



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Ossi Oittinen

# Loppukokoonpanon materiaalin logististen ongelmien ratkaiseminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

22.5.2019

Tekijä Otsikko	Ossi Oittinen Insinööriyön otsikko
Sivumäärä Aika	35 sivua + 2 liitettä 22.5.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaajat	Production Development Engineer Jenni Jatila Lehtori Markku Saarnio
<p>Tämän insinööriyön aiheena oli ratkaisun kehittäminen ABB:n Pitäjänmäen tehtaassa loppukokoonpanoon menevän materiaalin kuljetuksen haasteisiin. Työ tehtiin annetun ratkaisupäätöksen pohjalta ja keskittyy käytännön ratkaisuun sekä järjestelmämuutosten tutkimiseen.</p> <p>Työn tavoitteena oli antaa pohja myöhemmin toteutettavalle kehitysprojektille.</p> <p>Teoriaosuudessa käsitellään investoinnin takaisinmaksua, imu- ja työntöohjausta, jalostavan ajan käsitettä sekä riskienhallintaa. Ratkaisuun pyrittäessä tarkastellaan nykyisiä materiaalivirtoja, sekä niiden kustannus- ja turvallisuuskäsitteitä ja arvioidaan niiden ongelmia. Lopuksi vertaillaan eri ratkaisuita ja mietitään tarvittavia järjestelmämuutoksia.</p> <p>Työn aikana huomattiin, että ratkaisu on paljon enemmän kuin tekninen toteutus ja että lopputuloksen kannalta täytyy ajatella myös loppukäyttäjää. Huomattiin myös, että nostinjärjestelmän tueksi tarvitaan toimiva materiaalinseurausjärjestelmä.</p> <p>Ratkaisussa päädyttiin 10 tonniseen nostimeen ja automatisoituihin rullaratoihin. Ratkaisevaa oli joustavuus tulevaisuuden varalta ja tavoitteen tarkoituksenmukaisiin täyttäminen.</p>	
Avainsanat	Logistiikka, loppukokoonpano, nostinjärjestelmä, materiaalivirta.

Author Title Number of Pages Date	Ossi Oittinen Solving the Logistical problems of the Materials for Final Assembly 35 pages + 2 appendices 22 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Professional Major	Production Engineering
Instructors	Jenni Jatila, Production Development Engineer Markku Saarnio, Senior Lecturer
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was developing a solution for the logistics problems of the final assembly in Pitäjänmäki factory of ABB. The thesis was made based on a pre-selected resolution and will focus on the practical implementation and researching changes to the systems.</p> <p>The goal of the thesis was to provide a basis for a development project to be executed at a later date.</p> <p>In the theory part, the repayment time, push- and pull control, the concept of productive time and risk-control will be covered. When searching for solutions, the current flow of material and its costs and safety implications and their problems will be researched. Finally, different solutions are compared and their required system changes are addressed.</p> <p>During the study, it was noticed that the solution involves more than the mechanical implementation and for the end result to be desired, the end user must also be considered. It was also noted that a robust tracking system is needed to complement the mechanical system.</p> <p>In conclusion, the solution was a 10-ton lift and automated roller tracks. The deciding factors were flexibility, future-proofing and the most appropriate fulfilment of the given end goal.</p>	
Keywords	Logistics, final assembly, lifting system, material flow.

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tehtävän kuvaus	2
3	Teoreettiset lähtökohdat	3
3.1	Investoinnin takaisinmaksuperiaatteet	3
3.2	Imu- ja työntöohjausperiaatteet	4
3.2.1	Työntöohjaus	4
3.2.2	Imuohjaus	4
3.3	Jalostava aika vs. hukka.	5
3.4	PFMEA ja riskienhallinta	6
4	Nykytilan kuvaus	8
4.1	Materiaalivirrat	8
4.1.1	Staattorit	10
4.1.2	PT-navat	10
4.1.3	PI kokoonpanon tavarat	11
4.2	Henkilöstökustannukset	13
4.3	Turvallisuusnäkökulmat	14
5	Tavoitetilan kuvaus	16
5.1	Kokoonpanolinjan jalostavan ajan lisääminen	16
5.2	Kierrätyksen tehostaminen	17
5.3	Materiaalin liike	17
5.3.1	Liike tehtaan läpi	17
5.3.2	Materiaalivirrat Q- asemalla	19

6	Toteutusvaihtoehdot	20
6.1	Tavarahissi 2t nostokyvyllä	20
6.1.1	Layout-suunnittelu / muutokset	21
6.1.2	Tekninen toteutus	21
6.1.3	Asennusaikataulu	21
6.1.4	Järjestelmämuutokset	21
6.1.5	Kustannukset	21
6.2	Tavarahissi 2t nostokyvyllä ja rullaradat	22
6.2.1	Layout-suunnittelu / muutokset	22
6.2.2	Tekninen toteutus	22
6.2.3	Asennusaikataulu	23
6.2.4	Järjestelmämuutokset	23
6.2.5	Kustannukset	23
6.3	Tavarahissi 10t nostokyvyllä	24
6.3.1	Layout suunnittelu / muutokset	24
6.3.2	Tekninen toteutus	24
6.3.3	Asennusaikataulu	25
6.3.4	Järjestelmämuutokset	25
6.3.5	Kustannukset	25
6.4	Tavarahissi 10t nostokyvyllä ja rullaradat	26
6.4.1	Layout suunnittelu / muutokset	26
6.4.2	Tekninen toteutus	26
6.4.3	Asennusaikataulu	27
6.4.4	Järjestelmämuutokset	27
6.4.5	Kustannukset	27
6.5	Vertailu	27
6.5.1	Vaihtoehdot	27
6.5.2	Kuljetusten väheneminen ja riskit	28
6.5.3	Takaisinmaksuaika	30
6.6	Valintapäätös	30
7	Valitun vaihtoehdon jatkoselitys	33
8	Yhteenveto	35
	Lähteet	36

## Liitteet

Liite 1. Riskiarviomatriisi

Liite 2. Arkkitehdin kuvat

## Lyhenteet

ALPO-halli	Pitäjänmäen tehtaan osa, jossa suoritetaan loppukokoonpano
ERP	Enterprise Resource Planning, eli yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä. Tietojärjestelmä, johon on integroitu eri toimintoja, kuten tuotanto, jakelu ja kirjanpito
PI	Induktiokoneiden tulosyksikön tunnus
PT	Tahtikoneiden tulosyksikön tunnus
Q-asema	Tavaravastaanotto
RFID	Radio frequency identification. Tiedon etäluvuun ja -kirjoittamiseen kehitetty järjestelmä
SAP	Maailmanlaajuisesti käytetty yritysten toiminnanohjausohjelmisto

## 1 Johdanto

ABB Oy:n Motors and Generators yksikön Pitäjänmäen tehtaalla toimiva tavarantoimitusalue on eri tasossa ALPO-hallissa sijaitsevan loppukokoonpanon kanssa. Tavarat joudutaan tällä hetkellä kuljettamaan trukilla ramppia pitkin, joka kaiken lisäksi joutuu alakertaan kiertämään kauempaa. Ratkaisuksi on jo aiemmin päädytty siihen, että vastaanottoalueen seinään tehdään reikä, joka johtaa suoraan alakertaan. Kerrosten välissä on kuitenkin kahden metrin tasoero.

Aluksi selvitettiin nykytila ja liikkuvat tavaravirrat sekä tutustutaan niiden tuomiin turvallisuusriskeihin, minkä jälkeen kuvataan tavoitetila ja siihen liittyvät muutokset sekä niiden tuomat edut. Lopuksi suunnitellaan eriasteisia vaihtoehtoja ongelman ratkaisuksi ja selvitetään lyhyesti niiden vaatimat aika- ja budjetointitarpeet.

ABB syntyi, kun vuonna 1988 ruotsalainen ASEA ja sveitsiläinen Brown Boveri yhdistyivät. ASEA:n perusti vuonna 1883 Tukholmassa Ludvig Fredholm. Yrityksen osaamisalueisiin kuuluivat generaattorit, muuntajat, robotit, ydinvoimalat ja moottorit. Yhtiö valmisti myös synteettisiä timantteja. Brown Boveri syntyi 1891, kun Charles E. L. Brown ja Walter Boveri perustivat yrityksen Brown Boveri & Cie. Tämä yhtiö keskittyi generaattoreihin, juniin, turbiineihin ja muuntajiin. Nykyisin ABB työllistää noin 147 000 henkilöä ja toimii yli 100 maassa. Yhtymän pääkonttori sijaitsee Sveitsissä, Zürichissä.

Suomalainen Strömberg Oy myytiin vuonna 1980 ASEA:lle, ennen yhdistymistä Brown Boverin kanssa. Strömberg Oy perustettiin 1889 Helsingin Kampiin Gottfrid Strömbergin toimesta. Yhtiö valmisti huippuluokan sähkögeneraattoreita ja -moottoreita. 1900-luvulla Strömberg Oy osallistui vahvasti Suomen sähköistykseen. Nykyään Suomen ABB työllistää noin 5 300 henkilöä.

Pitäjänmäen Motors and Generators-yksikkö kehittää ja valmistaa alan parhaimpiin kuuluvia korkeajännitemoottoreita, kestopagneettimoottoreita ja dieselgeneraattoreita. Toinen tehdas sijaitsee Vaasassa ja valmistaa sekä kehittää pienjännitemoottoreita. Motors and Generators työllistää Suomessa noin 1 500 henkilöä.

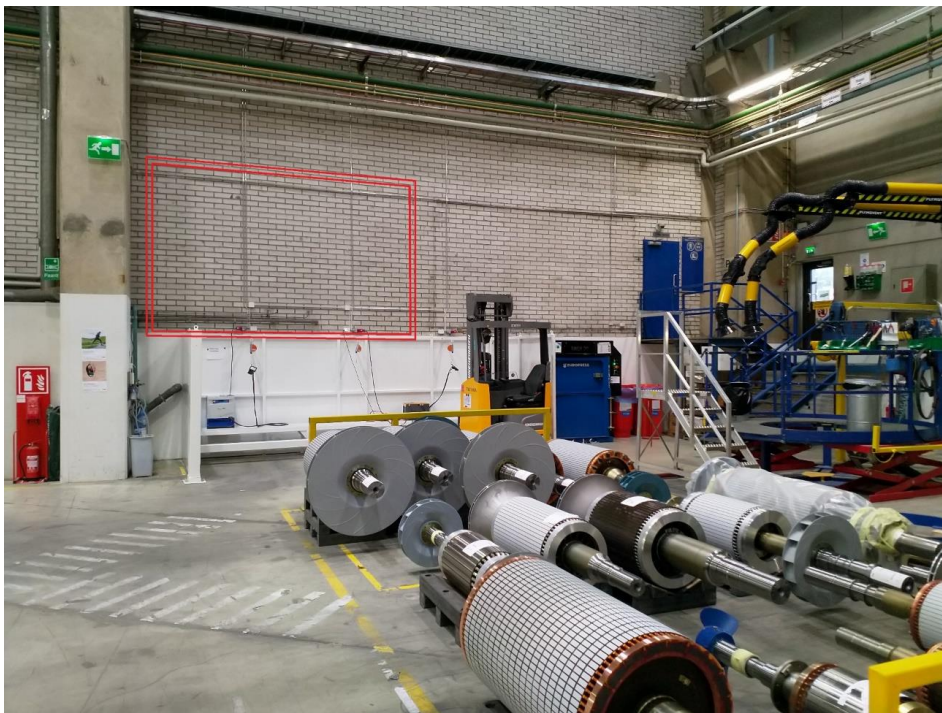


## 2 Tehtävän kuvaus

Tehtaalla loppukokoonpanoon ns. ALPO-halliin tuleva materiaali joudutaan kuljettamaan trukilla kiertoreittiä, ja lisäksi reittiin kuuluu pullonkaulana ramppi. Tavara tulee vastaanottoon, jota kutsutaan Q-asemaksi. Q-aseman seinään on päätetty tehdä reitti suoraan ALPO-halliin tavaravirran nopeuttamiseksi ja suoraviivaistamiseksi. Ovi on suunniteltu pylvään N35 viereen nykyisten trukinlatauspaikkojen kohdalle. Lisäongelmana valitussa ratkaisussa on lattiapintojen kaksimetrisen tasoero. Arkkitehdin piirustusten mukaan aukon korkeus tulee olemaan 3 000 mm ja leveys 3 300 mm. Aukkoon asennetaan myös palorullaovi, mikä pienentää aukkoa hieman. Aukon malliteltu sijainti ja koko näkyvät kuvasta 1.

Tällä projektilla pyritään tehostamaan kokoonpanotyötä ja lisäämään turvallisuutta poistamalla turhaa työtä ja selkeyttämällä materiaalin liikettä tehtaalla. Tavoitteena on lisätä erilaisilla toimilla induktiokoneiden kokoonpanon tuottavaa työaika.

Arkkitehdin kuvat löytyvät liitteestä 2.



Kuva 1. Suunniteltu aukko ja pylväs N35

### 3 Teoreettiset lähtökohdat

#### 3.1 Investoinnin takaisinmaksuperiaatteet

Investointia tehtäessä odotetaan, että investointi hyödyttää yrityksen toimintaa. Tämä saatu hyöty tulee olla tapauskohtaisesti vaaditulla tasolla investoinnin toteutumiseksi. Takaisinmaksuajan menetelmässä selvitetään aika, jonka kuluttua investointiin sijoitetut varat on investoinnin johdosta saatu takaisin kassaan, ts. maksaa itsensä takaisin. Monet investoinnit kilpailevat keskenään, ja takaisinmaksuajalla voidaan helpottaa niiden keskinäistä vertailua.

Investoinnin vähimmäisvaatimus on, että sen tuotto ylittää laskentakorkokannan. Se voi olla esim. pankkitililtä saatu korko, eli rahoilla ei tehtäisi mitään. Raha kasvaa korkoa, vaikka sillä ei tehdä mitään. Toisaalta esim. inflaatio vähentää rahan arvoa ja sama toimii tällöin toisinpäin.

Laskettaessa investoinnille täytyy myös määrätä pitoaika, eli kuinka kauan investoinnista oletetaan laskennallisesti olevan hyötyä. Tässä täytyy myös ottaa huomioon, että esim. laitteen fyysinen kestoaika ei ole sama kuin aika, jolloin uuden laitteen käyttöönotto olisi edullisempaa. Tämän jälkeen annetaan jäännösarvo, joka tarkoittaa laitteen arvoa sen käyttöiän lopussa. Jäännösarvo on usein 0 €.

Takaisinmaksuajan laskennan kaava on hyvin yksinkertainen. Lasketaan milloin investoinnin nettotuotto ylittää sen vaatimat hankintakustannukset, eli esim. 50 000 € hankintahinta ja 9 000 € :n nettotuotto:

$$\frac{\text{hankintakustannus}}{\text{vuotuinen nettotuotto}} = \frac{50\,000\text{€}}{9000\text{€/vuosi}} \approx 5,5\text{vuotta}$$

Tämä menetelmä ei ota huomioon investoinnin kannattavuutta, vaan sen rahoitusvaihtuksen, ja siksi sen rinnalla suositellaan käytettävän muitakin laskentatapoja kokonaisvaikutuksen saamiseksi.

[6.]

## 3.2 Imu- ja työntöohjausperiaatteet

### 3.2.1 Työntöohjaus

Työntöohjauksessa impulssi työn valmistukseen tulee valmiista suunnitelmasta, esim. tuotantosuunnitelmasta, eli asiakkaan tarpeet eivät vaikuta työn tekemiseen ja materiaa-  
liviaan. Työntöohjauksessa vallitseva ajatus on, että tuotetta tehdään ennalta päätetty  
määrä, joka pusketaan markkinoille.

[1.]

### 3.2.2 Imuohjaus

Imuohjauksessa ajatellaan, että varastointi lisää kustannuksia ja siitä tulisi pyrkiä eroon.  
Varastointi myös kätkee prosesseissa piileviä ongelmia, jolloin niitä ei saada esille ja  
ratkaistavaksi. Koska tuotantoa on käytännössä mahdotonta järjestää täysin varastotto-  
maksi, käytetään Lean- ajattelun mukaista systeemiä, jossa varastojen ja keskeneräisen  
tuotannon määrä on rajoitettu. Tuotteet valmistetaan vain, kun seuraava vaihe sitä pyy-  
tää ja tämä toimii koko valmistusketjun pituudelta loppuasiakkaalle asti.

Esimerkkinä imuohjauksen käytännön toteutuksessa on Kanban korttijärjestelmä, jossa  
kortit antavat luvan valmistaa ja kertovat samalla tarpeesta. Ilman korttia ei valmisteta ja  
korttien määrää muuttamalla voidaan säätää välivaraston kokoa. Toinen esimerkki on  
kaksilaatikkojärjestelmä, jossa tyhjä laatikko on impulssi täydennykselle, jolloin myös  
aloitetaan toinen laatikko. Näin materiaalia tulisi aina olla saatavilla, mutta liian suurta  
varastoa ei pääse syntymään.

Imuohjaus on sitä helpompi toteuttaa, mitä tasaisempaa kysyntä on ja mitä lyhyempiä  
täydennysajat ovat.

Käytännössä imu- ja työntöperiaatteita yhdistellään tuotannossa tarkoituksenmukaisen  
järjestelmän saamiseksi. Usein kattava asiakkaiden tarpeiden tarkka kartoitus ja poik-  
keavan pitkien toimitusaikojen huomioonotto ovat hyviä lähtökohtia tasapainotukselle.

[1.]

### 3.3 Jalostava aika vs. hukka.

Lean järjestelmä perustuu pääosin Toyota Production System:iin, josta se kehitettiin 1990- luvulla. Erityisesti Lean-tuotannossa kinnitetään suurta huomiota sille, mikä osa työstä tai ajasta menee lisäarvon antamiselle asiakkaalle. Asiakas voi olla esim. joko seuraava työpiste tai loppuasiakas. Lean-parannusmenetelmässä suurin hyöty saadaan Lisäarvoa tuottamattomien vaiheiden poistamisesta. Arvoa tuottamatonta aikaa kutsutaan hukaksi. Toyota tunnistaa kahdeksan hukan tyyppiä:

1. ylituotanto
2. odottelu
3. tarpeeton kuljettelu
4. ylikäsittely tai virheellinen käsittely
5. tarpeettomat varastot
6. tarpeeton liikkuminen
7. viat
8. työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen.

Työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen on otettu mukaan myöhemmin. Merkittävimpänä näistä pidetään ylituotantoa, sillä se aiheuttaa suurimman osan muusta tuhlauksesta. Mikäli tuotetaan varastoon, se johtaa muuhun epäoptimaaliseen toimintaan ja heikentää motivaatiota jatkuvaan parantamiseen. Mikäli ongelmia ei voida helposti paikata varastoilla, ne eivät myöskään jää piiloon ja ne voidaan korjata. Tämä tehottomuuden poisto ja virtauksen parantaminen on Lean-ajattelun ytimessä.

Lean valmistuksessa ylivoimainen valmistustapa on yksiosainen virtaussolu. Se tarkoittaa, että kaikki työkoneet ja ihmiset ovat yhdessä solussa peräkkäin. Tuotteet valmistetaan yksikkö kerrallaan asiakkaan tilauksesta asiakkaan kysynnän määräämällä tahdilla ja mahdollisimman pienellä odottelulla ja viiveellä. Yksiosaisen virtaussolun periaatetta pyritään soveltamaan kaikkiin operaatioihin tuotesuunnittelun ja asiakkaalle kuljetuksen välillä.

[3.]

### 3.4 PFMEA ja riskienhallinta

PFMEA eli *Process Failure Mode and Effects Analysis* on metodinen lähestyminen prosessimuutosten riskeihin. PFMEA identifioi eri funktiot, erilaiset virhemuodot ja niiden vaikutukset prosessiin. Jokaiselle virheelle tai vaaran vakavuudelle annetaan numeroarvo. Tämän jälkeen syyt virheisiin ja niiden mekanismit tunnistetaan. Suuri todennäköisyys antaa syyn ehkäiseville toimille. Tapahtumille annetaan RPN, eli *Risk Priority Number*, jonka muutoksen mukaan voidaan kehitystä tarkastella ja dokumentoida pidemmällä aikavälillä.

Riski on sama kuin virhe uudessa prosessissa. Riskien kartoitus kannattaa tehdä joka vaiheelle mahdollisimman aikaisin. Pää tavoite on riskien tunnistaminen ennen laitteiston hankintaa. Riskit tunnistetaan uusissa prosesseissa, jotta ne eivät toteutuessaan johtaisi virheisiin.

PFMEA :ta käytetään, kun

- otetaan käyttöön uusi prosessi tai uutta teknologiaa
- muutetaan jo olemassa olevaa prosessia
- prosessin olosuhteet muuttuvat, esim. siirretään muualle (ei muutosta itse prosessiin).

PFMEA-analyysi on käytännössä kaavio, jossa eri kohteet ja niiden riskien vakavuudet ja todennäköisyydet luetellaan. Analyysiä ei tehdä kokonaan kerralla, vaan projektin kuluessa. Todennäköisyyksille ja vakavuuksille annetaan numeeriset arvot 1-10, 10 :n ollessa todennäköisin tapahtuma, tai vakavin seuraus. Kolmas arvo annetaan sille, kuinka helppo tapahtuma, tai virhe on havaita ja sitä kautta ennaltaehkäistä, ennen sen pääsyä eteenpäin. Näitten perusteella voidaan laskea edellä mainittu RPN: Vakavuus x Todennäköisyys x Havaitseminen. Esim.  $4 \times 3 \times 5 = 60$ . Numerolle ei tule antaa rajaa, jonka ylittyessä ruvetaan toimenpiteisiin, sillä silloin suunnittelua voidaan tehdä vain, jotta päästään raja arvon alle. Tällöin ei katsota itse prosessia ja sen riskejä, vaan numeerista arvoa.

PFMEA :n tarkoitus on saada aikaan tekoja. Siksi analyysissä luetellaan myös mahdollisia toimenpiteitä riskien pienentämiseksi. Toimenpiteet kohdistetaan jollekin annetulle arvolle. Tavoitteena on eliminoida kaikkein vakavimmat, vähentää todennäköisyyksiä poistamalla epävarmuustekijöitä, sekä parantaa havainnointia kehittämällä testausta ja tarkastusta.

Lopuksi luetellaan tehdyt toimenpiteet. PFMEA :n tarkoitus olisi tuoda korkean riskin kohteet hyväksyttävälle tasolle. On otettava huomioon, että on pyrittävä hyväksyttävälle tasolle, ja riskin vähentäminen, ei jääräpäinen kokonaan poisto, on päätavoite. Uudelleen laskettua RPN-arvoa tulisi verrata aikaisempaan. Riski saattaa olla toimenpiteiden jälkeenkin liian suuri, jolloin uudet toimenpiteet tulee ottaa käyttöön. Tätä toistetaan, kunnes päästään hyväksyttävälle tasolle.

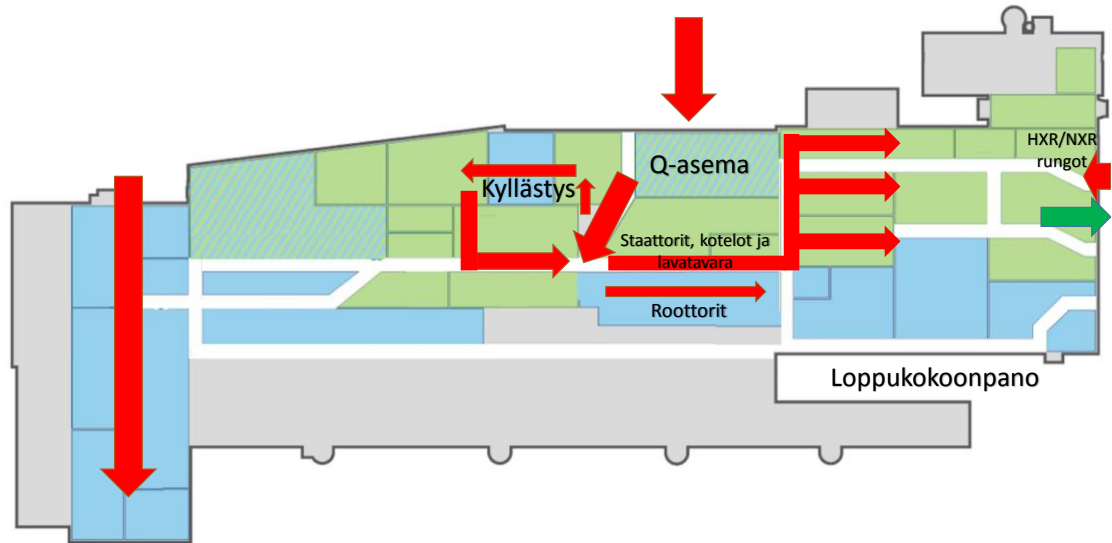
[5.]

## 4 Nykytilan kuvaus

Tässä kappaleessa selvitetään, mitä materiaalia tällä hetkellä kulkee ja kuljetusten tämänhetkiset järjestelyt.

### 4.1 Materiaalivirrat

Kokoonpanossa ei ole vakioitua järjestelmää, jolla tarvittavien osien liikkumista tai tarvetta voidaan ennustaa. Tarvittavat osat kutsutaan kotiinkutsuperiaatteella, joka tarkoittaa, että työnjohto tilaa työnumero kerrallaan kaikki kokoonpanossa tarvittavat osat Q-asemalle. Materiaalinhojaus tehdään SAP-järjestelmällä. Sen jälkeen työntekijät hakevat itse tarvitsemansa osat tavaravastaanotosta, kun kokoonpanovaihe sitä vaatii. Kun työnjohtaja tekee kotiinkutsun, menee tieto Juvanmalmin varastolle. Siellä tarvittavat osat kerätään ja tämän jälkeen kirjataan ERP-järjestelmään, että tavarat on kerätty. Tästä eteenpäin tavaroiden kohtalosta ei ole minkäänlaista merkintää. Materiaali joko saapuu, tai ei saavu ja häviämistapauksessa jokainen ketjun piste Juvanmalmita koneeseen on mahdollinen olinpaikka. Q-asemalla ei kuljetusta vastaanoteta ja kirjata, vaan katsotaan mitä on tullut ja kenelle menossa. Tämän jälkeen joko osasto hakee itse materiaalin, tai se kuljetetaan osastolle. Mikäli kotiinkutsu tehdään aamulla, voidaan kuljetusta yleensä odottaa samalle päivälle, muutoin kuljetus saattaa mennä seuraavalle päivälle.



Kuva 2. Materiaalivirrat.

Kuvassa 2 on havainnollistettu tehtaan sisäisiä materiaalivirtoja. Q- asemalta liikkuvat tavarat on ryhmitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. Q- asemalta kulkevien kappaleiden mittoja

Mittoja					
	PT navat	Staattorit	Rungot	Kotelot	Lavat
Kpl			22	22	100
Suurin koko (cm)	Ø150 x 800	Ø120 x 210	150 x 150 x 220	110 x 110 x 180	
Suurin paino		6000 kg			
Pienin koko (cm)	Ø100 x 400	Ø60 x 90	100 x 100 x 180	100 x 100 x 150	
Pienin paino		700 kg			



#### 4.1.1 Staattorit

Staattoreista (kuva 3) suurin osa käy ensin kyllästyksessä, jonka jälkeen ne siirtyvät kääninnässä suoritettavan tarkastuksen jälkeen kokoonpanoon tai puskurivarastoon.



Kuva 3. Staattoreita

#### 4.1.2 PT-navat

Roottorin navat (kuva 4) menevät tahtikoneiden roottorinvalmistukseen.



Kuva 4. Tahtikoneen Roottorin napa, jossa asennus kesken.

#### 4.1.3 PI kokoonpanon tavarat

PI kokoonpanon materiaalin kulku oli tämän työn pääasiallisena kehityskohteena ja siihen kuuluvat lavat, rungot ja kotelot (kuvat 5-7). Kuljetusten määrät on esitelty taulukossa 2.

Lavoilla kulkee osat ja pienosat yht. ~100 lavaa /viikko. Lavat sisältävät tiettyyn työnumeroon kuuluvia osia.



Kuva 5. PI kokoonpanon lavatavarat.



Kuva 6. Runko



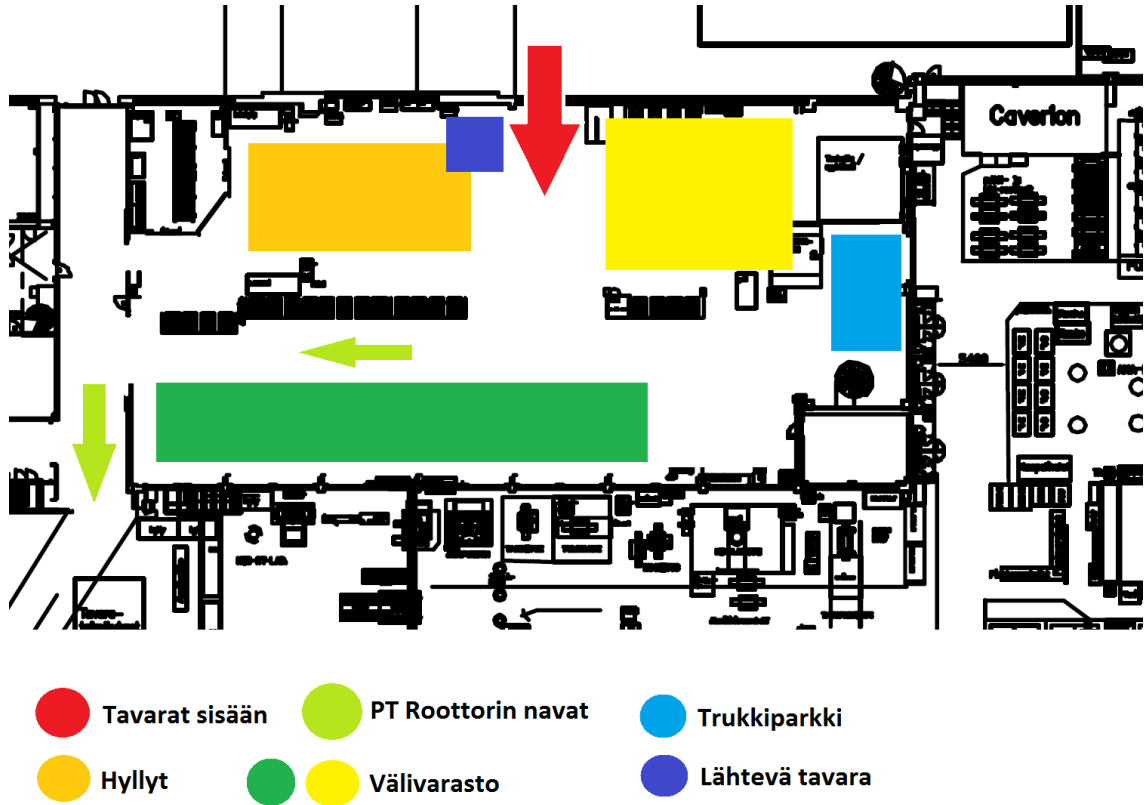
Kuva 7. Kotelo

Taulukko 2. Kuljetusten määrät taulukossa

Määrät /viikko	
Lavat	100
Rungot	22
Kotelot	22
Yht.	144

Määrät on saatu kokoonpanon valmistuneista koneista ja niihin tarvittavien kuljetusten määrästä. Kuormat siirretään tällä hetkellä lähes kaikki trukilla tai harvemmin jotralla. Molemmat vaihtoehdot tarvitsevat koko kuljetuksen ajaksi vähintään kuljettajan ja mahdollisesti myös apumiehen.

Q- aseman sisäistä järjestelyä on esitetty kuvassa 8. Tavaroiden virallinen järjestys on päässyt vuosien aikana hajoamaan, ja alueella on myös tavaraa, jonka omistajasta ei välttämättä ole enää tietoa, tai se on ollut hyllyssä vuosikaudet. Tuntematonta materiaalia hävitetään ajoittain.



Kuva 8. Q- asema

## 4.2 Henkilöstökustannukset

Trukinkuljettajan mukaan yksi kuljetus Q-aseman ja ALPO-hallin välillä vie noin 10-15 minuuttia. Tästä laskettuna 30 €/ tunti 13 min ajalla kuljetusten henkilöstökustannukseksi tulee:

$$\frac{13 \text{ min}}{60 \text{ min/h}} * \frac{30 \text{ €}}{\text{h}} = 6.5 \text{ €}$$

Taulukossa 3 on laskettu arvioituja kuljetusten henkilökustannuksia eri aikaväleillä.

Taulukko 3. Kuljetusten henkilökustannusarviot

Kuljetusten henkilökustannukset	
KPL	6,50 €
Viikko	~1 000 €
Kuukausi	~4 400 €
Vuosi	~53 000 €

Tämän lisäksi kuljetukseen on vuosittain sidottuna käytännössä yksi trukki. Trukille voidaan laskea 400 € kuukausivuokra, eli vuosikustannus on 12\*400€=4800€. Jos kuljetuksia on 144 kappaletta/viikko, ja yhden kuljetuksen keskimääräinen aika on 13min, niin 144x13/60=31.2h eli yksi trukki on koko ajan 8h/päivä käytössä.

## 4.3 Turvallisuusnäkökulmat

Työturvallisuus on tuotannon yksi keskeisimpiä painopisteitä. Se liittyy vahvasti laatuun ja tuottavuuteen. Tällä hetkellä materiaalin liikuttelu on erityisessä tarkastelussa johtuen tehtaan rakenteellisista haasteista.

Ylä- ja alakerran välissä oleva luiska (kuva 9) on pullonkaula ja ainoa tehtaan sisäinen trukkireitti kerrosten välillä. Yhä painavampien koneiden kuljetus muodostaa yhä kasvavan turvallisuusriskin. Tasoero tuo trukkien jo valmiiksi haasteelliseen käyttöön lisää

epävarmuuksia, etenkin raskaampien kuljetusten kanssa. Asiaa ei helpota, että luiskaa voi kulkea vain yhteen suuntaan kerrallaan, ja näin trukinkuljettajien täytyy huomioida lisäksi mahdollinen muu liikenne luiskalla. Tämä on täysin trukinkuljettajien omalla vastuulla, ja käytännössä liikenne tapahtuu trukikuskien välisen liikennekulttuurin mukaan. Kaiken liikenteen vähentäminen tehdasalueella vähentää turvallisuusriskejä ja nykytilassa liikettä edes takaisin on huomattavan paljon. Trukkien kulkureiteillä on muitakin paikkoja, jossa kohtaamiset ovat erityisen haasteellisia. Kääntymispisteissä ja risteyksissä rajoitettu näkyvyys korostuu.



Kuva 9. Luiska kuvattu ylhäältä

## 5 Tavoitetilan kuvaus

Tässä kappaleessa käsitellään mitä asioita halutaan parantaa jalostavan ajan ja materiaalin liikkeen suhteen.

### 5.1 Kokoonpanolinjan jalostavan ajan lisääminen

Tavoitteena on, että työntekijä voi keskittyä siihen työhön, johon hänet on alun perin palkattu. Poistamalla tuotteen valmistumisen kannalta turhaa työtä, kuten pakkauksen poistoa lavojen ympäriltä, voi kokoonpanija käyttää aikaansa enemmän itse kokoonpanoon. Esim. pakkausmateriaalin poiston siirto kokoonpanijalta vaikkapa jo Q-asemalle lisäisi jalostavaan työhön saatavilla olevaa aikaa. Olisi myös tehokasta, jos työntekijän tarvitessa seuraavan vaiheen osia, ne olisivat nopeasti saatavilla ja käyttövalmiina, eivätkä hyllyssä odottamassa hakemista. Vaiheistetussa työssä kullekin työvaiheelle on määriteltävä sen vaatima materiaali. Tämän materiaalin määrittelyä ja keräämistä kutsutaan setitykseksi ja sen on tarkoitus vastata juuri tähän ongelmaan.

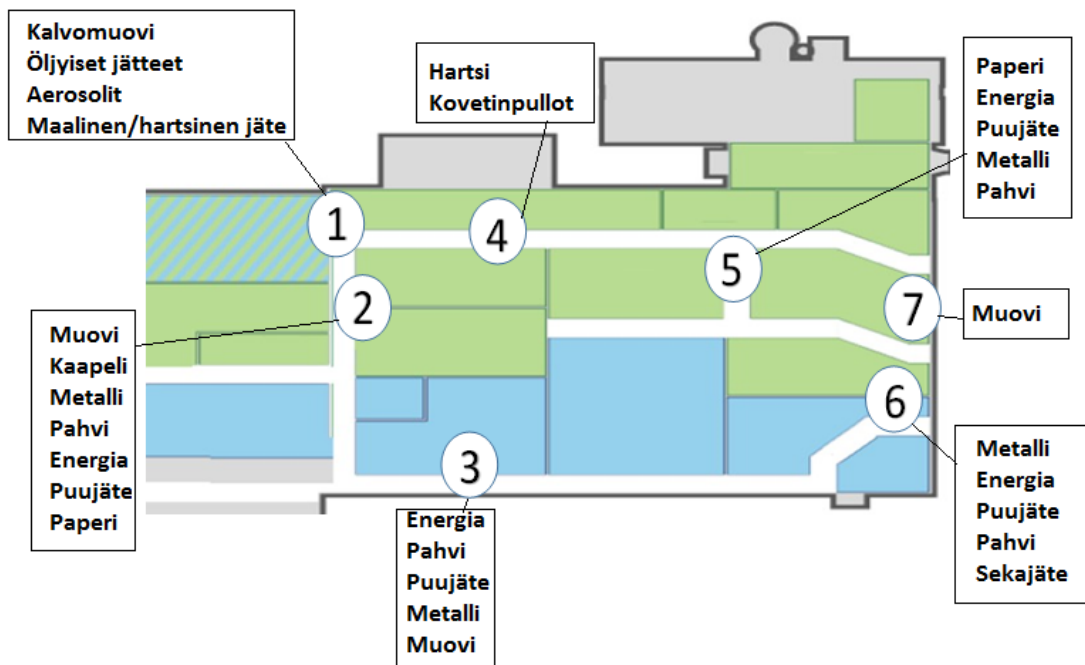
Juvanmalmille on myös siirretty osakokoonpano. Laite tulee valmiimpana Pitäjänmäelle, mikä vähentää tehtaalla tarvittavaa kokoonpanoa. Osia on kiinnitetty jo ennen matkaa, joten päästään eroon muutamasta vaiheesta. Tarkoituksena on vähentää Pitäjänmäellä tapahtuvaa ylimääräistä liikettä. Taulukossa 4 on eritelty jalostavaa ja jalostamatonta työtä kokoonpanossa.

Taulukko 4. Jalostava työ loppukokoonpanossa

Jalostava	Ei jalostava
Kokoonpano	Nostot
	Pakkausmateriaalin poisto
	Osien/työkalujen etsiminen
	Turha liikkuminen
	Osien odottaminen/hakeminen

## 5.2 Kierrätyksen tehostaminen

Tehtaalle on sijoitettu kierrätyspisteitä (kuva 10), joihin työntekijät vievät kokoonpanossa syntyvät jätteet. Nykyään menee paljon aikaa, kun joka vaiheessa viedään roskaa pois ja kävellään edes takaisin. Mikäli kierrätykseen kuluva aika pystyttäisiin vähentämään, tai optimaalisessa tilanteessa jopa kokonaan poistamaan, pystyisi kokoonpanija keskittymään itse koneen kokoamiseen. Kierrätyksen helpottaminen on avaintekijä sen toteuttamisen varmistamiseksi. Lajittelua ja muuta jätteistä huolehtimista ei todennäköisesti pystytä kokonaan poistamaan, vaikka sen siirtäisi toiseen kohtaan tavaroiden matkaa tehtaalla, mutta siihen on kuitenkin pyrittävä.



Kuva 10. Kierrätyspisteiden sijainti loppukokoonpanossa.

## 5.3 Materiaalin liike

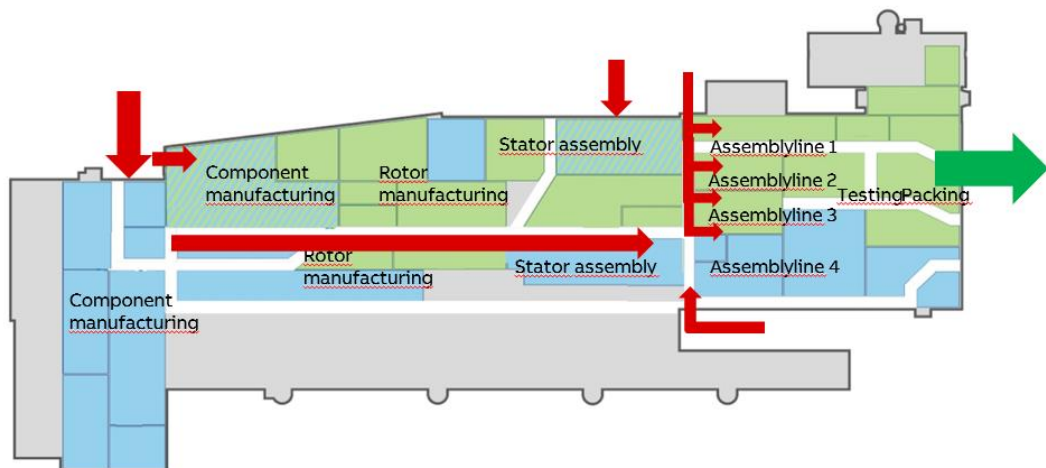
### 5.3.1 Liike tehtaalla

Tieto tavaran olinpaikasta on ehdoton sen tehokkaaseen hyödyntämiseen. Mikäli joudutaan käyttämään aikaa etsimiseen, on se pois muulta tekemiseltä. Tehtaalla tavaran tu-



lisi liikkua loogisesti ja sujuvasti kaikkien tiedossa olevaa reittiä. Pelkkä kotiinkutsu tehtaalle jättää vielä mahdollisuuden tavaran katoamiseen tehtaan sisälle, vaikka hyllypaikat yms. olisivatkin tiedossa. Tiedon epätäydellisen välittymisen lieveilmiöiden vähentäminen poistaa epätehokkuuksia. Työntekijä kuulee, että tavara on hyllyssä x, minkä jälkeen kävelee hakemaan sitä, mutta paikka onkin muuttunut. Alkaa uusi selvitys, johon menee turhaan resursseja. Työntekijän kannalta helpoin, yksinkertaisin ja vähiten työläs järjestelmä on paras vaihtoehto tuotannon tehokkuuden kannalta.

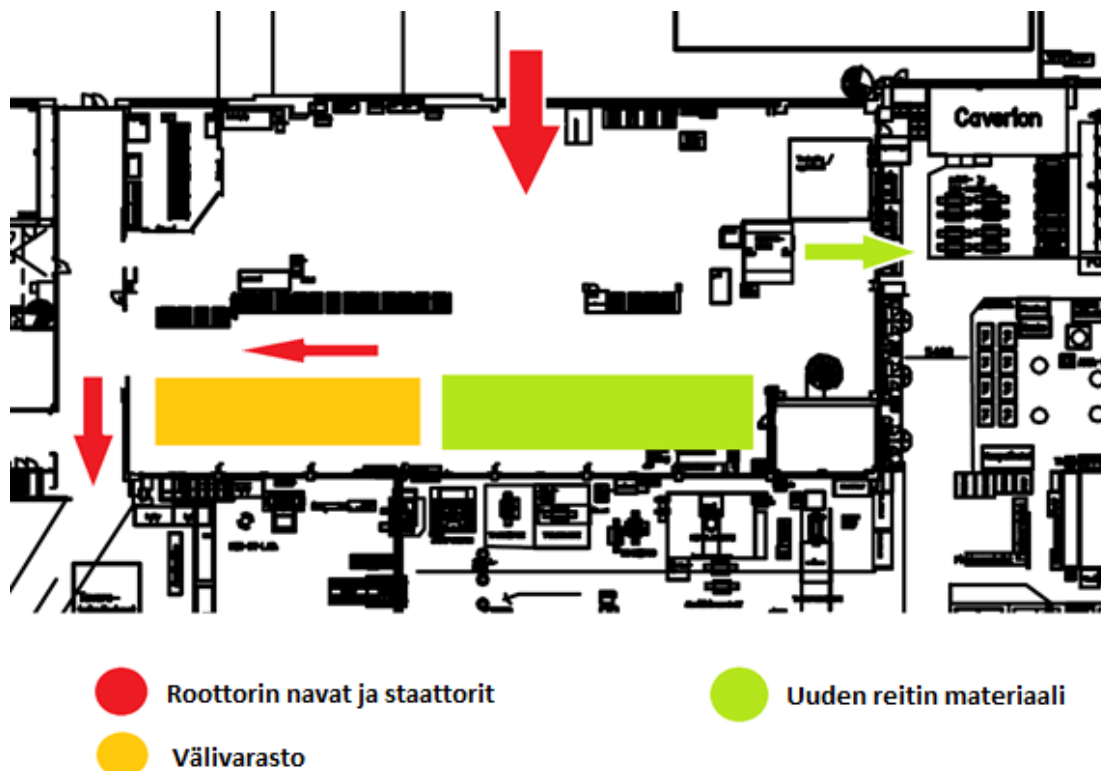
Tavoitteena on, että kaikki ALPO-hallissa tarvittava materiaali kulkisi uutta reittiä, mutta tämä tulee riippumaan siitä, mitä kaikkein painavimpien kuormien kanssa tehdään. Esimerangot painavat moninkertaisesti muihin osiin nähden, ja näin vaativat tehokkaammat ja samalla kalliimmat laitteet. Kuva 11 havainnollistaa tavoiteltua materiaalin kulkua.



Kuva 11. Materiaalin tavoiteltu kulku

### 5.3.2 Materiaalivirrat Q- asemalla

Myös Q- aseman sisäinen logistiikka täytyy uudistaa uutta reittiä palvelevaksi. Osa materiaalista kulkee uutta reittiä, joten samalla voisi järjestellä uudelleen ja selkeyttää alueen järjestelyjä. Uutta reittiä menevä materiaali voitaisiin erottaa jo Q- asemalla muuta reittiä menevästä. Kuvassa 12 on hahmoteltu uusia reittejä.



Kuva 12. Q- aseman materiaalivirrat

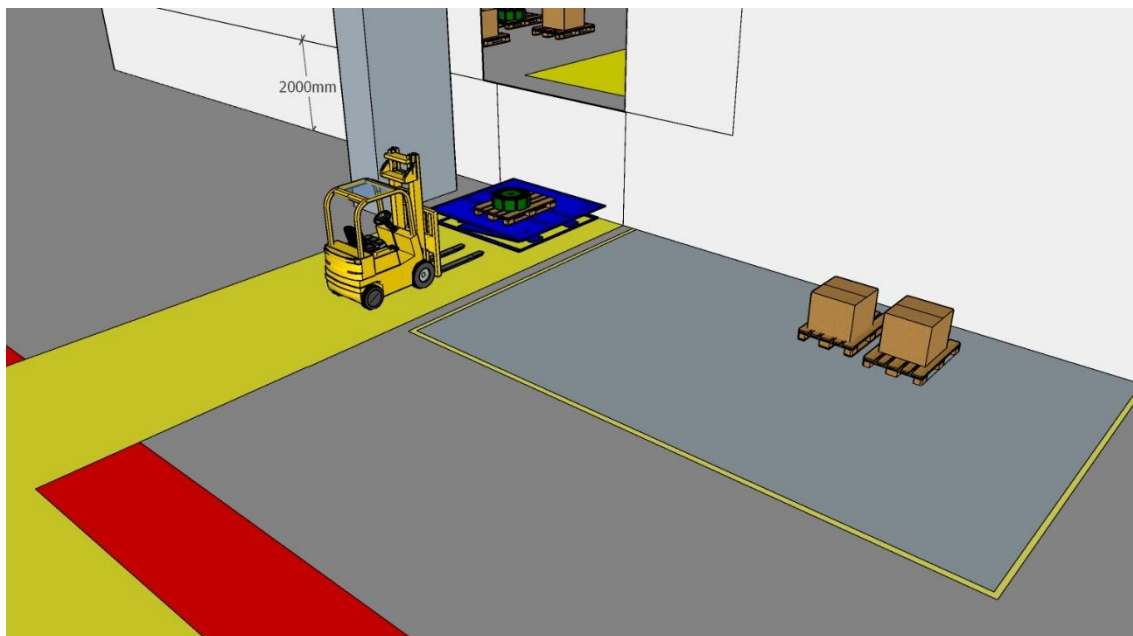
## 6 Toteutusvaihtoehdot

Ratkaisuksi logistisiin ongelmiin oli jo aiemmin päätetty, että tilojen väliseen seinään tehdään reikä, jonka kautta materiaali kulkisi. Ainoat alkutiedot olivat arkkitehtitoimiston tekemät piirustukset tulevasta aukosta. Tässä vaiheessa harkittiin erilaisia toteutustapoja pelkästä reiästä, josta trukki suoraan hakisi tavarat, täysin automatisoituun robottijärjestelmään. Tavarahissi vaikutti lopulta loogisimmalta vaihtoehdolta ja sen toteutuksesta tehtiin muutamia karkeita luonnoksia. Tämän jälkeen otettiin yhteyttä Ferroplan-nimiseen yritykseen, joka suunnittelee ja toteuttaa tarvittavan tyylisiä logistisia ratkaisuja, sekä oli valmiiksi ABB:n toimittajalistoilta. Arvioita eritasoisista ratkaisuista kyseltiin ja niistä koottiin erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja.

Kuvista puuttuvat suojahäkit ja palorullaovi selkeyden vuoksi.

### 6.1 Tavarahissi 2t nostokyvyllä

Yhdeksi versioksi otettiin ratkaisu, jossa vain lavatavarat liikkuvat hissin kautta ja suu-remmat kuljetetaan vanhaan tapaan trukilla (kuva 13).



Kuva 13. 2t hissi

### 6.1.1 Layout-suunnittelu / muutokset

Hissi vaatii vain vähän tilaa molemmista päistä. Enemmän tilaa veisivät mahdolliset puskurialueet, joihin lavoja voitaisiin sijoittaa. Puskurit voitaisiin mitoittaa joko esim. koko päivän tarpeelle tai yksittäisille seteille.

### 6.1.2 Tekninen toteutus

Ratkaisussa on kahden tonnin hissi, johon yläpäässä lastataan lava kerrallaan ja alhaalla puretaan. Kävi jo aluksi selväksi, että suurimpien kuormien liikuttamiseen ei ollut valmiiksi saatavilla olevaa tuotetta, joten tässä vaihtoehdoksi otetaan ns. vakiotavaraa. Nostimen koko on noin 2 x 2 metriä.

### 6.1.3 Asennusaikataulu

Tavarahissi on vakiotuote, joten sen toimitusaika on arviolta 10 viikkoa ja asennusaika noin 1 viikko. Asennukseen tulee varata aikaa nykyisen trukin latauspisteen purkuun ja materiaalinlaskupaikan rajaamiseen. Itse tavarahissi tarvitsee vain lattiaan kiinnittämisen ja sähköistyksen.

### 6.1.4 Järjestelmämuutokset

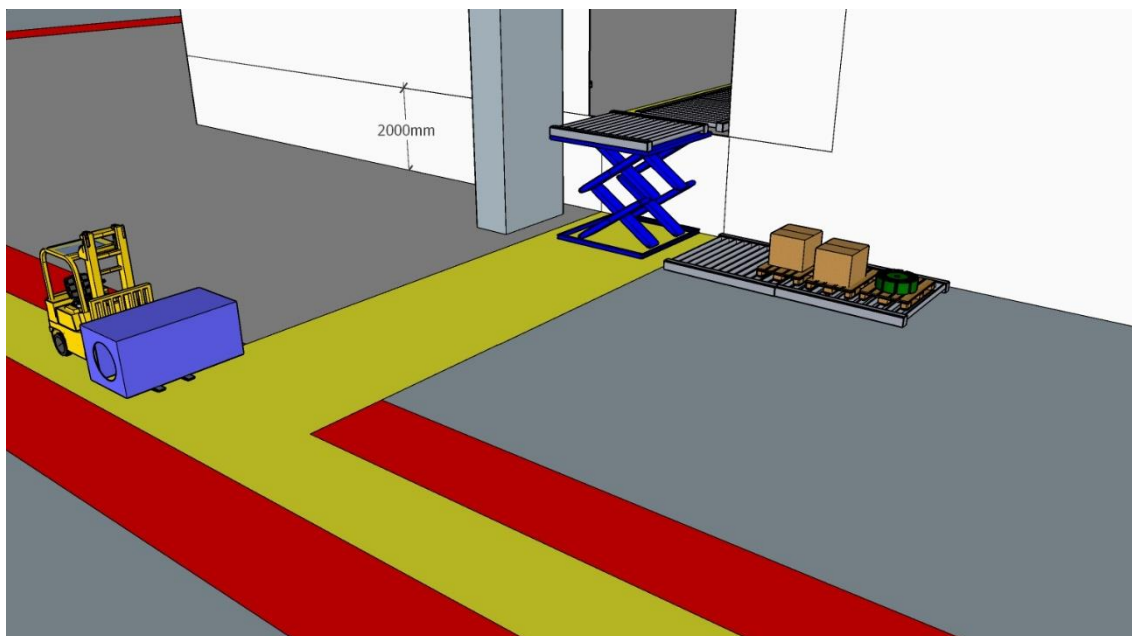
Ratkaisu vaatii lastaajan ja purkajan hissien toiminnan sujuvuuden turvaamiseksi. Tuotannon puolen ja Q- aseman täytyy sopia, milloin tavara tulee hissiin ja olla samaan aikaan paikalla, ellei jompikumpi hoida itse molempia päitä. Isoa järjestelmämuutosta ei tarvita mutta erittäin tarkasti ohjeistettu ja johdettu prosessimuutos on tarpeen, jotta tavarahissi palvelee tuotantoa paremmin kuin nykyinen luiska.

### 6.1.5 Kustannukset

Pelkän hissien hinta on 10 000 €. Tähän tulee lisäksi vielä asennukset, sähköistys, turvalistaminen ja tarvittavat pukutyöt, joten kokonaishinnaksi ilman palorullaovea tulee noin 25 000 €.

## 6.2 Tavarahissi 2t nostokyvyllä ja rullaradat

Kuvassa 14 on mallinnettu tämä vaihtoehto.



Kuva 14. 2t hissi ja rullaradat

### 6.2.1 Layout-suunnittelu / muutokset

Tässä vaihtoehdossa kahden tonnin hissiin on liitetty rullaradat molempiin päihin. Radat vievät hieman tilaa lattialta mutta nopeuttavat tavarankäynnin purkamista itse tavarahissiltä. Näin tavarahissistä ei pääse muodostumaan pullonkaulaa kuten nykyinen luiska on.

### 6.2.2 Tekninen toteutus

Ratkaisussa on 2t nostimen lisäksi automatisoidut rullaradat molemmissa päissä. Rullaradat ovat myös vakiotavaraa. Kuljettimissa on 80 mm :in rullat 200 mm :in jaolla. Rullakuljettimen nopeus on 0,15 m/s. Kuljettimien pituus on 3m molemmissa päissä ja sen leveys on 2200mm. Itse nostimen koko on noin 2 x 2 metriä.

### 6.2.3 Asennusaikataulu

Tavarahissi on vakiotuote, joten sen toimitusaika on arviolta 10 viikkoa ja asennusaika noin 1 viikko. Asennukseen tulee varata aikaa nykyisen trukin latauspisteen purkuun ja materiaalinlaskupaikan rajaamiseen. Itse tavarahissi tarvitsee vain lattiaan kiinnittämisen ja sähköistyksen. Rullaradat ovat vakiotavaraa.

### 6.2.4 Järjestelmämuutokset

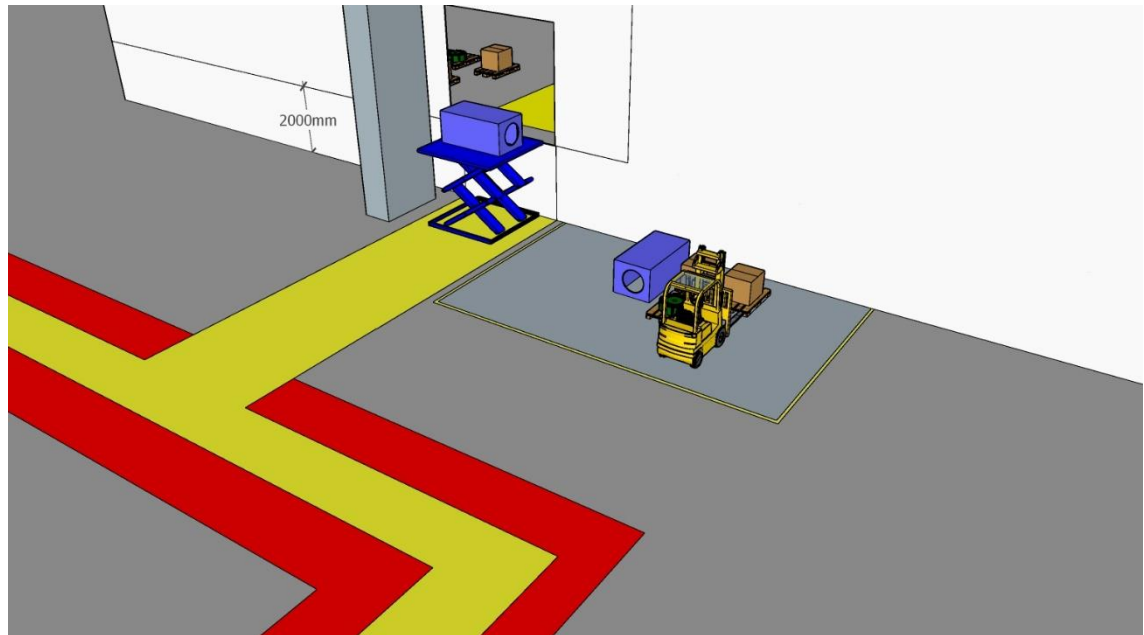
Automaattinen hissi vapauttaa trukinkuljettajan pitkästä reitistä ja vain seinältä kuljetus vaaditaan. Rullakuljettimen ansiosta koko setti mahtuu kerrallaan hissijärjestelmään, eikä alas vaadita erikseen trukkia purkamaan materiaalin liikkumisen jatkumiseksi. Painavimpien kuormien kuljetus täytyy vieläkin järjestää vanhaa reittiä pitkin. Tästä huolimatta uusi prosessi vaatii tarkan ohjeistuksen ja uuden prosessikuvauksen.

### 6.2.5 Kustannukset

Hissi ratoineen maksaa 22 000 €. Asennukset, sähköistys ja turvallistaminen 26 000 € eli yhteensä ilman palorullaovea 48 000 €.

### 6.3 Tavarahissi 10t nostokyvyllä

Vaihtoehto on mallinnettu kuvassa 15.



Kuva 15. 10t hissi

#### 6.3.1 Layout suunnittelu / muutokset

Itse hissi ei vie paljoa tilaa, mutta mahdollinen puskurialue vaatii enemmän tilaa.

#### 6.3.2 Tekninen toteutus

Tavarahissin vaatima tila on sama kuin kahden tonnin versiossa. Isompi hissi mahdollistaa kaiken materiaalin kuljettamisen kerrosten välillä. Näin suurella nostokyvyllä varustettu hissi täytyy tilata ja valmistaa erikseen, koska sellaista ei löydy valmiina. Nostimen koko on noin 2 x 2 metriä.

### 6.3.3 Asennusaikataulu

Suuremman nostokyvyn hissi on valmistettava tilaustyönä, joten sen toimitusaika on pidempi, noin 18 viikkoa. Asennus kaikkineen kestää noin 2-3 viikkoa. Asennukseen tulee varata aikaa nykyisen trukin latauspisteen purkuun ja materiaalinlaskupaikan rajaamiseen. Itse tavarahissi tarvitsee vain lattiaan kiinnittämisen ja sähköistyksen.

### 6.3.4 Järjestelmämuutokset

Trukilla ei tarvitse enää ajaa rampin kautta, mutta hissien käyttöä täytyy olla vahtimassa molemmissa päissä jatkuvasti. Toisen pään täytyy odottaa toisen toimintaa; mikäli alapää ei tyhjennä hissiä, ei seuraavaa kuormaa voi lastata. Ei vaadi siis erillisiä järjestelmämuutoksia mutta prosessin kuvaus ja ohjeistus on tarpeen.

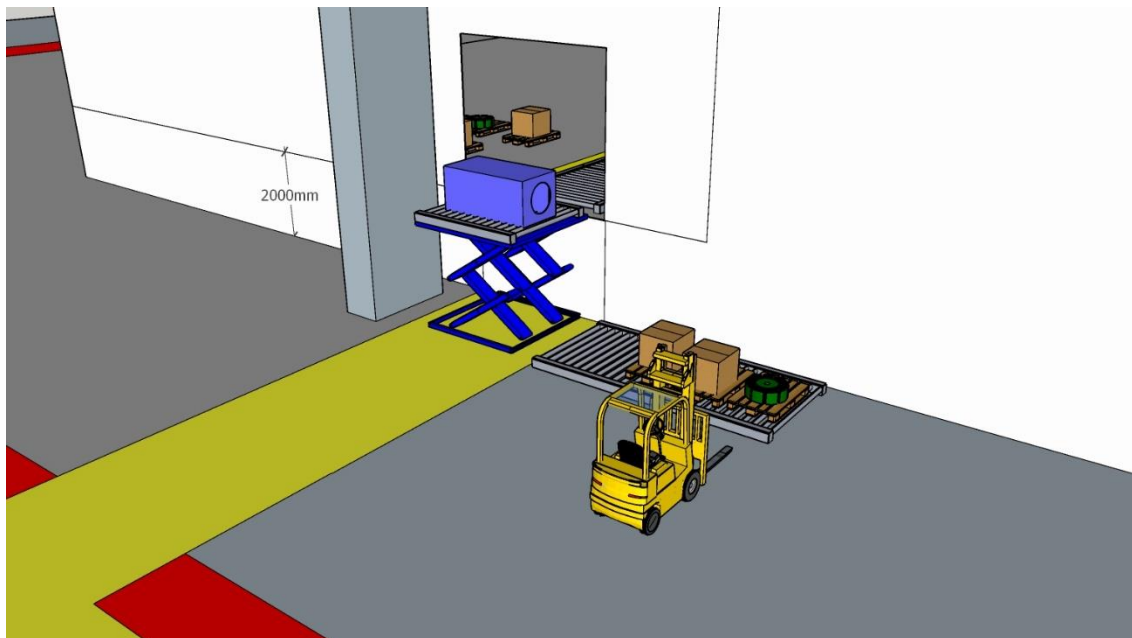
### 6.3.5 Kustannukset

Pelkän nostolaitteen hinta on 42 000 €. Tähän päälle vielä asennukset Sähköistys ja turvallistaminen vajaa 20 000 € ja loppusummaksi tulee ilman ovea noin 60 000 €.



## 6.4 Tavarahissi 10t nostokyvyllä ja rullaradat

Kuvassa 16 on mallinnettu tämä vaihtoehto.



Kuva 16. 10t hissi ja rullaradat

### 6.4.1 Layout suunnittelu / muutokset

Ratkaisu vaatii rullaradalle Q- aseman puolelle tilan vanhan trukinlatauspaikan kohdalle ja alapuolelle tilan alakerran trukinlatauspaikan tilalle.

### 6.4.2 Tekninen toteutus

Rullakuljettimet liikuttavat automaattisesti seuraavan kuorman hissiin, joka laskee sen alemmalle rullakuljettimelle. Hissi on mitoitettu 10 tonnin kuormalle. Kuormat tulevat jonoon alapäähän. Kuljettimissa on 168 mm :in rullat 200 mm :in jaolla. Rullakuljettimen nopeus on 0,15 m/s. Kuljettimien pituus on 3m molemmissa päissä ja sen leveys on 2200mm. Nostimen koko on noin 2 x 2 metriä.

### 6.4.3 Asennusaikataulu

Suuremman nostokyvyn hissi on valmistettava tilaustyönä, joten sen toimitusaika on pidempi, noin 18 viikkoa. Asennus kaikkineen kestää noin 2-3 viikkoa. Asennukseen tulee varata aikaa nykyisen trukin latauspisteen purkuun ja materiaalinlaskupaikan rajaamiseen. Itse tavarahissi tarvitsee vain lattiaan kiinnittämisen ja sähköistyksen. Rullaradat ovat vakiotavaraa, joten ne eivät vaikuta lopulliseen aikaan.

### 6.4.4 Järjestelmämuutokset

Automaattinen hissi vapauttaa trukinkuljettajan pitkästä reitistä ja vain seinältä kuljetus vaaditaan. Rullakuljettimen ansiosta koko setti mahtuu kerrallaan hissijärjestelmään, eikä alas vaadita erikseen trukkia purkamaan materiaalin liikkumisen jatkumiseksi. Uusi järjestely täytyy ohjeistaa.

### 6.4.5 Kustannukset

Pelkät laitteet kustantavat 42 000 € nostin ja radat 24 000 €/ 3 kpl. Asennus automaatio ja turvallistaminen maksavat 28 000 € joten kokonaissummaksi ilman ovea tulee 94 000 €.

## 6.5 Vertailu

### 6.5.1 Vaihtoehdot

Jokainen vaihtoehto tarvitsee lisäksi palorullaoven. Mesvacilta on otettu esimerkeiksi kaksi eri vaihtoehtoa. Toinen on tarkoitettu sulkeutuvaksi palon sattuessa ja toinen voidaan laittaa avautumaan joka kuorman välissä, sen suuremman nopeuden vuoksi. Taulukossa 5 on listattu ovien ominaisuuksia.

Taulukko 5. Palorullaovet.

Mesvac rullaovet 3x3m		
	FVR 121 SC	FVR 121 EC
Toiminta	Auki aina	Avautuva
Hinta asennettuna	8 000€	16 000€
Nopeus auki	3-10 cm/s	1 m/s
Nopeus kiinni	12 cm/s	0,5 m/s

Vaihtoehtoja tarkastellessa käy selväksi, että rullaradattomissa vaihtoehtoissa ylä- ja alakerran kommunikaatio ja aikataulujen yhteen sovittaminen nousee haasteeksi. Näissä vaihtoehtoissa hissi vaatii samanaikaisesti purkajan ja lastaajan. Tämän ongelman voi tietysti kiertää ottamalla molempien päiden työntekijät joko tuotannosta tai Q-asemalta. Tällöin on kuitenkin vaarana, että kaksi kokoonpanijaa on sidottu tavaroiden kuljetukseen.

Kevyempi hissi palvelee vain osittain projektin päämäärää. Jos isot kuormat joudutaan silti kuljettamaan vanhaa reittiä, ei niiden osalta ole saatu kuljetuksiin mitään edistystä. Suuremmat kuormat ovat myös riskialttiimpia kuin pienet, joten turvallisuus ei parane yhtä paljon, kuin kuljetusten määrä vähenee. Kuljetuksista noin 1/3 ei mene kevyempään hissiin.

### 6.5.2 Kuljetusten väheneminen ja riskit

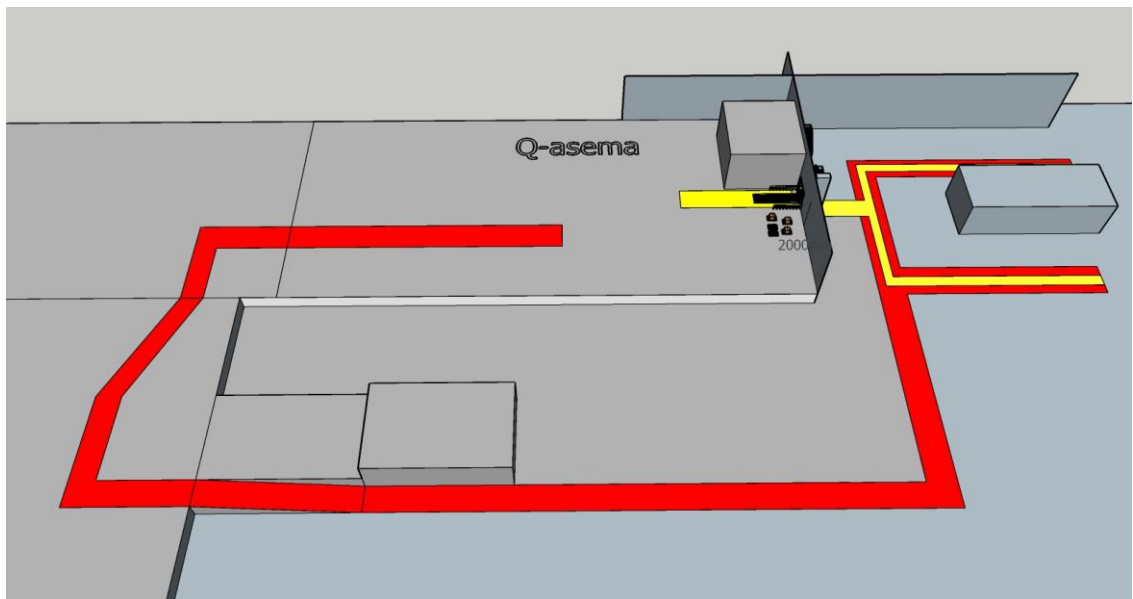
Hissijärjestelmän täydellisestä pettämisestä johtuvat riskit ovat minimaalisia. Nykyinen kuljetusmenetelmä ei ole millään tavalla riippuvainen uudesta järjestelmästä. Tietysti jos hissijärjestelmä otetaan käyttöön ja materiaalivirrat tulevat riippuvaiseksi siitä, ovat riskit vakavampia. Tämä on kuitenkin Lean-ajattelun mukaan hyvä asia, joka mahdollistaa muidenkin epäkohtien esiintulon. Riskiarviointiin voidaan kuitenkin ottaa mukaan järjestelmän hankintahinta. Mikäli uusi hissi on täysin hyödytön eikä se palvele ketään, on siihen kuitenkin laitettu resursseja. Riskien muutosta voidaan arvioida ABB:n omalla riskinarviointikaaviolla. Taulukosta valitaan, missä nyt arvioidaan oltavan ja missä uuden järjestelmän käyttöönoton jälkeen arvioidaan oltavan. Kuvasta 17 näkyy ero uuden ja vanhan reitin välillä.

Arvioidaan 2 tonnin hissien vähentävän kuljetuksia lavojen määrän verran eli noin 2/3 koko määrästä. Kuljetusten riskit eivät kuitenkaan vähene samassa suhteessa. Arvioidaan suurien kuljetusten olevan puolet riskialttiimpia ja pienten kuljetusten riskin olevan kuljetuksen lyhenemisestä johtuen noin 20 % aikaisemmasta. Uusi kuljetusriski on tällöin aikaisemmasta:

$$\frac{R_{2p} * \frac{1}{5} + R_{2i}}{R_{1p} + R_{1i}} = \frac{\frac{2}{3} * \frac{1}{5} + \frac{1}{3} * \frac{3}{2}}{\frac{3}{2} + \frac{1}{3} * \frac{3}{2}} = \sim 54 \%$$

10 tonnin hissillä saadaan kaikkien kuljetusten riski arvioitua 20 %:iin aikaisemmasta.

Riskiarviomatriisi löytyy liitteestä 1.



Kuva 17. Ero vanhan ja uuden reitin välillä

### 6.5.3 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaikaan voidaan ottaa huomioon laitteen tuomien kuljetussäästöjen lisäksi myös edellä mainitun riskin pieneneminen. Lasketaan kaikille vaihtoehdoille takaisinmaksuaika pelkän kuljetussäästön mukaan, mutta otetaan vertailussa huomioon myös riskien aleneminen. Kuljetukset vähenevät 2t versiolla Käytetään aiemmin laskettuja summia ja oletetaan palo-oven hinnaksi keskiarvo 12 000 €. Taulukossa 6 on takaisinmaksuaikoja laskettuna. Pienemmillä nostimilla kuljetusten määrät ovat 47% ja isommilla 20% entisistä.

Taulukko 6. Lasketut takaisinmaksuajat

	2t	2t + radat	10t	10t + radat
53000	37 000	60 000	72 000	106 000
Kuljetukset	47,00 %	47,00 %	20,00 %	20,00 %
Takaisinmaksuaika/ vuotta	1,317195	2,135991	1,698113	2,5

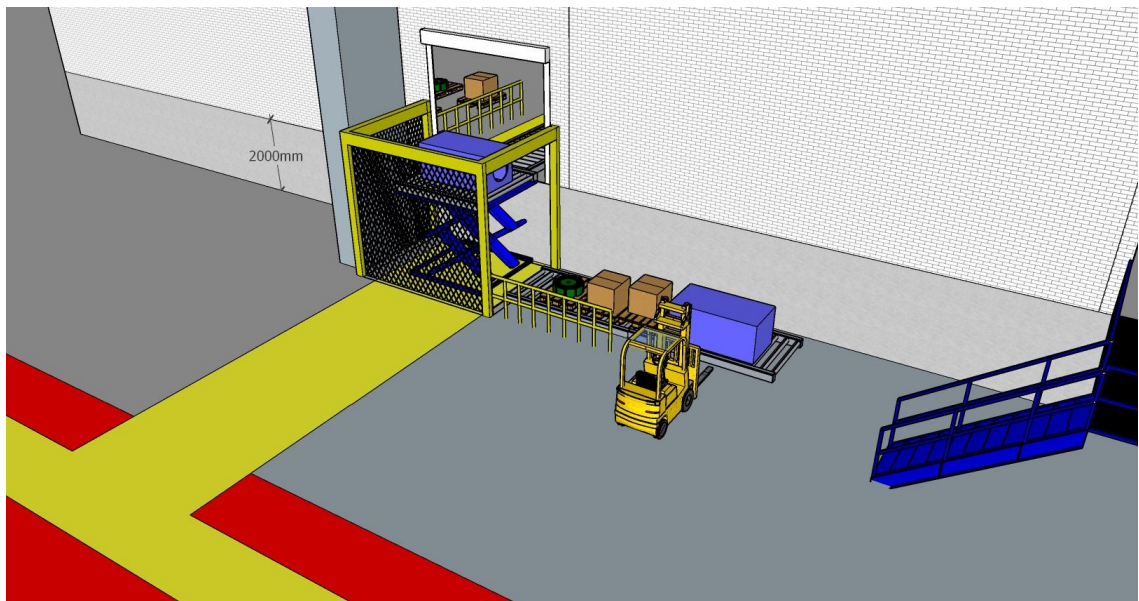
### 6.6 Valintapäätös

Kun otetaan huomioon, että rullaradattomissa vaihtoehdoissa työvoimaa sitoutuu trukki-kuljetusten sijaan enemmän hissien operoimiseen, vaihtoehdot vaikuttavat yllättävän tasaväkisiltä. Automaatio antaa pelivaraa molempiin päihin, ja vältytään turhalta seisoskelta. Perimmäisen tarkoituksen ollessa tuottavan työn lisääminen ja tuotannon ollessa taipuvainen hakemaan itse tarvitsemansa materiaalin, tuntuu rullaratojen ottaminen mukaan järkevältä. Näin vältytään tilanteelta, jossa kaksi kokoonpanijaa on operoimassa hissiä, eikä kokoonpanoruudussa. Samalla molempien kokovaihtoehtojen takaisinmaksuajat ovat hyvin saman pituiset jo ennen, kuin on otettu huomioon riskien väheneminen. Suurempi hissi myös palvelee paremmin käyttötarkoitustaan ja antaa enemmän optioita tulevaisuuden laajennuksille. Siksi 10 tonnin vaihtoehto rullaratoineen vaikuttaa parhaalta ratkaisulta. Kuvassa 18 on tarkemmin kuvattu, miltä alue näyttäisi turvallistamisen jälkeen ja kuvassa 19 sama Q-aseman puolelta. Taulukossa 7 on arvioitu eri vaihtoehtoja arvosanoin.

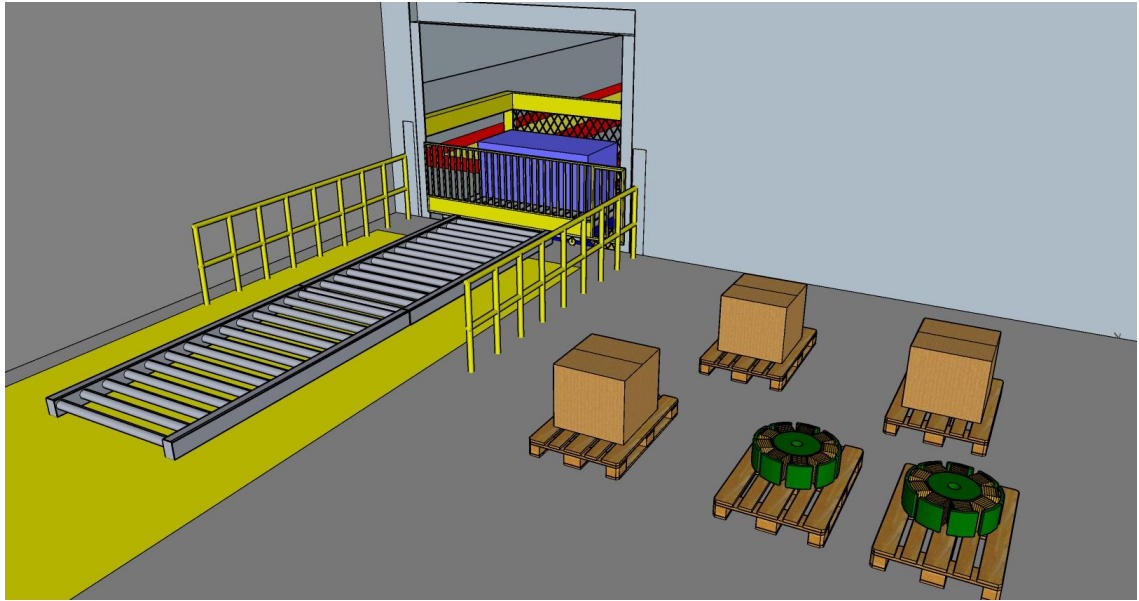
Taulukko 7. Vertailukaavio.

	Nykyinen	2t hissi	2t hissi +radat	10t hissi	10t hissi +radat
Investoinnin määrä	5	4	3	2	1
Nopeus	1	2	4	3	4
Työntekijätarve	2	3	5	4	5
Säästöt	-	3	4	3	4
Turvallisuus	2	3	3	5	5
Takaisinmaksuaika	-	4	2	3	2
Saatavuus/ muut toimittajat /räätälöintitarve	5	4	3	2	2

Vertailua vaikeuttaa arvailu siitä, kuka hissiä loppujen lopuksi operoi. Tuotannon käyttäessä hissiä ei sen tarkoitus toteudu yhtä täydellisesti.



Kuva 18. Nostin turvalaitteineen



Kuva 19. Näkymä Q-aseman puolelta

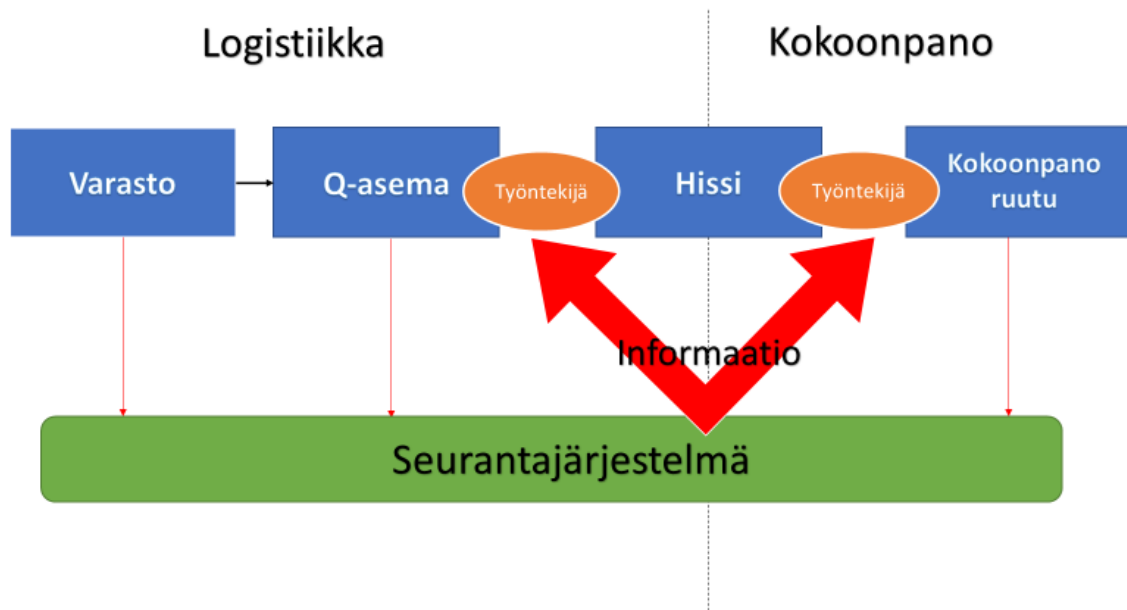
## 7 Valitun vaihtoehdon jatkoselitys

Jotta hissi palvelisi mahdollisimman hyvin tarkoitustaan, eli lisäisi tuottavaa työtä siirtämällä sen kuljetuksista kokoonpanotyöhön, tulee työntekijöillä olla hyvät työkalut sen hyödyntämiseen. Nykyään materiaali viipyy tehtaalla parikin päivää ennen kuin sitä tarvitaan, mikä lasketaan hukaksi. Materiaalin seuraamisen tulisi olla helpompaa, ja se palvelisi useaa osaa ketjussa. Materiaalin seuranta on tällä hetkellä lähellä vähimmäisvaatimusta toiminnalle. Seurannan ei tarvitse olla hankalaa ja esim. RFID-teknologia on jo laajalti käytössä maailmalla. Yksinkertainen järjestelmä, jossa kuljetukset voi kuitata nopeasti viivakoodin lukemalla, ei vaadi juuri lisätoita ja parantaisi huomattavasti seurannan tarkkuutta.

Samaa järjestelmää voisi käyttää ilmoittamaan tiedon, milloin kokoonpano tarvitsee seuraavat osat sekä ilmoittamaan, että materiaali on kuitattu hissiin ja sen voi tulla hakemaan. Mikäli Q- asemalla on tieto arvioidusta materiaalin tarpeesta, voisi setityksen ja pakkausmateriaalin purun hoitaa jo siellä. Tiedetään, mitkä lavat ovat menossa milloinkin tuotantoon, ja ne voidaan järjestellä seteittäin. Kun tiedossa olevat tarpeet realisoituvat tuotannon puolella, on nopea purkaa pakkausmateriaalit ja laittaa hissiin.

Tällaisen toiminnon voisi integroida jo käytössä olevaan järjestelmään, kuten SAP :iin. Uuden järjestelmän ottaminen SAP :in rinnalle ei vaikuta tarkoituksenmukaiselta ja sen käytön tulisi kuitenkin olla tärkeimpien toimintojen osalta jokaisella hallussa. Yksinkertaisuus ja helppokäyttöisyys tuotannolle ajaa parhaiten tarkoitusta ja varmistaa, että järjestelmä pysyy käytössä. Kuvassa 20 on esimerkki informaatiokulun mahdollisista järjestelyistä.





Kuva 20. Prosessikaavio.

## 8 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä tutkittiin ratkaisuvaihtoehtoja ABB:n Pitäjänmäen tehtaan Q- aseman ja ALPO- hallin väliseen logistiseen ongelmaan. Havaittiin, että ratkaisuun kuuluu enemmän kuin itse mekaaninen työväline, ja työn järjestelyn ongelmat ovat myös avain- asemassa ratkaisua haettaessa. Tähän kuuluu myös järjestelmän tekeminen työntekijän ehdoilla, sillä suunnittelijan mielestä hyvä järjestelmä, joka ei kuitenkaan palvele loppu- käyttäjää tai jää käyttämättä, on epäonnistunut. Järjestelmää tulee myös ohjata ja johtaa sen käyttöönoton ja jokapäiväiseen työhön mukaan ottamisen turvaamiseksi.

Työssä saatiin rakennettua pohjaa tulevalle hankinnalle ja vertailtua eri ratkaisujen etuja. Rullaratojen tuoma suurin etu pelkkään hissiinverrattuna on tarkemmin katsottuna eri, kuin hieman nopeampi liike kerrosten välillä. Jatkoa ajatellen automatisoidumpi ja suorituskykyisempi järjestelmä tuo lisää joustavuutta ja kehitysmahdollisuuksia. Mahdollinen tuotannon pidemmälle viety robotisointi on myös paremmin toteutettavissa.

Materiaalinseurannan järjestelmä kaipaa nykyisellään kehitystä, ja on myös tämän työn tarkasteluissa toinen suuri pullonkaula. Mihin ratkaisuun ikinä päädytäänkin, se tarvitsee rinnalleen toimivan seurantajärjestelmän, jota käytännössä ei tällä hetkellä ole.

## Lähteet

- 1 JIT (Just-In-Time) ja imuohjaus. Verkkoaineisto. Logistiikan Maailma. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>> Luettu 22.3.2019.
- 2 Miettinen, Pauli. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. Helsinki: Painatuskeskus Oy.
- 3 Liker, Jeffrey K. 2006. Toyotan tapaan. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino.
- 4 Suominen Arto. 1999. Riskienhallinta. Helsinki: WSOY.
- 5 PFMEA. Verkkoaineisto. Quality One. <<https://quality-one.com/pfmea/>> Luettu 8.4. 2019.
- 6 Investoinnin kannattavuus. Verkkoaineisto. <[www.yritystulkki.fi/fi/alue/oulu/aloit-tava-yrittaja/suunnittelu/taloussuunnitelmat/investoinninkannattavuus/](http://www.yritystulkki.fi/fi/alue/oulu/aloit-tava-yrittaja/suunnittelu/taloussuunnitelmat/investoinninkannattavuus/)> Luettu 24.4.2019.

# Riskiarviomatriisi

Turvallisuusparannus		Probability - Todennäköisyys																			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L								
		Rare Has occurred at some point	Harvinaiset On some point	Highly unlikely Occur rarely	Todella epätodennäköinen Erittäin harvinaista	Unikaily Occur monthly	Epätodennäköinen Erittäin harvinaista	Epätodennäköinen Erittäin harvinaista	Unikaily Occur monthly	Epätodennäköinen Erittäin harvinaista	Unikaily Occur monthly	Epätodennäköinen Erittäin harvinaista	Unikaily Occur monthly	Epätodennäköinen Erittäin harvinaista	Unikaily Occur monthly	Epätodennäköinen Erittäin harvinaista	Unikaily Occur monthly	Epätodennäköinen Erittäin harvinaista	Unikaily Occur monthly	Epätodennäköinen Erittäin harvinaista	
1	<b>Minimaal</b> Short term, transient effect (about once in 100 years) <b>Minimaaliset</b> Lühiaikainen, ohimenevä vaikutus (noin kerran 100 vuotta)	A1 100 EUR	B1 300 EUR	C1 600 EUR	D1 1 000 EUR	E1 4 500 EUR	F1 5 500 EUR	G1 6 500 EUR	H1 7 500 EUR	I1 12 500 EUR	J1 12 500 EUR	K1 12 500 EUR	L1 12 500 EUR	M1 12 500 EUR	N1 12 500 EUR	O1 12 500 EUR	P1 12 500 EUR	Q1 12 500 EUR	R1 12 500 EUR	S1 12 500 EUR	T1 12 500 EUR
2	<b>Vähäiset</b> Short term, transient effect (about once in 100 years)	A2 200 EUR	B2 2 000 EUR	C2 3 500 EUR	D2 4 500 EUR	E2 5 500 EUR	F2 6 500 EUR	G2 7 500 EUR	H2 12 500 EUR	I2 12 500 EUR	J2 12 500 EUR	K2 12 500 EUR	L2 12 500 EUR	M2 12 500 EUR	N2 12 500 EUR	O2 12 500 EUR	P2 12 500 EUR	Q2 12 500 EUR	R2 12 500 EUR	S2 12 500 EUR	T2 12 500 EUR
3	<b>Keskisäiset</b> Long term, transient effect (about once in 100 years)	A3 400 EUR	B3 3 000 EUR	C3 4 500 EUR	D3 5 500 EUR	E3 6 500 EUR	F3 7 500 EUR	G3 12 500 EUR	H3 12 500 EUR	I3 12 500 EUR	J3 12 500 EUR	K3 12 500 EUR	L3 12 500 EUR	M3 12 500 EUR	N3 12 500 EUR	O3 12 500 EUR	P3 12 500 EUR	Q3 12 500 EUR	R3 12 500 EUR	S3 12 500 EUR	T3 12 500 EUR
4	<b>Merkitsevät</b> Long term, transient effect (about once in 100 years)	A4 600 EUR	B4 4 500 EUR	C4 5 500 EUR	D4 6 500 EUR	E4 7 500 EUR	F4 12 500 EUR	G4 12 500 EUR	H4 12 500 EUR	I4 12 500 EUR	J4 12 500 EUR	K4 12 500 EUR	L4 12 500 EUR	M4 12 500 EUR	N4 12 500 EUR	O4 12 500 EUR	P4 12 500 EUR	Q4 12 500 EUR	R4 12 500 EUR	S4 12 500 EUR	T4 12 500 EUR
5	<b>Severe</b> Permanent effects	A5 800 EUR	B5 5 500 EUR	C5 6 500 EUR	D5 7 500 EUR	E5 12 500 EUR	F5 12 500 EUR	G5 12 500 EUR	H5 12 500 EUR	I5 12 500 EUR	J5 12 500 EUR	K5 12 500 EUR	L5 12 500 EUR	M5 12 500 EUR	N5 12 500 EUR	O5 12 500 EUR	P5 12 500 EUR	Q5 12 500 EUR	R5 12 500 EUR	S5 12 500 EUR	T5 12 500 EUR
6	<b>Fatality</b> Meningelöminen	A6 1 000 EUR	B6 6 500 EUR	C6 7 500 EUR	D6 12 500 EUR	E6 50 000 EUR	F6 100 000 EUR	G6 100 000 EUR	H6 100 000 EUR	I6 100 000 EUR	J6 100 000 EUR	K6 100 000 EUR	L6 100 000 EUR	M6 100 000 EUR	N6 100 000 EUR	O6 100 000 EUR	P6 100 000 EUR	Q6 100 000 EUR	R6 100 000 EUR	S6 100 000 EUR	T6 100 000 EUR

Arkkitehdin kuvat

