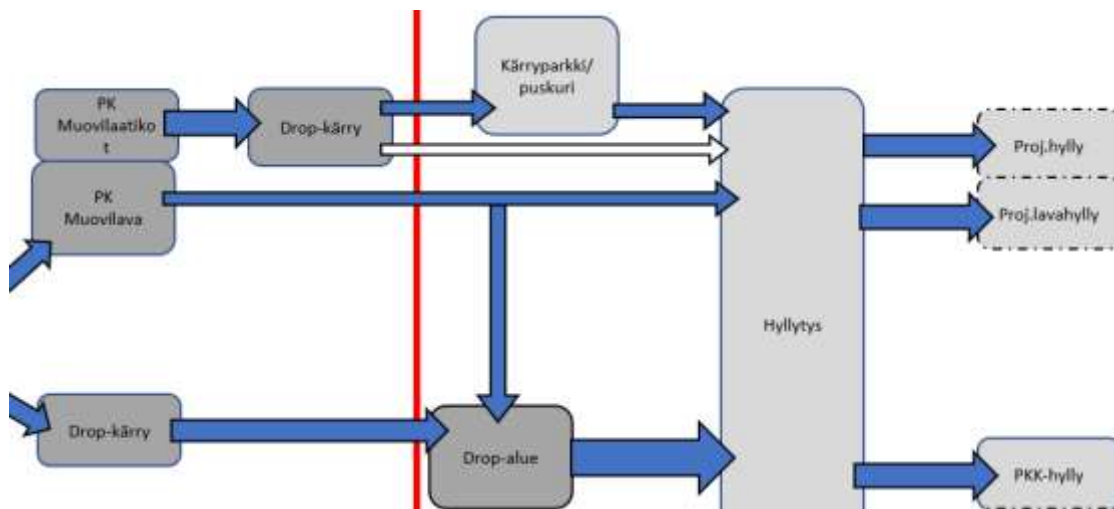
Projektikohtaista materiaalivirtaa kehittäessä täytyi huomioida mahdollisuus pahvin ja puun vähentämiseen partikkelikontrolloidussa kokoonpanotilassa. Suuri osa tilaan kulkeutuvasta pahvista tulee juuri projektikohtaisen materiaalivirran kautta. Tärkeää oli myös miettiä, miten projektikohtainen materiaali pystytään varastoimaan kokoonpanotilaan asianmukaisesti ja kuinka saadaan sijaintitiedot kaikelle materiaalille.

Laajenuksen myötä vapautuva hyllytila mahdollistaa projektikohtaisen materiaalin varastoimisen kokoonpanotilan hyllyille. Näin saataisiin materiaalille sijaintitiedot järjestelmään ja pystyttäisiin helpottamaan materiaalin keräilyä. Projektikohtainen materiaali käsiteltäisiin vastaanotossa siten, että pakkauspahvit korvattaisiin sopivan kokoisilla muovilaatikoilla. Muovilaatikat kerättäisiin projektikohtaiseen drop-kärryyn ja suurempi materiaali säilöittäisiin muovilavalla (kuva 19). Materiaali saapuisi partikkelikontrolloituun kokoonpanotilaan ilman pahvia.



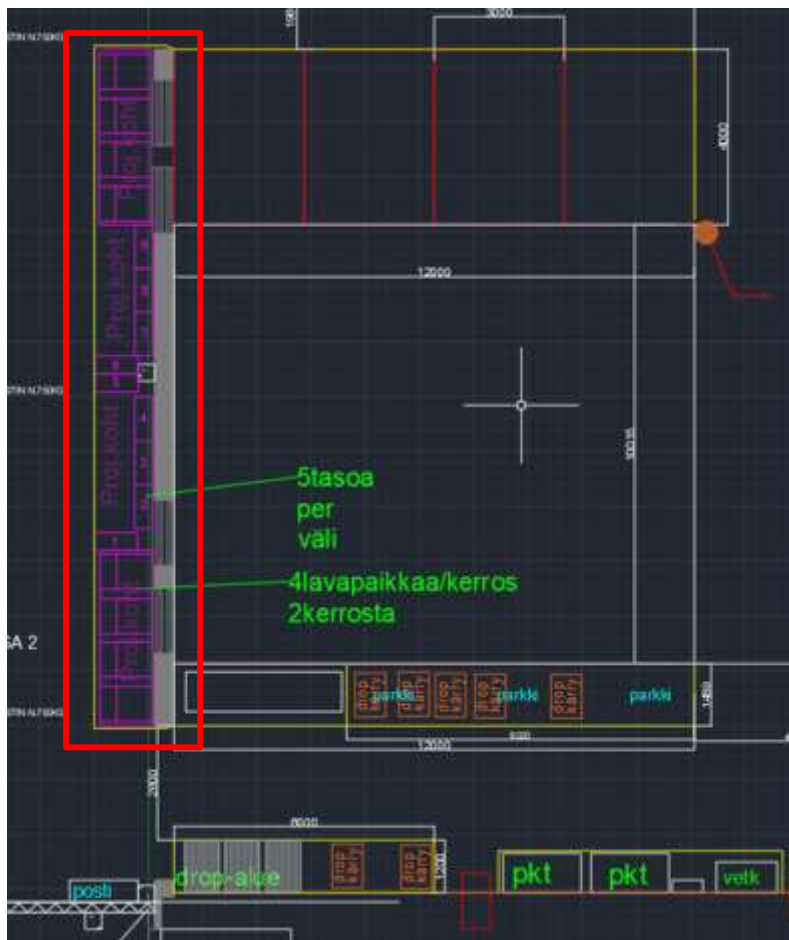
KUVA 19. Projektikohtaisen materiaalin käsittelyä

Projektikohtaiset kärryt ja lavat tuotaisiin partikkelikontrolloidun kokoonpanotilan kärryparkkiin tai drop-alueelle odottamaan hyllyttämistä. Materiaali voi mennä myös suoraan hyllytykseen tilanteen mukaan. (Kuva 20.) Peruseriaate kehitysideoissa on sellainen, että kaikki materiaali hyllytetään mahdollisimman pian. Näin pystytään välttämään tilanteet, joissa materiaali voi mahdollisesti kadota.



KUVA 20. Materiaalivirtaus partikkelikontrolloidussa kokoonpanotilassa

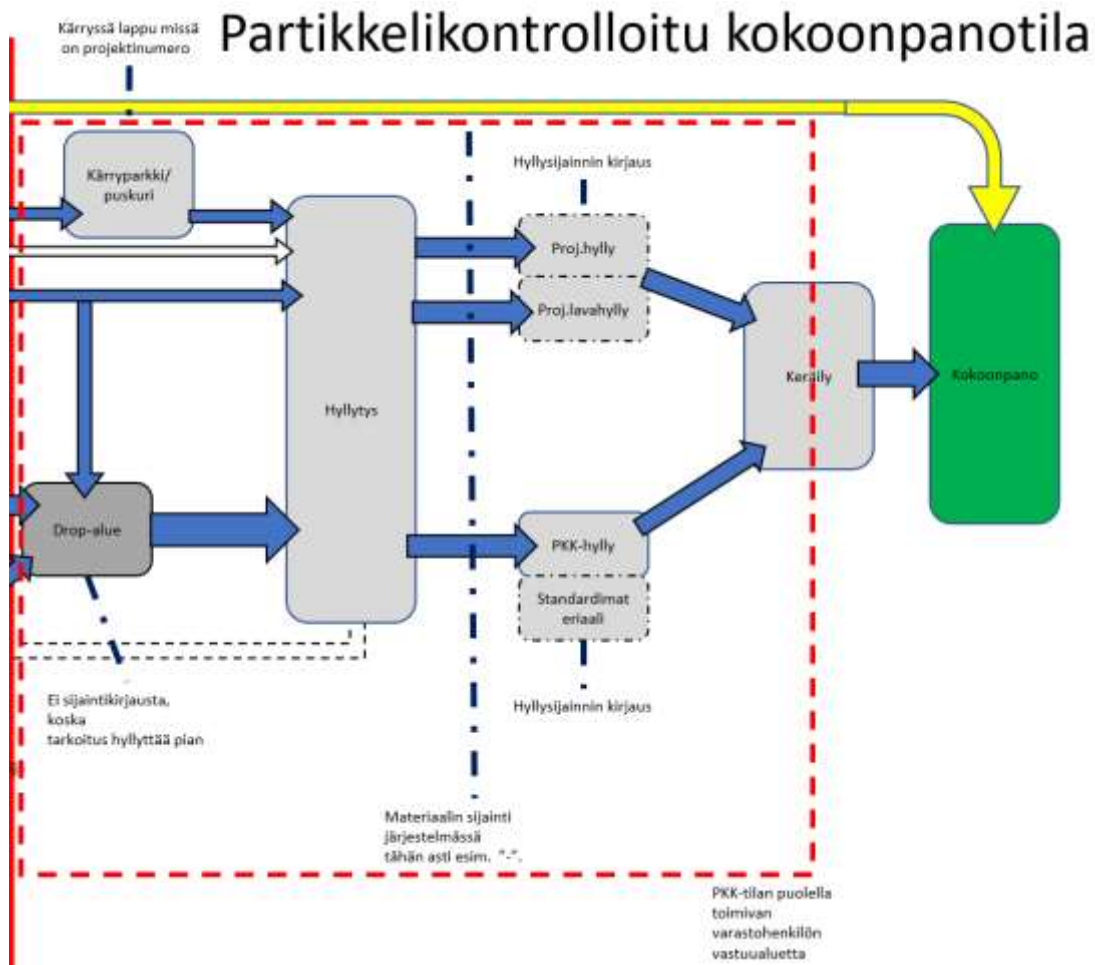
Projektikohtainen materiaali pyrittäisiin hyllyttämään siten, että saman projektin osat ovat aina mahdollisimman lähekkäin. Tämä on mahdollista, jos kokoonpanotilan hyllyjärjestys on sellainen, missä tietyllä hyllyalueella säilytetään vain projektikohtaista materiaalia (kuva 21).



KUVA 21. Projektikohtaiselle materiaalille varattu hyllyalue

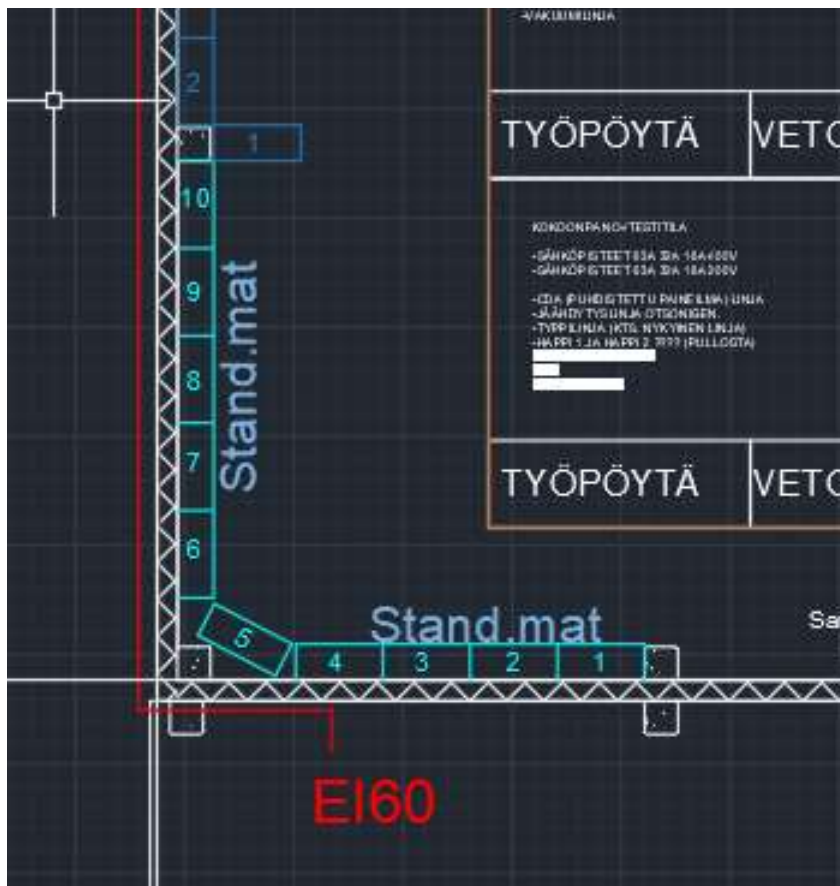
Projektikohtaisen materiaalin varastoinnissa tarkoituksena olisi, että projektille varattaisiin tarvittavat hyllyt. Näin mahdollistettaisiin projektikohtaisten materiaalien varastointi mahdollisimman lähellä. Toimintatapa helpottaisi myös keräilyä, koska materiaalia ei tarvitsisi kerätä niin laajalta alueelta. Projektin valmistuttua sen käyttämät hyllypaikat vapautuisivat seuraavan projektin käytettäväksi. Hyllytyyppejä olisi kahdenlaisia, lava- ja pientavarahyllyjä.

Suunnitelmien yhtenä tarkoituksena on mahdollistaa kokoonpanijan työtehtävien rajaaminen. Ideaali tilanne olisi sellainen, missä varastohenkilö suorittaisi materiaalin hyllyttämisen ja keräilyn partikkelikontrolloidussa kokoonpanotilassa. (Kuva 22). Kyseinen järjestely vaatii toimiakseen paljon kehitystyötä. Tärkeintä on se, että kokoonpanijat eivät joudu odottelamaan materiaalia, vaan voivat tehdä kokoonpanoa ilman turhia viivästyksiä. Pelkästään työtehtävien tasapainottamisella voidaan jo parantaa merkittävästi tuotannon tehokkuutta.



KUVA 22. Partikkelikontrolloidun kokoonpanotilan vastuualueet

Keräilyn helpottamiseksi myös standardimateriaalit voidaan varastoida omalle alueelle kokoonpanotilassa (kuva 23). Standardimateriaalilla tarkoitetaan materiaalia, jota käytetään useassa tuotteessa toistuvasti.



KUVA 23. Vakiopaikat standardimateriaalille

Vakiohyllypaikat standardimateriaalille nopeuttavat ja helpottavat keräilyä, koska keräilijä alkaa oppimaan järjestyksen ja tietää mistä mitäkin osaa kannattaa hakea. Vakioidut hyllypaikat antaisivat myös mahdollisuuden visuaaliselle valvonnalle, nähdään helposti, jos jokin standardimateriaali on loppumassa. Kokoontilan hyllyjärjestyksen suunnittelu siten, että hyllyt on loogisesti jaoteltu ja järjestetty, palvelee sekä materiaalin keräilyä kuin myös hyllyttäjää. Materiaalit voidaan keräillä ja hyllyttää loogisessa järjestyksessä ja näin vältetään turhaa kävelyä kokoontilassa.

## 11 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella, miten kehitetään kokoonpanotilan materiaalivirtaa ja sisälogistiikkaa siten, että puhtausluokitusta voidaan parantaa ja toimintatapa olisi mahdollisesti monistettavissa myös yrityksen muun sisälogistiikan käyttöön. Opinnäytetyön lopputuloksena valmistui toteutuskelpoinen suunnitelma projektikohtaisen materiaalivirran ja drop-pisteen toiminnan kehittämiseksi. Suunnitelmassa esitetyt toimintatavat on pienellä mukauttamisella mahdollista monistaa myös yrityksen muille osastoille. Lisäksi luotiin kehitysehdotus hyllytystoiminnon luomiselle mobiilipäätteeseen, suunniteltiin toimintamalli edesauttamaan partikkelitason laskemista kokoonpanotilassa ja tehtiin karkeaa layout-suunnittelua kokoonpanotilaan.

Aiheeseen perehtymisen ja kyselyn tuloksena löydettiin kuusi erillistä kehityskohdetta. Opinnäytetyö rajattiin drop-pisteen toiminnan ja projektikohtaisen materiaalivirran hallinnan kehittämiseen. Ilman tarkkaa rajausta olisi opinnäytetyö ollut liian laaja ja vaarantanut aikataulussa pysymisen.

Opinnäytetyön aikana huomattiin, ettei pääosalle projektikohtaisesta materiaalista ollut asianmukaista varastointitapaa, ja siksi niiden keräily suoritettiin muistinvaraisesti. Tässä opinnäytetyössä suunniteltujen kehitysideoiden ja toimintatapojen avulla pystyttäisiin varastoimaan projektikohtainen materiaali asianmukaisesti. Näillä muutoksilla helpotettaisiin materiaalin keräilyä ja saataisiin sijaintitietoja järjestelmään. Reaaliaikaisten sijaintitietojen avulla pystyttäisiin kehittämään kokoonpanotilan tehokkuutta huomattavasti ja helpottamaan tuotannonohjausta.

Drop-piste on pöytä, johon kokoonpanotilaan saapuva materiaali tuodaan odottamaan hyllyttämistä. Drop-pisteen toiminnassa ilmeni ongelmia pöydän ruuhkautumisen ja yhteisten toimintatapojen kanssa. Drop-pisteelle suunniteltiin vaihtoehtoinen toimintatapa, jossa drop-pöytä korvattaisiin drop-alueella. Tällä toimintatavalla saataisiin vähennettyä materiaalin ylimääräistä siirtelyä ja luotua enemmän tilaa saapuvalla materiaalille.

Opinnäytetyön alkuvaiheessa toiveena oli, että joitain kehitysehdotuksista olisi testattu tai otettu käyttöön kokoonpanotilassa. Mitään niistä ei kuitenkaan testattu vielä, koska suunnitelma on pääosin vasta laajennuksen myötä mahdollista toteuttaa. Opinnäytetyön läh-

tötietomuistiossa määritetty tavoite monistettavasta suunnitelmasta kokoonpanotilan materiaalivirran ja sisälogistiikan kehittämiseksi saavutettiin. Suunnitelma tarvitsee kuitenkin hieman viilausta ennen käyttöönottoa.

Opinnäytetyön aikana olisi ehkä voinut tehdä enemmän yhteistyötä yrityksen henkilöstön kanssa, mutta tällä tavalla toimien saatiin tehtyä suunnitelmat, jotka ovat täysin uudesta näkökulmasta. Suunnitelma on selkeä ja siinä on käytetty havainnollistavia kuvia. Yksityiskohtia ei kuitenkaan ole turhan tarkasti huomioitu. Toimeksiantajalle toimitettiin dokumentti kokoonpanotilan nykytilasta, kehitysehdotuksia sekä alustava suunnitelma materiaalivirtauksien ja sisälogistiikan kehittämiseksi.

Aihe oli erittäin mielenkiintoinen ja haastava. Opinnäytetyö opetti materiaalivirtauksien ja sisälogistiikan vaikutuksesta koko tuotantoketjuun. Sisälogistiikkaa kehittäessä täytyy huomioida todella paljon asioita, koska sen vaikutusalue on laaja.

Suunnitelman vaikutus tuotannon tehokkuuteen ja läpäisyajojen alentamiseen olisi merkittävä, koska suunnitelman avulla pystyttäisiin vähentämään hukkaa todella paljon. Suunnitelman kustannukset olisivat minimaaliset suhteutettuna muutoksista saatavaan hyötyyn. Suunnitelman avulla saataisiin selkeä ja kontrolloitava materiaalivirtaus ilman suuria investointeja. Toimivien virtauksien ansiosta tuotannon läpäisyajat, -ohjattavuus ja -tuottavuus parantuisivat.

Opinnäytetyön merkitys toimeksiantajalle on merkittävä. Suunnitelman jalostamista ja monistamista kannattaa jatkaa myös muille osastoille. Kokonaisuutena opinnäytetyötä voidaan pitää hyvin onnistuneena. Suunnitelman avulla toimeksiantajalla on mahdollisuus saada suurta hyötyä opinnäytetyöstä.



## LÄHTEET

1. Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus. 2021. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotannonsuunnittelu-ja-ohjaus/>. Hakupäivä 22.3.2021.
2. Visuaalinen ohjaus. 2021. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/materiaaliohjaus/visuaalinen-ohjaus/>. Hakupäivä 23.3.2021.
3. Toiminnanohjausjärjestelmä. 2021. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/toiminnanohjausjarjestelma/>. Hakupäivä 22.3.2021.
4. William, Whyte 2010. Cleanroom Technology Fundamentals of Design, Testing and Operation. United Kingdom: John Wiley & Sons.
5. File: Laminar Flow Reinraum.png. 2020. Wikimedia Commons. Saatavissa: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laminar\\_Flow\\_Reinraum.png?uselang=fi](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laminar_Flow_Reinraum.png?uselang=fi). Hakupäivä 29.3.2021.
6. File: Turbulenter Reinraum.png. 2020. Wikimedia Commons. Saatavissa: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbulenter\\_Reinraum.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbulenter_Reinraum.png). Hakupäivä 30.3.2021.
7. SFS-EN ISO 14644-1:2015. 2015. Puhdastilat ja puhtaat alueet. Osa 1: Hiukkaspitoisuuden perusteella tehtävä puhtausluokitus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Saatavissa: <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/417127.html.stx> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 24.3.2021.
8. Tulo-, sisä- ja lähtölogistiikka. 2021. Logistiikan maailma. Saatavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/logistiikka-ja-toimitusketju/tulo-sisa-ja-lahtologistiikka/>.

Hakupäivä 3.3.2021.

9. Tehokas sisälogistiikka, Opas yrityksen materiaali- ja tuotevirtojen kustannustehok-  
kaaseen käsittelyyn. 2020. Saatavissa: [https://www.transval.fi/wp-con-  
tent/uploads/2019/10/Sisa%CC%88logistiikan-opas-2020-final.pdf](https://www.transval.fi/wp-content/uploads/2019/10/Sisa%CC%88logistiikan-opas-2020-final.pdf). Hakupäivä  
4.3.2021.
10. Jokinen, Tauno 2020. Vaihtelu, ylikuormitus ja hukka. Oamk\_kone with passion.  
Lean with passion erikoisnumero vol. 2 nro 2. S. 16–18. Saatavissa: [https://is-  
suu.com/oamk\\_kone/docs/lean-erikoisnumero](https://is-<br/>suu.com/oamk_kone/docs/lean-erikoisnumero). Hakupäivä 24.3.2021.
11. Tuotannon layout. 2021. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa:  
<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/>. Haku-  
päivä 22.2.2021.
12. Hyllyvaunu 2-taso 1000x700mm 500 kg MDF tasolla. 2021. ETRA. Saatavissa:  
[https://www.etra.fi/fi/materiaalinkasittely-ja-kalusteet-e360/karryt-ja-vaunut-  
e3623/hyllyvaunut-2-tasoiset-e362325/hyllyvaunu-2-taso-1000x700mm-500kg-mdf-  
tasolla-e36232523](https://www.etra.fi/fi/materiaalinkasittely-ja-kalusteet-e360/karryt-ja-vaunut-<br/>e3623/hyllyvaunut-2-tasoiset-e362325/hyllyvaunu-2-taso-1000x700mm-500kg-mdf-<br/>tasolla-e36232523). Hakupäivä 30.3.2021.