



**TURUN
YLIOPISTO**

Layoutsuunnittelu ja työturvallisuus

Konetekniikka
Kandidaattitutkielma

Laatija:
Heikki Kotiranta

21.4.2026
Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Kandidaatintutkielma

Tutkinto-ohjelma, oppiaine: Konetekniikka

Tekijä(t): Heikki Kotiranta

Otsikko: Layoutsuunnittelu ja työturvallisuus

Ohjaaja(t): Professori Antti Salminen

Sivumäärä: 25 sivua

Päivämäärä: 21.4.2026

Tutkielman tarkoituksena on perehtyä layoutsuunnitteluun ja sen merkitykseen yrityksissä. Layoutsuunnittelulla on suora merkitys yrityksen tuottavuuteen. Sen avulla pystytään kohdentamaan yrityksen resurssit arvoa tuottavaan toimintaan ja vähentämään hukkaa. Lean-ajattelulla ja materiaalivirtojen hallinnalla on tärkeä rooli, sillä niiden avulla pystytään vähentämään arvoa tuottamatonta toimintaa, jotka kuluttavat yrityksen resursseja. Layoutratkaisut ovat aina ainutlaatuisia, sillä jokainen tuotantotila on erilainen. Tällöin kopioiminen muista tehtaista on mahdotonta. Layoutratkaisuissa voidaan soveltaa eri layout-tyyppien ominaisuuksia yhdistelemällä niitä keskenään. Oikeanlainen layout vähentää odotusaikoja ja lisää tehokkuutta.

Tutkielmassa on toteutettu Walki Westpak Oy:lle jalankulkureittien suunnittelu heidän tehtaaseensa. Suunnitteluvaiheessa on otettava huomioon, miten muutokset voidaan toteuttaa niin, että yrityksen tuottavuus ei laske, vaan tuotanto tehostuu ja työturvallisuus kohentuu. Layoutsuunnittelulla voidaan vaikuttaa työturvallisuuteen, mikä takaa työntekijöille turvalliset työolosuhteet. Nämä ovat suoraan verrannollisia työntekijöiden poissaoloihin. Mitä turvallisemmat työolosuhteet, sitä vähemmän esiintyy työtapaturmista johtuvia poissaoloja.

Työturvallisuusratkaisut ovat kehittyneet ajan saatossa, joten nykyaikana on mahdollista hyödyntää sensoreita, valoja ja piirtoheittämiä turvallisuuden kohentamiseksi. Yleinen siisteys ja standardointi mahdollistavat tuotantotilojen optimaalisen käytön. 5S-menetelmän avulla yritykset voivat standardisoida työtiloja ja tehostaa tuotantoa, sillä jokaisella esineellä ja asialla on oma paikkansa, jossa ne sijaitsevat.

Avainsanat: layoutsuunnittelu, työturvallisuus

Sisällys

1	Johdanto	5
2	Layoutsuunnittelu	6
2.1	Layoutsuunnittelun taloudellinen merkitys	6
2.2	Layout-tyypit	7
2.2.1	Erilaiset layoutratkaisut.....	8
2.2.2	Funktionaalinen layout.....	9
2.2.3	Tuotantolinja-layout	10
2.2.4	Tuotantosolu	11
2.3	Lean layoutsuunnittelussa	12
2.4	Materiaalivirrat	13
2.4.1	Materiaalivirtojen mallinnustavat	14
2.4.2	Materiaalivirtojen hallinta	16
3	Työturvallisuus	17
3.1	Jalankulkureitit	17
3.2	Merkinnät	18
3.3	Sisäinen liikenne (Trukkiliikenne)	18
3.4	5S	19
4	Menetelmät ja materiaalit	21
5	Raportti	22
5.1	Tehtävä	23
5.2	Monivaiheinen suunnittelu	23
5.2.1	Tehdaskierros	23
5.2.2	Layoutsuunnittelu.....	23
5.2.3	Informaation kerääminen	24
5.3	Laitehankinnat	25
5.3.1	ALIS Shield -järjestelmä	25
5.3.2	Kaiteet ja trukkivalot.....	26
5.4	Toteutus	26
6	Tulokset	29
7	Yhteenveto	30

8	Lähteet	31
----------	----------------------	-----------

1 Johdanto

Layoutsuunnittelu tarkoittaa fyysisten tehdastilojen järjestelmällistä suunnittelua. Se kytkeytyy yrityksen toiminnan suunnitteluun vasta siinä vaiheessa, kun on tiedossa, mitä aiotaan valmistaa, millaisissa tiloissa ja millaisilla koneilla. Edellä olevat seikat liittyvät olennaisesti layoutsuunnitteluun, sillä se yhdistää edellä mainitut seikat ja luo niistä kokonaisuuden, joka mahdollistaa yrityksen toiminnan. Layoutsuunnittelulla pyritään luomaan paras mahdollinen työympäristö tehtaaseen. Hyvin suunniteltu layout mahdollistaa viihtyisät työolot, turvallisen työympäristön, tehokkaan tuotantolinjan sekä maksimaalisen tilankäytön. [1]

Layoutsuunnittelussa luodaan vaihtoehtoisia ratkaisuja tehdastilojen layoutratkaisuksi. On olemassa erilaisia layoutratkaisuja erilaisten yritysten tarpeisiin ja tuotannon vaatimuksiin. Yritysten pitää löytää itselleen sopivin ratkaisu, sillä täydellistä layoutratkaisua ei ole olemassa, vaan yrityksen on tehtävä kompromisseja layoutratkaisua päättäessään. Vaihtoehtoisia ratkaisuja testataan nykyaikana tietokoneohjelmien avulla. Layoutsuunnittelu ei ole vain pohjapiirustuksen päälle luotu kuva, vaan sen toteuttamiseen tarvitsee kerätä dataa ja tietoja. Testauksissa saadun datan avulla voidaan muodostaa havainnollistavia kuvia ja esimerkiksi materiaalivirtoja kuvaavia diagrammeja. Data auttaa näyttämään eri ratkaisujen hyödyt ja haitat. Ne yhdistettynä yrityksen laskelmoituihin tilastoihin, kuten valmistusaikoihin ja läpimenoaikaan, auttavat yritystä valitsemaan heille parhaan mahdollisen layoutratkaisun. [1]

Tutkielman tarkoituksena on perehtyä layoutsuunnitteluun ja sen erilaisiin vaihtoehtoihin ja huomioon otettaviin asioihin. Toinen kappale kertoo, mitkä asiat ovat oleellisia layoutsuunnittelussa. Layoutsuunnittelulla pystytään mahdollistamaan tehdasympäristön työturvallisuus, josta kerrotaan tarkemmin kolmannessa kappaleessa. Tutkielman kappaleissa 4–6 käydään läpi käytännön työ, joka on tehty Walki Westpak Oy:lle kesällä 2025. Työssä on suunniteltu jalankulkureitit heidän tehtaaseensa, joiden tarkoituksena on lisätä tehtaan työturvallisuutta, sekä taata työntekijöille esteettömät ja turvalliset kulkureitit.

2 Layoutsuunnittelu

Kilpailu yritysten välillä on kasvanut maailmankaupan, ulkomaanviennin ja yritysten yhdistymisen takia. Yritysten on löydettävä kilpailuetua muihin yrityksiin nähden, jotta ne pystyvät kilpailemaan muiden yritysten kanssa. Yrityksen tarkoituksena on tuottaa voittoa yrityksen omistajille. Voittoa pystytään tuottamaan ainoastaan silloin, kun tulot ovat suuremmat kuin menot. Menoista suurin osa syntyy tuotannossa, jossa materiaalit, koneet, varastot ja ihmisten työ aiheuttavat kustannuksia. Yritysten tavoitteena on minimoida edellä mainitut kustannukset tuotannon tehokkuuden maksimoimiseksi. Layoutsuunnittelu on yksi käytetyimmistä tavoista näiden ongelmien ratkaisemiseksi [2]. Layout tarkoittaa tuotantojärjestelmässä olevia fyysisiä laitteita ja niiden paikkoja. Layoutissa koneet ja laitteet on aseteltu tarkasti, jotta tuotannon toimiminen olisi mahdollisimman helppoa ja tehokasta. Layoutissa tulee ottaa huomioon työpisteillä tapahtuva toiminta eli se, mitä siellä tehdään, mitä tarvitaan ja mitä valmistuu. Nämä muodostavat materiaalivirrat, joiden avulla jokaiselle koneelle ja laitteelle valitaan paikka rakennuksessa. [3]

2.1 Layoutsuunnittelun taloudellinen merkitys

Layoutsuunnittelulla on suoranaisia yhteyksiä yrityksen tulokseen. Huonosti suunniteltu tehdaslayout syö vuosittain osan yrityksen mahdollisesta tuloksesta, sillä tehtaassa tapahtuva tuotanto ei tapahdu maksimaalisella tavalla, jolloin tuotanto ei ole niin tehokasta kuin se voisi olla. Yrityksen perustarkoituksena on käyttää käytössä olevia resursseja mahdollisimman tehokkaasti ja tuottavasti. Tehdaslayoutilla pystytään hallinnoimaan yritykselle koituvia tuotannonkuluja. Layoutsuunnittelulla voidaan vaikuttaa seuraaviin asioihin:

- Tehottomien neliöiden aiheuttamat ylimääräiset tilakustannukset
- Materiaali ja työkalujen saavutettavuus
- Tarpeeton sisäinen logistiikka ja välivarastointi
- Tuotantotilojen laajennustarpeen ennaltaehkäisy

Yllä olevista esimerkeistä jokainen luo ylimääräisiä kustannuksia yritykselle, mutta näiden toteutuminen vaatii erittäin huolellista layoutsuunnittelua ja materiaalivirtausten hallintaa. [4]

Suuri osa yrityksen kuluista syntyy tuotantotiloissa. Se vastaa noin 40–80 % kaikista yrityksen kuluista. Tällöin tuotannosuunnittelu on erittäin tärkeää, ja erityisesti layoutsuunnittelulla on suuri merkitys, miten tuotannosta saadaan tuottavaa. Tuotanto- ja läpimenoaikojen lyhentäminen sekä tilankäytön maksimointi ovat keskeisessä asemassa kilpailukyvyn kannalta. Nopeampi tuotantotahti alentaa tuotekohtaisia yksikkökustannuksia, sillä se mahdollistaa muun muassa henkilöstö- ja konekustannusten tehokkaamman kohdentumisen. Läpäisyajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu yksittäisen tuotteen valmistumiseen aloituksesta valmiiksi. Läpimenoaikaan sisältyvät odotusajat, työajat sekä siirtoajat. Jokainen luo kustannuksia, joita pystytään vähentämään. Esimerkiksi odotusajat aiheuttavat kustannuksia, sillä ne edellyttävät välivarastointia ja varastointi sitoo kustannuksia. Hankkimalla lisää koneita pystytään vähentämään esimerkiksi odotusaikoja ja välivarastointia. [1]

Tehdastilat ovat yritykselle iso kuluerä jokavuotisessa budjetissa. Kalliit tilavuokrat, laajennukset tai tehdashallin rakennuttaminen kustantavat yritykselle paljon. Jokainen neliö on arvokas, ja ne yritetään mahdollisimman hyvin hyödyntää, sillä ei kukaan halua tuhjata kalliita neliöitä. Layoutsuunnittelulla pystytään mahdollistamaan jokaisen neliön mahdollisimman optimaalinen käyttö. Tällöin ei muodostu hukkaneliöitä, vaan koko tehdas on tehokkaasti käytössä. Optimaalisella tilankäytöllä pystytään vähentämään esimerkiksi tehdaslaajennuksen tarve. [1]

Materiaalien siirtely luo yritykselle paljon kustannuksia, joita on mahdollista vähentää. Jokainen siirtely luo kustannuksia, mitä enemmän siirtoja, sitä enemmän kustannuksia. Ylimääräinen siirtely välivarastoista työpisteille ja takaisin on mahdollista vähentää layoutsuunnittelulla, jonka avulla pystytään optimoimaan materiaalivirtauksen siten, että mahdollisia materiaalin siirtoja tulisi mahdollisimman vähän. Materiaalien siirtäminen on myös erittäin suuri tapaturmariski, sillä 50 % työtapaturmista tapahtuu materiaalien siirtelyn seurauksena. [1]

2.2 Layout-tyypit

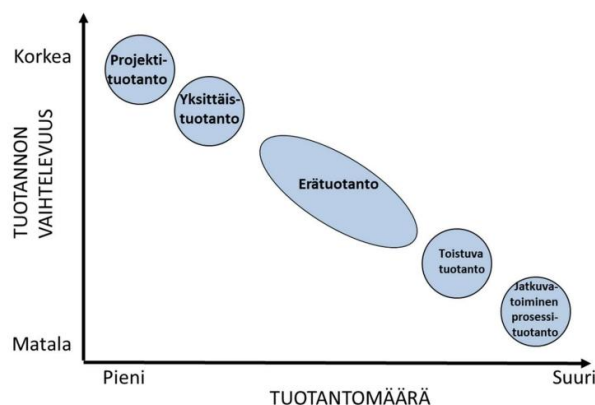
Tuotannossa on erilaisia koneita, laitteita ja valmistustapoja. Nämä on aseteltu niin, että ne pystyvät tuottamaan mahdollisimman paljon arvoa yritykselle eli valmistamaan mahdollisimman paljon erilaisia tuotteita. Koneet on aseteltu niin, että materiaalivirrat olisivat yksinkertaisia ja tehokkaita juuri tietyn yrityksen tarpeisiin. [3]

2.2.1 Erilaiset layoutratkaisut

Layoutsuunnittelussa ei koskaan päästä optimaaliseen ratkaisuun layoutratkaisun vaihtoehtoista, sillä tuotannon rakenne ja rakennus eivät ole aina optimaalisia keskenään. Yritykset joutuvat vertailemaan eri layoutratkaisuja ja miettimään, mikä sopisi juuri heidän tarpeeseensa parhaiten. Yrityksen on otettava huomioon, minkälaisia tuotteita ja millä volyyymilla yritys niitä valmistaa. Kysyntä, tuotevalikoiman laajuus sekä tuotteiden määrä ovat vaikuttavia tekijöitä, joita on mahdotonta ennustaa tarkasti. Tämä luo oman haasteensa layoutsuunnitteluun, jolloin joudutaan tyytymään kompromisseihin. On olemassa erilaisia layoutratkaisuja, joiden avulla yritys pystyy ratkaisemaan tuotannon ongelmat. [3]

Erilaiset layoutratkaisut soveltuvat erilaisiin tuotantoihin. Funktionaalinen layout soveltuu tuotantoihin, joissa valmistetaan paljon erilaisia tuotteita, mutta tuotantomäärät ovat hyvin pieniä. Tuotantolinja-layout soveltuu hyvin sarjatuotantoon, jossa tuotetaan samoja tuotteita suuria tuotantomääriä. Tuotantosoluratkaisu on näiden kahden välimalli. Tuotantosolu soveltuu parhaiten yrityksille, jotka tuottavat paljon samoja tuotteita, mutta eivät niin paljon, että määrät olisivat riittävän suuria sarjatuotannolle. Tuotantosolulla pyritään joustavaan tuotantoon, jossa vaihtelevia tuotteita pystytään valmistamaan melko suuria määriä ilman suurempia muutoksia tuotannossa. Esimerkiksi paperitehtaat suosivat virtauslayoutia, joka on yksi funktionaalisen layoutin alavaihtoehto. Sen avulla pystytään vaivattomasti ja joustavasti vastaamaan asiakkaiden vaihteleviin tarpeisiin. Vaihtoehtoisesti on mahdollista yhdistää edellä esitettyjä malleja. Tällöin yrityksen alkuperäinen ratkaisu on funktionaalinen layout, mutta siinä sovelletaan muitakin layoutratkaisuja. Esimerkiksi tietyssä vaiheessa tuotantoa olisi mahdollista olla tuotantolinja, jossa suoritetaan tietyn vaiheen tuotantoa, josta se palautuu takaisin funktionaaliseen ratkaisuun. Layoutratkaisujen sisällä voidaan yhdistää myös muita layoutratkaisuja. [3]

Kuva 1 havainnollistaa yrityksen tuotantomäärän suhteesta tuotannonlajitelmaan, jolla on suuri merkitys valittaessa layoutratkaisua, sillä eri layoutratkaisut soveltuvat tiettyihin tuotantotyyppihin.

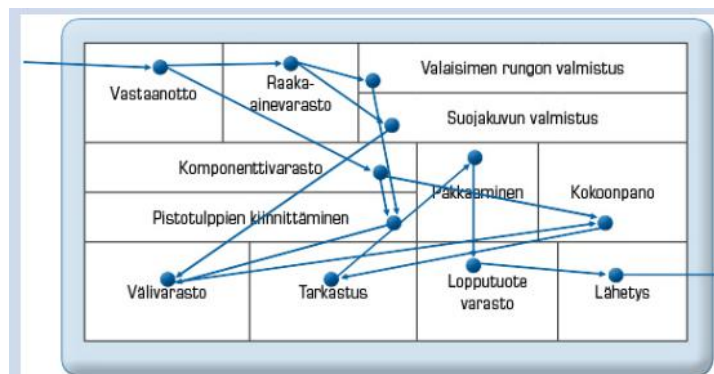


Kuva 1: Tuotannonvaihtelevuuden suhde tuotantomäärään. Kuva otettu lähteestä [5].

2.2.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalinen layout koostuu tuotannon osista. Esimerkiksi yhdessä osassa voidaan leikata materiaalia, kun taas seuraavassa koota tuote ja niin edelleen. Jokainen osasto muodostaa yhden kokonaisuuden. Nämä kokonaisuudet yhdistetään yhdeksi isoksi kokonaisuudeksi, ja näin syntyy funktionaalinen layout, jossa pystytään tuottamaan joustavasti erilaisia tuotteita ja erilaisia määriä. Tuotannossa pystytään siis valmistamaan hyvin paljon erilaisia tuotteita, joiden määrät ovat vaihtelevia. [3]

Funktionaalisisessa ratkaisussa tavoitellaan joustavuutta, jolloin tuotanto pystyy muovautumaan asiakkaan tuotteen vaatimusten mukaiseksi. Jokaisen osaston paikka suunnitellaan huolellisesti, jotta layoutsuunnitelmaa voidaan muokata strategisten tuotevalikoiman muutoksen seurauksena. Joissakin tapauksissa muokkauksia joudutaan tekemään lähes joka vuosi. Tällöin alkuperäisillä paikoilla on iso merkitys, jotta muutoksia pystytään toteuttamaan. Funktionaalisen layoutin tuotannonohjaus perustuu keskitettyyn aikataulutukseen sekä kuormituksen hallintaan. Tämä aiheuttaa haasteita, miten vältetään turhaa tuotteiden liikuttelua ja välivarastointia, kun työjonot hidastavat tuotteiden läpimenoaika. Materiaalivirtojen hallinnan avulla voidaan selvittää, mihin on järkevä asettaa välivarastot ja miten tuotteiden siirteleminen on järkevintä toteuttaa. [3] Kuva 2 havainnollistaa funktionaalista layoutmallia.



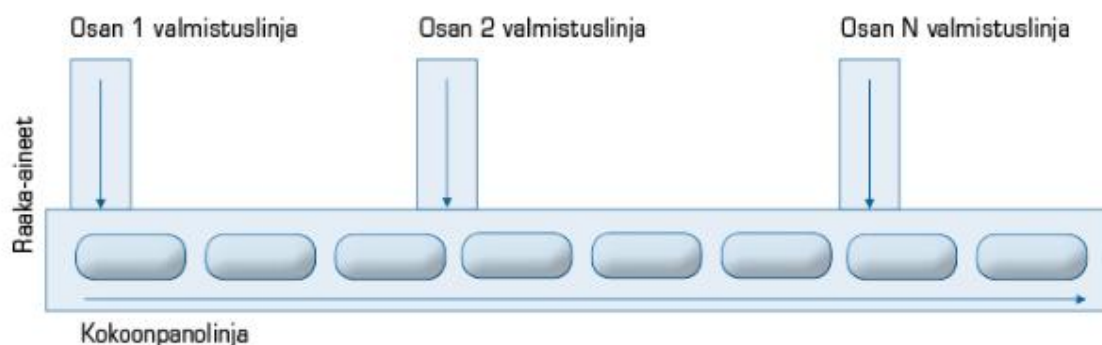
Kuva 2: Malliesimerkki funktionaalisesta layoutista. [3]

2.2.3 Tuotantolinja-layout

Jokainen tuotannon ratkaisu vaatii suuret alkupanostukset koneisiin ja laitteisiin, mutta tuotantolinjavaihtoehdossa tarkkojen alkuselvitysten pitää olla tehty, sillä tuotanto on hyvin kankeaa. Etuna on, että sillä pystytään tuottamaan sarjatuotantoa isoja määriä yhtä tuotetta tai tuoteperhettä, mutta mukautuminen muiden tuotteiden tai mahdollinen uusiutuminen ovat haasteellisia, sillä tietty tuotantolinja on suunniteltu valmistamaan vain tiettyä tuotetta tai tuoteperhettä. Perusideana on saada mahdollisimman suuri volyymi ja kuormitusaste. Työnkuvat ovat pitkälti vakioituja, ja kukin osasto vastaa tietyistä osaprosesseista tai valmistusvaiheista. Tuote etenee vaiheittain osastolta toiselle ennalta määritellyn prosessikaavion mukaisesti, kunnes lopputuote on valmistunut. Yrityksen on tarkkaan suunniteltava valmistettava tuote ja varmistettava, kuinka paljon kysyntää syntyy mahdolliselle tuotteelle, minkä avulla pystytään laskemaan esimerkiksi, kuinka paljon aikaa yksi valmistuslinja voi käyttää. [3]

Tuotantolinja-layout on joustamaton ja vaikeasti muokattavissa. Valmistettavan tuotteen muutokset ovat haastavia toteuttaa, sillä pienikin muutos saattaa edellyttää koko linjan uudelleenjärjestelyä. Jos yksittäisen työvaiheen kesto pitenee, siitä muodostuu helposti prosessin pullonkaula, mikä hidastaa koko tuotantolinjan tahtia ja pidentää tuotteen läpimenoaikaa. Suunnitteluvaiheessa lasketaan tarkkaan, kuinka paljon työaikaa on valmistuviin kappaleisiin nähden. Tämän seurauksena tuotantolinja jaetaan työpisteisiin niin, että jokaisella on yhtä paljon aikaa yhteen työvaiheeseen, minkä jälkeen se siirtyy seuraavaan vaiheeseen. Tämän avulla vältetään odotusaikoja työvaiheiden välissä. Tuotantolinjaratkaisussa ideana on kuitenkin valmistuslinjan koneiden suuri käyttöaika ja vastaavasti tyhjäkäyntien minimoiminen. [3]

Materiaalivirrat ovat tärkeitä tuotantolinjamallissa, sillä sarjatuotannossa käsitellään suuria määriä materiaaleja. Jokainen valmistuslinja tarvitsee tietyn määrän materiaaleja valmistusvaiheeseen. Jokaiselle linjalle on suunniteltava, miten ja missä kunkin valmistuslinjan materiaalit ovat, jotta ne mahdollistavat työn tapahtumisen määritellyn ajan puitteissa [3]. Kuva 3 havainnollistaa tuotantolinjalayoutratkaisun.



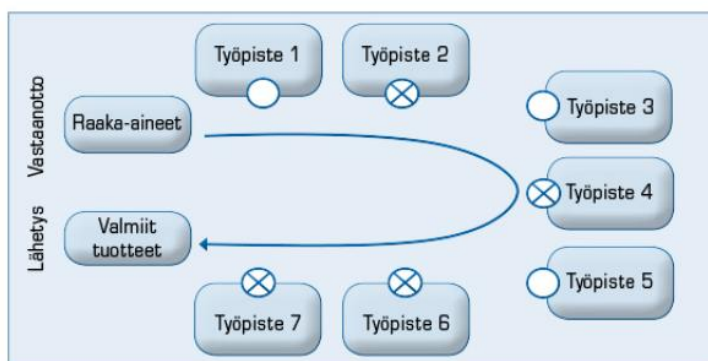
Kuva 3: Malliesimerkki tuotantolinja ratkaisusta. [3]

2.2.4 Tuotantosolu

Tuotantosolu on funktionaalisen ja tuotantolinjan sekoitus. Tuotantosolussa tavoitteena on valmistaa tuoteperheen tuotteita alusta loppuun asti. Kokoonpanolinjoissa hyödynnetään tuotantosolua niin, että tuote kootaan vaiheittain eri työpisteillä ja lopuksi viimeisen työpisteen jälkeen tulee ulos valmis tuote. Tuotteet ja tuotekoot vaihtelevat, mutta määrät ovat pieniä eli joko yksittäistuotantoa tai piensarjatuotantoa. Näin tuotantosolu pystyy valmistamaan pienempiä määriä ja vastaamaan eri tuotteiden vaihteluihin tehokkaammin kuin funktionaalinen ratkaisu. Tuotantosolussa on työpisteitä, joilla jokaisella on oma tehtävänsä. Työpisteet ovat yleensä samassa tilassa, jossa tuote kiertää tuotantolinjamaisesti työpisteeltä toiselle. Työpisteillä on oltava moniosaajia, jotka pystyvät valmistamaan erilaisia tuotteita tarpeiden mukaan alusta loppuun asti. Työntekijöillä on työpisteillään laajalti päätöksentekovaltaa, sillä he vastaavat itsenäisesti tuotteiden valmistusprosessista, laadunvalvonnasta ja korjaamisesta. [3]

Tuotantosolussa materiaalivirrat on suunniteltu niin, että tuote kiertää solussa työpisteeltä toiselle ilman välivarastointia, eli kun tuote on valmistunut työpisteellä, se siirtyy seuraavalle. Tämä mahdollistaa, ettei tarvitse suunnittelussa ottaa huomioon välivarastointeja, sillä niitä ei

tarvitse käyttää tässä ratkaisussa. Tuotantosolussa työpisteiden työaikoja on vaikeampi sovittaa yhtenäisiksi, sillä tuoteperheen tuotteissa on eroja, joiden vuoksi toisella työpisteellä saattaa mennä kauemmin kuin toisella. Tuotteiden valmistuserojen vuoksi yhtenäisen valmistusajan määrittäminen on paljon vaikeampaa kuin tuotantolinjassa. Työpisteillä on pieniä varastoja, joihin voidaan varastoida keskeneräisiä töitä tai pienerätuotantoa varten [3]. Kuva 4 havainnollistaa tuotantosolun toiminnan.



Kuva 4: Malliesimerkki Tuotantosolu-layoutista. [3]

2.3 Lean layoutsuunnittelussa

Lean-ajattelun perustana on arvon tuottaminen. Miten yritys pystyy tuottamaan omalla yritystoiminnallaan mahdollisimman paljon arvoa asiakkailleen, joista yritys saa rahallisen korvauksen tuotetusta arvosta. Arvo voi olla valmistettu tuote tietylle asiakkaalle tai esimerkiksi ravintolassa tuotettu palvelu asiakkaalle. Yrityksen tarkoituksena on tuottaa mahdollisimman paljon arvoa, mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Yrityksen on tärkeää tiedostaa, millaista arvoa se tuottaa asiakkailleen. Tämän jälkeen yrityksen toiminta pystytään jakamaan arvoa tuottaviin aktiviteetteihin, tukitoimintoihin sekä hukkaan. Arvoa tuottavat aktiviteetit muokkaavat tietoja, materiaalia tai palvelua asiakkaan haluamaan suuntaan. Tukitoiminnot eivät tuota asiakkaalle suoranaista hyötyä, mutta ilman tukitoimia ei olisi mahdollista tuottaa ollenkaan arvoa, eli tukitoimet ovat pakollisia arvon tuottamisen kannalta, mutta eivät itsessään tuota arvoa. Hukka on toiminto tai toiminta, joka ei tuota arvoa asiakkaalle, eikä myöskään ole pakollinen vaihe prosessissa, vaan täysin tarpeeton toiminta, jota yritykset yrittävät välttää. [6]

Lean-termi on peräisin Japanista Toyotan tuotannosta. Japanin kielen sana Muda eli hukka, on arvoa tuottamatonta toimintaa [1]. Mudan muotoja on erilaisia ja ne voidaan jakaa yhdistävien

osien mukaan. Toyotan seitsemän hukkaa eli toiminnalliset hukat: ylituotanto, varastot, odottaminen ja etsiminen, siirtymiset, siirrot ja käsittelyt, korjaustyö ja turha työ. Kahdeksas eli pahin hukka on ihmisten aivokapasiteetin ja osaamisen käyttämättä jättäminen. Toiminnallisen hukan lisäksi on kaksi muuta suurta hukkaa: hajonta ja ylikuormitus. Layout-suunnittelussa pystytään vaikuttamaan ihmisten hyödyntämiseen, siirtymisiin ja odottamiseen. Hyvin suunniteltu layout mahdollistaa, että työperäiset siirtymät ovat mahdollisimman vähäisiä, jolloin hukkaa syntyy mahdollisimman vähän. Odotusaikojen lyhentäminen tehostaa työntekijöiden hyödyntämistä, sillä ilman odottelua työaika käytetään tehokkaammin. Työntekijän ei tarvitse odottaa seuraavaa tehtävää, vaan hän pystyy aloittamaan uuden työn heti edellisen valmistuttua.[6]

Lean ajattelun yksi kulmakivistä on jatkuva parantaminen. Jatkuva parantaminen tarkoittaa yrityksen halua kehittää toimintaansa niin, että sen hukan määrä pienentyisi ja virtaus kehittyisi. Yritykset haluavat löytää koko ajan parempia ja tehokkaampia ratkaisuja. Päivittäisen toiminnan mittaamisella ja asettamalla mittauslaitteita, pystytään havaitsemaan mahdollisia poikkeamia. Näiden avulla pystytään pureutumaan tarkasti, mistä ongelmat johtuvat ja miten niihin pystytään vaikuttamaan. Itse työtä tekevät ihmiset osaavat osoittaa, missä on ongelmia, sillä he ovat päivittäin tekemisissä laitteiden ja muiden ihmisten kanssa. Ihmisten osaamisen käyttämättä jättäminen on suurin yksittäinen hukka, mikä on olemassa. Systemaattinen jatkuva parantaminen tarkoittaa, että syitä ja ongelmia tutkitaan. Näitä selvitetään ja etsitään erilaisia ratkaisuja, joiden avulla ongelmakohdat pystytään ratkaisemaan. Ratkaisun saamiseksi vaaditaan asioiden testausta, jotta saadaan selville, mikä ratkaisu toimii ja mikä ei. Tätä systemaattista logiikkaa kutsutaan nimellä Demingin kehä eli PDCA (plan, do, check, act). Demingin ympyrä tarkoittaa edellä kuvattuja asioita, eli ensin suunnitellaan tai tutkitaan ongelmia, jonka jälkeen testataan ratkaisuja. Tarkastellaan lopputulosta, jonka jälkeen joko laitetaan asia käytäntöön tai tehdään sama lista uudestaan eri ratkaisumallilla. [6]

2.4 Materiaalivirrat

Tehtaissa tarvitaan materiaaleja eri tuotteiden tai asioiden valmistamiseen. Materiaalit muodostavat selkeät reitit, joita pitkin tavarat siirretään aina seuraavaan vaiheeseen, lopulta lähettämöön asti. Nämä reitit muodostavat materiaalivirrat. Materiaalivirrat ovat tarvittavien hyödykkeiden liikuttamista tehtaan sisällä. Näiden siirtelyiden analysointi ja määrittely on yksi layoutsuunnittelun keskeisimpiä vaiheita. Materiaalien siirtäminen paikasta toiseen luo

materiaalinkäsittelykustannuksia. Materiaalinkäsittelykustannukset riippuvat siitä, kuinka paljon materiaaleja joudutaan siirtämään ja millaisia matkoja niitä siirretään. On tärkeää ymmärtää, että materiaalien siirtäminen ei tuota arvoa yritykselle, mutta on pakollinen toiminta arvon tuottamiseksi, siksi siitä johtuvat kustannukset on tarkoitus minimoida. Optimaalinen layout vähentää materiaalinkäsittelykustannuksia, sillä optimaalisessa layoutissa on huomioitu materiaalivirrat ja niistä johtuvat materiaalien pakolliset siirtämiset. Materiaalivirtojen käsittelyssä pyritään mahdollisimman selkeään ja yksinkertaiseen ratkaisuun, jossa materiaalivirta olisi mahdollisimman jouheva ja siinä vältettäisiin ristikkäisiä materiaalivirtoja sekä kaksisuuntaista liikennettä. Näin taataan turvallisemmat työolosuhteet ja vältetään mahdollisia vaaratilanteita, joita syntyy materiaalien kuljetuksissa. [1]

2.4.1 Materiaalivirtojen mallinnustavat

Materiaalivirtojen seuraaminen ja niiden dokumentointi on hyvin tärkeää, sillä ne liittyvät olennaisesti siihen päätökseen, millainen layout lopulta tehtaaseen tulee. On hyvin tärkeää hahmotella ja suunnitella etukäteen, miten eri ratkaisussa materiaalivirrat toteutuvat. Materiaalivirtojen merkitsemiseen on erilaisia menetelmiä. Näitä ovat virtausmenetelmä, spagettidiagrammi ja digitaaliset työkalut. Näiden menetelmien avulla materiaalivirrat pystytään visualisoida suoraan pohjapiirustukseen, mikä helpottaa tehtaan logististen prosessien hahmottamista. Näiden avulla saadaan luotua paras mahdollinen layoutratkaisu tehtaaseen. [1]

Virtausdiagrammi on kokonaisuus viivoja, joissa kuvataan yhden materiaalin liikettä tehtaassa. Mallinnus alkaa materiaalin saavuttua tehtaaseen ja sitä seurataan materiaalin lähtemiseen asti. Mallinnuksessa nuoli kuvaa materiaalin kulkusuuntaa. Virtausdiagrammissa piirretään pohjapiirustuksen päälle materiaalien kulkureitit. Se näyttää fyysisen reitin, jota pitkin materiaalit liikkuvat. Virtausdiagrammissa näytetään eri tuotantovaiheet, välivarastot, odotuspisteet sekä käytetyt siirtolavat (trukit, käsin siirto), mikä mahdollistaa materiaalivirtojen liikkeen ymmärtämisen tehtaassa. Sen avulla ongelmakohtat ja pullonkaulat on mahdollista huomata hyvin helposti. Esimerkiksi edestakainen liikenne ja tyhjänä kulkeminen pystytään havaitsemaan, jolloin niihin pystytään tekemään mahdollisia korjaavia toimenpiteitä. Virtausdiagrammia käytetään havainnollistamisen lisäksi myös analyysityökaluna, jonka avulla pystytään tunnistamaan turhat kuljetukset, tarpeettomat välivarastot, pullonkaulat ja materiaalien odotuskohdat. Turhat kuljetukset tarkoittavat, että materiaali kulkee saman paikan

läpi useamman kerran tuotannossa. Turhat kuljetukset lisäävät ruuhkautumista sekä tapaturmariskejä. Turhat kustannukset ovat myös taloudellisesti rasite, sillä ne lisäävät materiaalinkäsittelykustannuksia. [1]

Spagettidiagrammi on tehokas lean-visualisointityökalu, jota käytetään prosessien ja liikkeen kartoittamiseen. Spagettidiagrammi piirretään pohjapiirustuksen päälle kuin virtausdiagrammi, mutta spagettidiagrammissa kuvataan liikettä pitkäkestoisemmin, jolloin muodostuu enemmän viivoja. Reitit piirretään tarkemmin kuin virtausdiagrammissa, jonka seurauksena viivoista tulee spagettimaisia. Spagettidiagrammin nimi liittyykin viivoihin, sillä viivat muodostavat spagettilautasen tapaisen piirroksen, jossa on paljon muodokkaita viivoja ympäri pohjapiirustusta. Spagettidiagrammi nostaa esille samoja parannuskohteita kuin virtausdiagrammi, eli risteävän liikenteen, pullonkaulat ja välivarastot. Spagettidiagrammin avulla pystytään virtaviivaistamaan prosesseja vähentämällä etäisyyksiä ja liikehukkaa, kun ne pystytään havaitsemaan tehtyjen analyysien ja seurannan seurauksesta. Yksi spagettidiagrammin eduista on, että sen avulla pystytään mittaamaan yritykselle merkittäviä asioita esimerkiksi kuljetusmatka, eli materiaalien tai käyttäjien kulkema kokonaismatkan visualisointi ja matkan laskeminen mahdollistavat siirtohävikin pienentämisen. Varastotasoja pystytään myös mittaamaan, sillä piirustuksesta nähdään, montako viivaa varastoon tulee ja montako sieltä lähtee. Näin pystytään laskemaan, syntyykö vaiheiden välille välivarastoja. [7]

Nykyaikana digitaalisilla työkaluilla eli tietokoneohjelmilla mallinnetaan tehtaassa tapahtuvia materiaalivirtoja. Esimerkiksi CAD-ohjelmaa käytetään osana materiaalivirtojen suunnittelussa. CAD-ohjelma mahdollistaa havainnoinnin paremmin kuin muut vaihtoehdot. CAD-ohjelman suurin yksittäinen etu on sen helppo muutosten tekeminen, eli layoutia pystytään muokkaamaan kesken testauksen, ilman että koko testausta tarvitsee aloittaa alusta. Näin pystytään vertamaan eri layout-ratkaisuja keskenään tekemättä fyysisiä muutoksia, joka mahdollistaa optimaalisen layout-ratkaisun löytämisen. Tietokoneella testaamista varten tarvitaan dataa materiaalien liikkumisesta. Mitä reittejä pitkin materiaalit kulkevat, kauanko siirrot kestävät ja milloin siirrot yleensä tapahtuvat. CAD-ohjelma pystyy valmistamaan näiden tietojen avulla digitaalisen ja kolmiulotteisen mallin. Yleensä käytetään kaksiulotteista analyysiä, mutta kolmiulotteisessa mallissa pystytään hyödyntämään korkeuden tilankäyttöä esimerkiksi hyllyjen käyttöä varastoissa. Kolmiulotteinen analyysi mahdollistaa laajemman mahdollisuuden havainnoida materiaalivirtoja. Ei pelkästään tutkita, mitä liikkuu lattiapinta-alalla, vaan myös havainnoinnin korkeus-suunnassa. [1]

2.4.2 Materiaalivirtojen hallinta

Materiaalivirtojen hallinta perustuu tilanne- ja ennustetietoihin. Näiden avulla operatiivinen johto saa informaatiota, millainen kuormitus ja kuinka paljon erilaisia tuotteita tarvitsee valmistaa. Näiden perusteella syntyy materiaalien tarvelaskenta, mikä ohjaa materiaaleja, kuinka paljon materiaalia tarvitaan ja milloin sen tarvitsee olla käytettävissä. Materiaalivirtojen hallinnassa kaikki lähtee perusajatukselta. Oikea materiaali oikeassa paikassa, oikeaan aikaan ja oikean laatuksena. Materiaalivirtojen ohjaus tarkoittaa käytännössä sitä, mikä materiaali liikkuu tehtaassa mihinkin suuntaan, mutta todellisuudessa materiaalivirtojen ohjauksella tarkoitetaan materiaalien olemassaoloa tehtaassa oikealla hetkellä. [3]

Täydellisessä maailmassa materiaalivirrat menisivät kädestä suuhun periaatteella, jolloin ei syntyisi ollenkaan varastoja. Todellisessa elämässä materiaalivirrat muodostavat varastoja, sillä materiaalien on jossain kohtaa toimitusketjua pysähdyttävä, jolloin materiaalit edellyttävät varastointia. Varastot muodostavat varastointikustannuksia sekä varastoihin sitoutuu yrityksen pääomaa ja ne ovat välttämättömiä. Varastojen avulla yritykset pystyvät mukautumaan kysynnän vaihteluihin. Ne antavat myös turvaa epävarmuuden varalta, jos toimituksissa sattuu ongelmia, ei tehdas joudu käymään tyhjänä, koska ei ole varastoja. Tällöin yritys pystyy tukeutumaan varastoissa oleviin materiaaleihin. Yritykset eivät varastoi, ellei olisi välttämätöntä. Tämän takia yritysten pyrkimys on optimoida varastot mahdollisuuksien mukaan, jotta niistä syntyisi mahdollisimman vähän kustannuksia, mutta yrityksen toiminta pysyisi mahdollisimman stabiilina. [3]

Materiaalivirtojen hallinta perustuu ERP systeemiin eli Enterprise Resource Planning. ERP-systeemi on toiminnanohjausjärjestelmä, joka yhdistää ja automatisoi yrityksen keskeiset prosessit. Keskeisiä prosesseja on muun muassa taloushallinto, tuotannonohjaus, myynti ja henkilöstöhallinto. ERP-systeemin avulla pystytään hallitsemaan materiaaleja, saamaan reaaliaikaista tietoa, jonka perusteella tuotannossa osataan ennakoida tulevien viikkojen ja kuukausien tarpeeseen. Näiden perusteella yritykset tilaavat materiaalit valmistaakseen kyseiset tuotteet. On hyvä muistaa, että materiaalivirtojen hallinta ei ole materiaalien kulkusuunnan määrittämistä. Käytännössä se on juuri sitä, mutta materiaalienhallinnasta puhuttaessa tarkoitetaan materiaalien tilausta, jotta ne ovat tuotannossa oikeassa paikassa, oikeaan aikaan ja oikean laatuksena. [3]

3 Työturvallisuus

Yritysten tarkoituksena on tuottaa mahdollisimman paljon arvoa yritykselleen, joko tuottamalla palveluita tai tuotteita. Näiden tuottamiseen yritys tarvitsee työntekijöitä, jotka hoitavat koneita, valmistavat tuotteita ja palvelevat ihmisiä. Ilman työntekijöitä yrityksillä ei olisi ketään, jotka tuottaisivat arvoa yrityksille. Tämän vuoksi työntekijöiden työturvallisuuteen on panostettava. Suomessa on voimassa työturvallisuuslaki, jossa on kirjattu, että työnantajalla on velvollisuus taata työntekijöille turvalliset työolosuhteet sekä luoda edellytykset tapaturmattomalle ja terveelliselle työskentelylle. Jokaisessa työpaikassa on erilaisia vaaroja, joiden vähentämiseksi ja ennaltaehkäisemiseksi on työturvallisuuslaissa määritetty työnantajan vastuullisuutta selvittää ja korjata mahdolliset vaaraa aiheuttavat tilanteet. Työturvallisuuslaki suojaa työntekijää siirtämällä vastuun työturvallisuudesta työnantajalle siitä, että työolosuhteet ja työturvallisuusriskit on minimoitu ennen työn aloittamista. Työntekijälläkin on oma vastuunsa noudattaa työnantajan antamia ohjeita ja huolehtia työympäristönsä siisteydestä ja turvallisuudesta. [8]

3.1 Jalankulkureitit

Työpäivän aikana tehdasympäristössä tapahtuu liikennettä. On työntekijöiden työperäistä liikennettä, trukkien siirtotyöstä aiheutuvaa liikennettä sekä esihenkilöiden tai tehdasvierailijoiden liikennettä. Työturvallisuuslaissa on määritetty, että työpaikan tulee järjestää ajoneuvo- ja jalankulkuliikenne turvalliseksi. Jalankulkureittien tarkoituksena on mahdollistaa jalankulkijoiden turvallinen liikkuminen tehdasalueella ja mahdollistaa esteetön kulkeminen. Näiden mahdollistamiseksi työpaikalla tulee olla riittävästi liikennemerkitöjä, joiden avulla tehtaassa liikkuvat ymmärtävät, miten työtiloissa tarvitsee liikkua. [8]

Merkittävä osa kaikista työtapaturmista syntyy liikkussa ja tavaroita siirrettäessä. Työnantajalla on velvoite taata työntekijöille turvallinen työympäristö, sekä taata jokaiselle työntekijälle turvalliset kulkemistavat. Huolellisesti suunnitellut jalankulkureitit vähentävät työtapaturmien määrää sekä takaavat turvallisemmat liikkumismahdollisuudet. Tarvittaessa jalankulku- ja ajoneuvoliikenne pitää merkata erikseen, mahdollisten yhtenevien liikenteiden vuoksi. Turvallisuus lähtee siitä, että työpisteet ovat siistejä ja tavarat ovat niille asetetuilla paikoilla, jalankulkureiteille ei ole jätetty esineitä esteiksi ja yleinen siisteys on hyvällä tasolla. Työnantajalla on mahdollisuus järjestää työntekijöille koulutuksia sisäisenliikenteen

toiminnasta tai luoda selkeät sisäisen liikenteen ohjeet jokaiselle henkilölle, jotka liikkuvat tehtaassa. Esihenkilön on perehdytettävä työntekijät, vieraat ja kaikki työpaikalla liikkuvat tietoisiksi liikennejärjestelyistä ja niihin liittyvistä käytänteistä. [9]

3.2 Merkinnät

Kaikilla yrityksillä ei ole mahdollisuuksia järjestää sisäistä liikennettä niin, että kevyt liikenteellä ja ajoneuvoliikenteellä olisi omat ajoväylänsä. Yritykset tarvitsevat vaihtoehtoisia ratkaisuja, jotta he pystyvät takaamaan työntekijöilleen turvalliset työolosuhteet. Yritykset pystyvät tukeutumaan vaihtoehtoisiiin ratkaisuihin, joilla pystytään takaamaan työntekijöiden turvallisuus. Näitä vaihtoehtoisia ratkaisuja ovat esimerkiksi ajoratamerkinnät, kaiteet, portit ja korotetut jalkakäytävät. [10]

Turvamerkintöjä säätelevät viralliset säädökset ja standardit, joita on noudatettava. Merkintöjen on oltava mahdollisimman selkeitä ja yksiselitteisiä, jotta niiden viestimä tarkoitus on välittömästi ymmärrettävissä. Merkeissä on oltava merkin olennaiset yksityiskohdat. Esimerkiksi jalankulkureitteihin on merkitty viivojen sisäpuolelle jalanjäljet, jotka havainnollistavat, että kyseessä on jalankulkuväylä. Kieltoimerkeissä on yhteneviä piirteitä, joiden avulla työntekijät ymmärtävät niiden olevan kieltoimerkkejä. Kieltoimerkit ovat ympyrämäisiä, joiden sisällä on musta kuva valkoisella taustalla, jonka poikki kulkee vinoviiva. Jalankulkureittien merkinnässä on määritelty, että viivojen pitää olla yhtenäiset, sekä viivojen paikat tulee valita niin, että jalankulkureittien ja koneiden väliin jää turvaetäisyys. Liikenneväylien merkitsemisessä on käytettävä tiettyjä värejä, joita ovat keltainen, valkoinen tai muuten selvästi erottuva väri. [11]

3.3 Sisäinen liikenne (Trukkiliikenne)

Työpaikan alueella tapahtuvaa liikennettä kutsutaan työpaikan sisäiseksi liikenteeksi. Sisäiseksi liikenteeksi luokitellaan muun muassa pihalla, parkkialueilla, varastoissa sekä sisätiloissa tapahtuva liikenne. Työpaikalla tapahtuva sisäinen liikenne lisää vaaraa aiheuttavien tilanteiden määrää. Tämän seurauksena työpaikalla tulee kiinnittää huomiota sisäisen liikenteen suunnitteluun ja järjestelyyn. Työnantaja vastaa työpaikan sisäisen liikennejärjestelmän turvallisuudesta, josta on laadittava selkeät liikenneohjeet. Liikenneohjeissa käytetään yleisiä

liikennemerkkejä ja liikennejärjestelyjä, jotta ohjeet olisivat selkeät ja helposti ymmärrettävät. Liikennejärjestelyissä tulee erotella omat väylät kevyelle liikenteelle sekä ajoneuvoliikenteelle. Aina tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, vaan yrityksissä hyödynnetään esimerkiksi ajorata merkintöjä. [10]

Suurin osa työpaikalla tapahtuvista vaaratilanteista syntyy työpaikan sisäisestä liikenteestä. Trukkiliikenne on merkittävin vaaratilanteiden yksittäinen aiheuttaja, sillä työpaikalla tapahtuu paljon materiaalivirroista johtuvaa tuotteiden siirtämistä varaston ja tuotannon välillä [9]. Trukki on omalla voimalla kulkeva siirtelylaite, jonka avulla pystytään siirtämään tuotteita. Trukkeja on erilaisia kuten muun muassa vastapainotrukit, lavansiirtovaunut sekä sähköisesti toimivat pumppukärryt [12]. Trukeille on määriteltävä omat kulkuväylät, joissa niiden on turvallista kulkea ja ne takaavat työntekijöille turvalliset työolosuhteet. Trukkiliikenteelle tarkoitetuille väylille on varattava riittävästi tilaa, sillä liian ahtaat väylät eivät takaa turvallista työskentelymahdollisuutta työntekijöille, eivätkä mahdollista sujuvaa materiaalivirtausta työpaikalla. Trukkien ja ihmisten kohtaamista pyritään välttämään mahdollisuuksien mukaan, mutta aina olosuhteet eivät anna trukeille täysin vapaita kulkureittejä, siksi monissa tehtaissa joudutaan etsimään kompromissi ratkaisuja. [9]

3.4 5S

5S on Japanissa kehitetty viisivaiheinen työympäristön organisointiin ja työmenetelmien standardointiin kehitetty menetelmä. 5S-menetelmän tarkoituksena on parantaa työturvallisuutta ja kasvattaa työn tuottavuutta. 5S-menetelmä on osa lean-ajattelun perustaa, jonka tarkoituksena on poistaa hukkaa eli arvoa tuottamatonta toimintaa. 5S-menetelmässä olennaista on poistaa kaikki turha ja tarpeeton. Tuotannosta poistetaan kaikki ylimääräiset koneet, materiaalit, työkalut ja toiminnot, jotka eivät ole yritykselle arvoa tuottavia tai välttämättömiä. Ylimääräisten asioiden ja esineiden poistamisen jälkeen, tuotannon läpäisyajat lyhenevät ja tuotannon virtauksesta tulee parempi. [13]

5S muodostuu japaninkielisistä sanoista: seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke. Jokainen sana kuvaa yhtä vaihetta 5S-toiminnassa. Seiri eli suomeksi sortteeraus eli lajittelu. Sortteerauksessa luovutaan työnteon kannalta tarpeettomista tavaroista. Arvioidaan, mitkä tavarat ovat työnteon kannalta välttämättömiä ja mitkä ovat tarpeellisia, jotta työ saadaan standardien mukaan tehtyä. Kaikista hätävara- tai puoliksi rikkinäisistä tavaroista luovutaan, mikä vapauttaa tilaa

työskentelylle. Sortteerauksessa lajitellaan tavarat ja mietitään niille mahdollisia säilytysratkaisuja, josta päästään seuraavaan termiin nimeltään seiton. Seiton eli systematisointi tarkoittaa, että jokaiselle tavaralle määritellään omat paikkansa, missä niitä säilytetään. Paikat määritellään selkeästi esimerkiksi, maalaamalla rajat jokaiselle työpisteelle. Näin käytävät jäävät tyhjiksi ja työntekijät pystyvät havainnoimaan poikkeuksia, jos tavarat eivät ole niille asetetuilla paikoilla. Seiso eli siivous, jossa huolehditaan, että työpisteet siivotaan ja tavarat järjestellään päivittäin. Siivoukseen luokitellaan myös laitteiden huolto-ohjelmien suunnittelu sekä ohjelman mukaiset huoltotoimenpiteet. Siivoukselle yritys luo selkeät standardit, ohjeet ja tavoitteet, jotta työntekijät osaavat noudattaa niitä, ja työympäristöt pysyvät järjestyksessä. Seiketsu eli standardisointi, mikä tarkoittaa yhteisistä toimintatavoista ja pelisäännöistä sopimista. Yrityksen toimihenkilöt päättävät asioista työntekijöiden kanssa, missä työkaluja pidetään tai koska koneet siivotaan. Näiden perusteella luodaan selkeät ohjeet, joita työntekijät noudattavat. Standardointiin tarvitaan selkeät visuaaliset ohjeet. Visuaaliset ohjeet ovat esimerkiksi värikoodeja, kylttejä tai tauluja. Viimeinen 5S vaihe on shitsuke eli seuranta. Seuranta on tärkein vaihe, sillä siinä seurataan edellä olevien vaiheiden lopputulosta sovituista toimintatavoista, luodaan vakioituja käytäntöjä, joita työntekijät noudattavat johdonmukaisesti. Prosessin aikaisempien vaiheiden hyödyt jäävät saavuttamatta, mikäli uusiin toimintamalleihin ei sitouduta pitkäjänteisesti. Tehokas seuranta vaatii esihenkilöiden ja työntekijöiden välistä kommunikointia, jotta pystytään tarpeen vaatiessa myös kehittämään aikaisemmin sovittuja asioita.[13]

5S-menetelmät takaavat paremman työturvallisuuden. Jokaisella asialla ja tavaralla on omat merkityt paikat. Jalankulkutiet mahdollistavat esteettömän liikkumisen. Työntekijöiden kuunteleminen takaa paremmat ergonomiat työpaikalle, sillä työntekijät pystyvät argumentoimaan, miten työnteossa ergonomia toteutuu ja, mitä haasteita siinä on. Näin saadaan työntekijöiden työstä mielekkäämpää ja ergonomisempaa. 5S ohjeiden noudattaminen takaa selkeät ja järjestykselliset työtilat. Kun työtilat ovat siistit ja järjestyksessä, mahdollisten työtaturmien määrä pienenee. Näiden 5S-menetelmien avulla pystytään välttämään tarpeettomia sairaspoussaloja työtaturmien takia. [13]

4 Menetelmät ja materiaalit

Työ aloitettiin tutustumalla eri työpisteiden päivittäiseen toimintaan, minkä avulla muodostettiin kokonaiskuva henkilöstön ja materiaalien liikkeistä. Tässä yhteydessä haastateltiin työntekijöitä ja kerättiin kehitysehdotuksia jalankulkureittien sijoittelusta. Pohjapiirustukseen laadittiin alustava hahmotelma reiteistä, joka esiteltiin esihenkilöille. Kehitysehdotusten pohjalta suunnitelmaa kehitettiin edelleen. Suunnitteluvaiheessa tarkat etäisyydet koneista ja rakenteista mitattiin paikan päällä piirustusten tarkkuuden varmistamiseksi.

Työssä käytettiin keltaista huomioteippiä. Sitä teipattiin lattiaan lopullisten jalankulkureittien kohdille, jotta pystyttiin havainnoimaan jalankulkureittien toimivuus ja keräämään palautetta työntekijöiltä mahdollisista korjausehdotuksista. Maalausten yhteydessä käytettiin maalarinteippiä, joka mahdollisti suorat viivat ja tehokkaan maalaamisen. Maalina käytettiin lattiamaalauksiin tarkoitettua keltaista maalia, jonka päälle levitettiin suojaava lakkakerros. Lattiat maalattiin alihankkijoiden maalauskelkkojen avulla.

5 Raportti

Työn aiheena oli suunnitella Walki Westpak Oy:n tehdastiloihin jalankulkuväylät. Tarkoituksena oli parantaa tehdasalueen turvallisuutta ja selkeyttää tuotannossa liikkuvien henkilöiden kulkureittejä. Tarkoituksena oli myös osoittaa työntekijöille, missä ihmiset kulkevat ja missä trukit ajavat. Tavoitteena oli muodostaa nykyaikainen kokonaisuus, joka sisältäisi sekä tavallisia lattiamaalauksia että älykkäitä järjestelmiä.

Työn lähtökohdat olivat selkeästi määritellyt. Tehtaassa on neljä erityyppistä liikennettä ja liikkumismuotoa. Taulukossa 1 on esitetty tehtaassa tapahtuvat eri liikkumismuodot. Alusta asti oli selvää, että näiden neljän pitää toimia yhdessä ja suunniteltavan ratkaisun pitää tukea niitä kaikkia. Koneiden työntekijöiden kuuleminen aiheuttaisi erilaisia mielipiteitä, sillä muutosta melkein aina vastustetaan. Työturvallisuuden kehittäminen on yksi yrityksen keskeisistä painopistealueista, minkä vuoksi tarve selkeiden jalankulkureittien suunnittelulle ja toteuttamiselle oli ilmeinen. Tehtaassa oli ollut hyvä tilanne, sillä viimeisen kolmen vuoden aikana on tapahtunut vain yksi työtapaturma ja sekin liittyi puukon kanssa työskentelyyn.

Samanaikainen tehtaan laajeneminen uusien koneiden myötä aiheutti haasteita reittien suunnittelulle. Suunnitteluvaiheessa ei vielä tiedetty, mihin ja milloin koneet saapuvat. Tämän vuoksi suunnittelu ei voinut tapahtua kerralla, vaan se toteutettiin vaiheittain, kun koneista saatiin tarvittavat tiedot.

Taulukko 1. Tehdasliikenteen eri muodot

1. Työntekijöiden liikkuminen työpisteille

2. Työntekijöiden työperäinen liikkuminen

3. Esihenkilöiden liikkuminen

4. Trukkiliikenne

5.1 Tehtävä

Tehtävä oli suunnitella Walki Westpak Oy:lle jalankulkureitit tehdasalueelle. Tarkoituksena oli erotella ihmisten ja trukkien liikkumisalueet. Lähtötilanteessa tehtaassa ei ollut eroteltu, missä liikkuvat ihmiset ja missä trukit. Tämä loi vaaratilanteita, esimerkiksi hyllyjen muodostamien näköesteiden takia. Tavoitteena oli selkeyttää ihmisten ja trukkien liikkumista ja määrittää niille molemmille omat konkreettiset reitit.

Tehtävä nostaa tehtaan työturvallisuutta huomattavasti aiempaan verrattuna. Liikkumisreittien vakiointi selkeyttää henkilövirtoja ja minimoi hallitsemattomasta liikkumisesta aiheutuvia riskejä työympäristössä. Vaaratilanteiden mahdollisuudet pienevät, sillä trukkien ja ihmisten risteäväliikenne ja turvallisuusriskin omaavat paikat on tutkittu ja on muodostettu turvallinen ratkaisu.

5.2 Monivaiheinen suunnittelu

5.2.1 Tehdaskierros

Suunnittelu aloitettiin tehtaasta. Omalla kahden vuoden työkokemuksen perusteella tiesin etukäteen paljon tehtaasta, mutta lähes pelkästään omasta työtehtävästä. Suunnittelussa on keskeistä huomioida työpisteillä työskentelevän henkilöstön näkemykset, sillä heillä on paras käytännön asiantuntemus työpisteiden toiminnallisuudesta. Tehdasta kierreltiin ja haastateltiin samalla työntekijöitä. Kyseltiin, miten heidän mielestään projekti olisi järkevintä toteuttaa juuri heidän työpisteellään. Kierroksella havaittiin tehtaan ongelmakohtia, erityisesti trukki liikenteen, jalankulkureittien ja tavaroiden säilytyspaikkojen suhteen. Näihin paikkoihin piti keksiä kompromisseja, jotta tuotanto tehostuisi ja turvallisuus kohentuisi.

5.2.2 Layoutsuunnittelu

Layout-suunnittelu toteutettiin pohjapiirustuksen avulla, johon luonnosteltiin reitit ja kulkuväylät. Suunnittelu edellytti tarkistusmittauksia paikan päällä, sillä käytössä olleesta pohjakuvasta puuttui hyödynnettävä mittakaava. Työtä vaikeutti tehtaassa käynnissä ollut laajennus, jonka vuoksi lopullinen ja ajan tasalla oleva pohjapiirustus ei ollut käytettävissä.

Tämä aiheutti haasteita suunnittelulle, sillä kaikkia tehdasalueita ei pystytty huomioimaan heti alkuvaiheessa, vaan alustavaa suunnitelmaa oli muokattava vielä hankkeen loppuvaiheessa.

Layout-suunnittelussa luotiin ensimmäinen versio jalankulkureiteistä tehtaassa. Ensimmäinen versio muodostui tehdaskierroksen pohjalta, jossa haastateltiin työntekijöitä. Ensimmäisestä versiosta muodostui pohja, josta koko projekti sai alkunsa. Tämän läpikäyminen tuotantopäällikön, turvallisuuspäällikön ja tehtaanjohtajan kanssa käynnisti virallisesti projektin. Toivomusten ja näkemysten mukaan aloitettiin toisen version suunnittelu, jossa heidän havaintonsa ja toiveensa olivat otettu huomioon.

Toisen version kanssa toimittiin samanlaisesti kuin ensimmäisen, eli kaikki alkoi tehdaskierroksella, jossa ehdotettiin työntekijöille esille nousseita vaihtoehtoja. Työntekijät ilmaisivat näkemyksensä, miten vaihtoehdot toimisivat käytännössä. Ajatukset siirrettiin uudestaan layout-pohjapiirustukseen, josta syntyi toinen versio. Tämän version esittelin uudestaan tuotantopäällikölle, turvallisuuspäällikölle sekä tehdaspäällikölle. Toinen versio hyväksyttiin ja sen pohjalta aloitettiin suunnittelemaan käytännön testausta.

5.2.3 Informaation kerääminen

Ennen lopullisia maalauksia suoritettiin koeteippaukset. Tämä mahdollisti informaation ja palautteen keräämisen tuotannosta. Koeteippaukset havainnollistivat työntekijöille jalankulkureittien paikat. Koeteippaukset olivat lattiassa noin kaksi kuukautta, jonka aikana kerättiin käytännön huomioita, miten reitit toimisivat, ja missä olisi vielä parannettavaa. Koeteippaukset havainnollistivat hyvin siirrettävien tavaroiden huomioon ottamisen. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että niiden työntekijöiden kohdalla, joiden työpistettä jalankulkureitit muuttivat, oli työntekijöillä aikaa työpisteiden sisäisiin valmisteluihin ja muokkauksiin. Kuva 5 havainnollistaa koeteippausten merkityksen: kuvasta havaitaan kaiteen sijaitsevan keskellä suunniteltua jalankulkureittiä, mikä edellyttää sen poistamista ennen varsinaisten merkintöjen maalaamista.



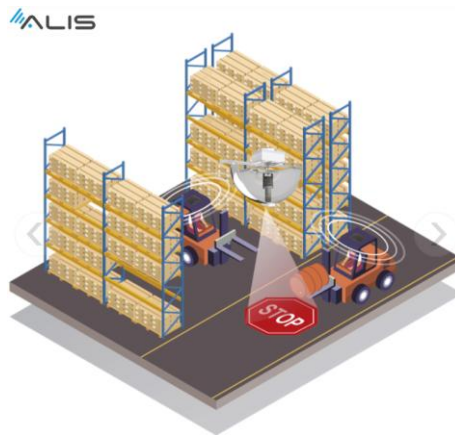
Kuva 5: Jalankulkureittien testaus suoritettiin lattian koeteippauksella.

5.3 Laitehankinnat

Jalankulkureiteistä haluttiin nykyaikaiset ja teknologiset. Tämä oli pakon sanelemaa, sillä joka puolelle tehdasta, ei ollut mahdollista maalata lattiaan fyysisiä väyliä, sillä ne eivät olisi olleet toimivia. Laitehankinnat muodostuivat merkittäviksi ratkaisuuksi, paikkoihin, joissa liikkui niin ihmisiä kuin trukkeja. Tehtaassa oli käynnissä laajennus, mikä loi epävarmuutta laitehankintojen hankinta-ajankohdalle, koska ei ollut varmuutta, hankitaanko laitteet vuoden 2025 vai 2026 budjetista. Alla esitetyt laitehankinnat on päätetty toteuttaa, mutta rahoituksen ollessa vielä avoinna laitteiden toimitusaikataulu on vahvistamatta. Tämän takia laitteista ja niiden sijoittelusta oli haastavaa saada havainnollistavaa kuvamateriaalia tutkielmaa varten.

5.3.1 ALIS Shield -järjestelmä

Kahden hyllyvälin päätyyn (kuvassa 7) tulee Sareskoski Oy-nimiseltä yritykseltä ALIS Shield -järjestelmä, joka heijastaa lattiaan huomiomerkin jalankulkijoille. ALIS Shield -järjestelmässä asennetaan trukkeihin lähettimet ja kattoon asennetaan aluelukija. Aluelukija muodostaa alueen, joka on ympyränmuotoinen ja jonka kokoa säädetään asennuksessa säteen avulla. ALIS Shield -järjestelmä tunnistaa trukit lähettimien avulla, kun ne ovat havainnointialueen sisällä, jolloin piirtoheitin heijastaa ”Varo trukkia” -varoituserkin lattiaan. Kun trukki poistuu alueelta, merkki poistuu lattiasta [14]. Kuvassa 6 on esitetty, miten ALIS shield -järjestelmä toimii käytännössä.



Kuva 6: Havainnointikuva ALIS Shield -järjestelmän toiminnasta. Kuva perustuu lähteeseen [14].

5.3.2 Kaiteet ja trukkiavalot

Tehtaaseen hankittiin kaksi erilaista kaidetta. Ensimmäinen kaide tuli leikkaussaliin, jossa jalankulkureitti on trukki liikenteen vieressä. Kulkureittien selkeyttämiseksi hankittiin alustojen päälle pystytettävät pylvää, jotka ovat kiinnitetty nauhakiinnityksellä toisiinsa. Vähäisen tilan vuoksi kaiteiden tuli olla sellaiset, että ne voidaan tarvittaessa poistaa hetkellisesti.

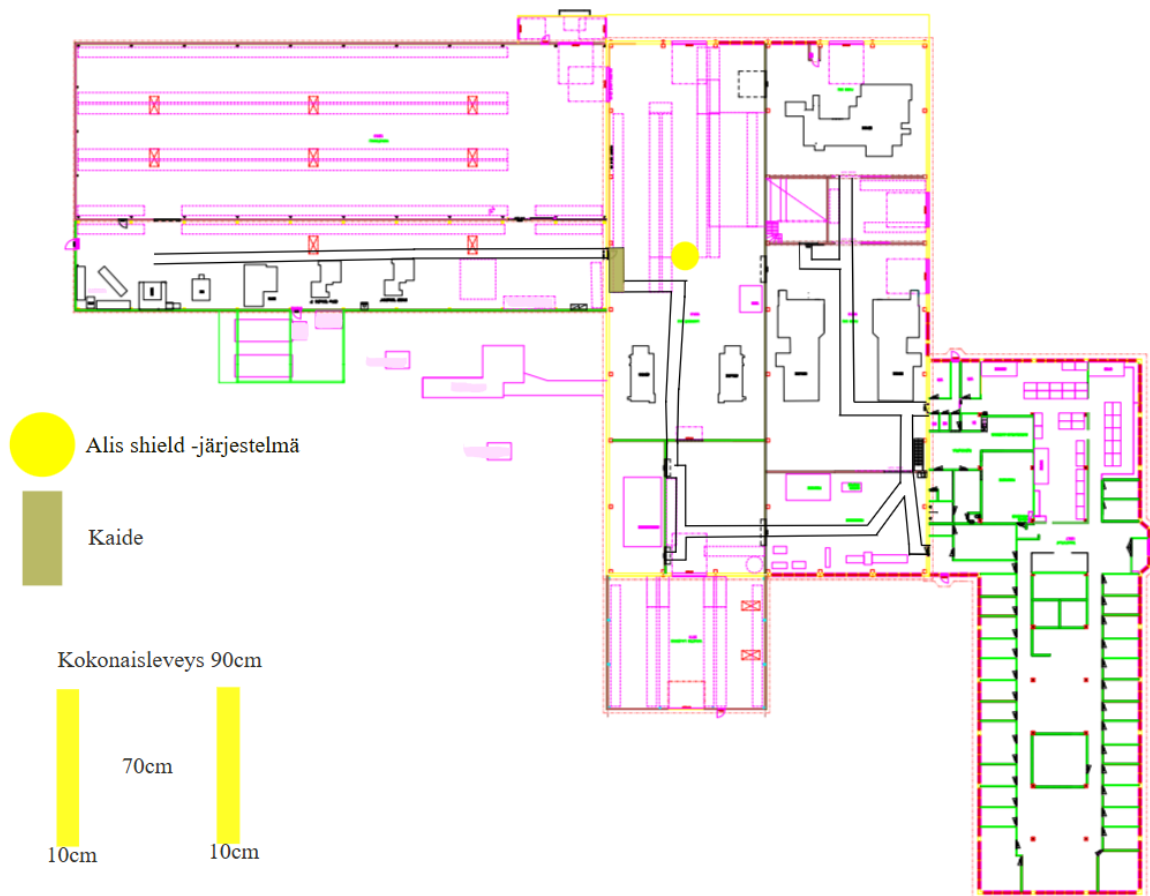
Toinen kaide sijoitettiin leikkaussalin oven eteen, jotta työntekijät eivät kävele suoraan ovesta ulos trukki liikenteen sekaan, vaan joutuvat kaiteen vuoksi kiertämään ja kulkemaan jalankulkureittiä pitkin. Kaiteen päätyyn asennettiin portti, koska kaiteen jälkeen siirrytään kohtaan, jossa trukki liikenne ja jalankulkureitti risteävät. Portti pakottaa työntekijät pysähtymään ennen risteykseen astumista

Trukkeihin asennetaan kamerallinen älyjärjestelmä. Kameran kuva näkyy trukkeihin asennettavissa näytöissä. Tämä vähentää kuolleita kulmia ja lisää kuljettajan näkyvyyttä. Jalankulkijoita tunnistava älyjärjestelmä antaa videokuvan lisäksi kuljettajalle äänimerkillä hälytyksen, kun jalankulkija on trukin lähetyvillä vaara-alueella. Lisäksi järjestelmän mukana trukkeihin tulee huomiovalo, jolloin jalankulkijoiden on helpompi havainnoida trukkeja.

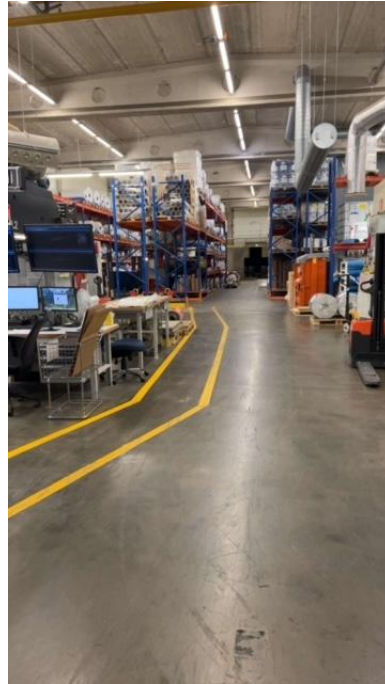
5.4 Toteutus

Jalankulkureitit toteutettiin kuvan 7 perusteella, jossa näkyy tehdasalueen layout, johon on merkattu jalankulkureitit ja turvallisuusmerkinnät. Ennen maalausta lattian puhdistettiin, minkä

jälkeen jalankulkureittien rajausviivat teipattiin maalarinteipillä, jotta maalauksesta tulisi mahdollisimman tarkka ja laadukas. Tämän jälkeen lattia pestiin etyyliliuotusaineella, joka poisti epäpuhtaudet ja paransi maalin tarttumista. Alihankkijat maalasivat jalankulkureitit. Kuvassa 8 on havainnollistettu maalarinteipillä tehdyt rajaukset. Kuvassa 9 esitetään lopputulos, jossa kulkuväylät ovat selkeästi erotettavissa. Jalankulkureitit on tarkoitus maalata uudelleen talven aikana, ja pintaan lisätään suojalakka kestävyuden parantamiseksi. Käytön aikana on havaittu merkintöjen kuluvan, mikä heikentää niiden näkyvyyttä ja käyttöikä. Suojalakkauksella varmistetaan merkintöjen pysyvyys haastavissa käyttöolosuhteissa. Mustat viivat kuvaavat jalankulkureiteitä tehtaassa, jotka ovat toteutettu keltaisilla viivoilla, mutta kuvan selkeyttämiseksi piirrosvaiheessa jalankulkureitit on merkitty mustilla viivoilla.



Kuva 7: Lopullinen layoutsuunnitelma jalankulkureiteistä.



Kuvat 8 ja 9: Vasemman-puolisessa kuvassa esiintyy maalattavat linjat, joissa käytettiin maalarinteippiä maalauksen apuna. Oikeassa kuvassa valmiit lattiamaalaukset.

6 Tulokset

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että vaaratilanteiden määrä väheni merkittävästi, kun jalankulkureitit selkeytettiin erottamalla ihmisten kulkureitit ja trukkien ajoväylät toisistaan. Tutkimuskohteena olleessa tehtaassa tunnistettiin useita riskialueita, joita aiheuttivat muun muassa ahtaat käytävät, hyllyjen luomat katvealueet sekä yleinen tilan puute. Näiden haasteiden ratkaiseminen edellytti layoutin osittaista muuttamista. Samalla muutosten toteutuksessa oli otettava huomioon tuotannon jatkuvuus: materiaalivirran tuli säilyä yhtä sujuvana kuin ennen uudistuksia.

Työn ratkaisuksi muodostui moderni, monivaiheinen kokonaisuus, jossa yhdistettiin fyysisiä ja teknologisia turvallisuusratkaisuja. Ensimmäisenä toimenpiteenä toteutettiin merkityt jalankulkureitit, jotka maalattiin lattiaan. Maalatut reitit toimivat erityisen hyvin paikoissa, joissa trukki liikenne oli vähäistä. Työperäisen liikenteen vuoksi koko tehtaaseen ei ollut mahdollista maalata jalankulkureittejä, eivätkä ne olisi toimineet hyllyväleissä. Näissä kohteissa hyödynnettiin Alis Shield -järjestelmää, joka osoittautui erittäin tehokkaaksi ratkaisuksi. Sensorit ja lähettimet mahdollistivat visuaalisen varoituksen: piirtoprojektorin heijastama 'varo trukkia' -kuva ilmestyi lattiaan, kun trukki oli alueella, jolloin jalankulkija sai tiedon, että trukki liikkuu alueella. Alis Shield -järjestelmän aluelukija poisti hyllyväleihin liittyviä katvealueita, sillä jalankulkija pystyi ennen hyllyväliin siirtymistä tarkistamaan, oliko alueella trukki vai ei. Trukkeihin asennettiin myös huomiovalot ja kamerat, jotka kohottivat trukkien havaittavuutta ja kuljettajan näkyvyyttä. Näin pystyttiin vähentämään ergonomiasta ja trukin rakenteista johtuvia katvealueita, mikä lisäsi kuljettajan mahdollisuuksia havaita jalankulkijat ajoissa.

Kolmantena turvallisuustoimenpiteenä toteutettiin kaiteiden ja porttien asennus. Kaiteiden tarkoituksena oli ohjata jalankulkijat turvallisille reiteille ja estää heitä siirtymästä suoraan trukki liikenteen sekaan. Esimerkiksi leikkaussalista liikuttaessa yleisiä tiloja kohti avautuu ovi, jonka takana on suoraan hyllyvälikkö, jossa liikennöivät trukit. Oven jälkeen sijoitettiin kaide ja portti, joiden avulla jalankulkija ohjataan kulkemaan seinän reunusta pitkin ennen trukki liikenteen ylitystä. Ennen trukki väylän ylittämistä on avattava portti, mikä edellyttää hetkellistä pysähtymistä ja lisää tilanteen havainnointimahdollisuuksia. Tämä suunnitteluratkaisu edistää sekä tietoista tarkkaavaisuutta että turvallisen toiminnan rutiinien vahvistamista.

7 Yhteenveto

Layoutsuunnittelulla on suuri merkitys yrityksen systemaattiseen järjestykseen. Tämä takaa yritykselle mahdollisuuden tuottaa tuotteita tehokkaasti ja vastata markkinoiden kysyntään. Layoutsuunnittelussa on olennaista löytää oikea ratkaisu tehdastiloihin. Tarkoituksena on maksimoida tilankäyttö sekä tuotannon tehokkuus. Jokainen layoutratkaisu on ainutlaatuinen, sillä täysin samanlaista tehdastilaa tai yritystä ei ole olemassa. Jokaisella layout- mallilla on omat hyvät ja huonot puolensa, sillä ne soveltuvat erilaisten tuotteiden ja tuotemäärien valmistukseen. Parhaan ratkaisun löytämiseksi tarvitaan asiantuntemusta erityisesti lean-ajattelusta eli hukan minimoimisesta, jotta resurssit voidaan hyödyntää täysimääräisesti. Materiaalivirtojen tunteminen mahdollistaa suunnittelun siten, että odotusajat minimoidaan ja materiaalien turhaa edestakaista siirtämistä vältetään.

Hyvällä layoutsuunnittelulla pystytään vaikuttamaan työntekijöiden turvallisuuteen. Järjestelmällisyydellä pystytään takaamaan, että tehdastiloissa pysyvät tavarat omilla paikoillaan ja kulkutiet avonaisina. Suunnittelussa 5S -menetelmä antaa hyvän peruslähtökohdan työtilojen järjestelmällisyydelle. Kun tavarat ovat omilla paikoillaan, on helpompi taata työntekijöille esteettömät ja turvalliset jalankulkureitit. Erilaiset merkinnät tavaroille tai jalankulkureittien maalaaminen korostaa työntekijöille, että merkinnät ovat tietyn asian takia olemassa ja niitä on noudatettava.

Nykyaikana yritykset ovat alkaneet panostamaan enemmän työturvallisuuteen. Osana tätä panostusta on pienempien tehtaiden siirtyminen isompien konsernien alle, joissa on tarkemmat työturvallisuus säädökset kuin pienemmillä tekijöillä. Tämä luo lisää layoutsuunnittelua, sillä turvallisuusratkaisut vievät tilaa tehtaasta, jonka vuoksi yritykset tarvitsevat layoutsuunnittelua, joka mahdollistaa tarvittavat työkalut muutosten tekemiseen. Erilaiset älyjärjestelmät kuten yllä oleva Alis Shield -järjestelmä tulevat lisääntymään tehdastiloissa tulevaisuudessa, sillä ne eivät vie lattiatilaa, mutta pystyvät estämään mahdollisia vaaratilanteita sensoreiden avulla. Yritykset tekevät muutoksia layoutratkaisuihinsa koko ajan ja yrittävät löytää uusia paranneltavia asioita, joilla yritys pystyisi entisestään parantamaan tuotannon tehokkuutta. Voidaan siis todeta, että layout-suunnittelua tehdään jatkuvasti, mikä mahdollistaa muutokset nykyisiin ratkaisuihin.

8 Lähteet

- [1] M. P. Stephens ja F. E. Meyers, *Manufacturing Facilities Design and Material Handling*. Purdue University Press, 2013.
- [2] R. Rautaoma, ”Tuotannon layout”, *Logistiikan Maailma*. Viitattu: 22. tammikuuta 2026. [Verkossa]. Saatavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/>
- [3] Miia Martinsuo, J. Lyly-Yrjänäinen, S. Mäkinen, ja P. Suomala, *Teollisuustalouden kehittyvässä liiketoiminnassa*. Helsinki: Edita, 2016.
- [4] ”Layout - Tehdaskehitys”. Viitattu: 22. tammikuuta 2026. [Verkossa]. Saatavissa: <https://www.tehdaskehitys.fi/tuotanto/layout/>
- [5] T. Hill, *Manufacturing Strategy*. London: Macmillan Education UK, 2000. doi: 10.1007/978-1-349-14018-3.
- [6] R. Rautaoma, ”Lean-ajattelu”, *Logistiikan Maailma*. Viitattu: 22. tammikuuta 2026. [Verkossa]. Saatavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajattelu/>
- [7] E. Team, ”The Definitive Guide to Spaghetti Diagram”, *SixSigma.us*. Viitattu: 22. tammikuuta 2026. [Verkossa]. Saatavissa: <https://www.6sigma.us/business-process-management-articles/spaghetti-diagram/>
- [8] ”Työturvallisuuslaki | 738/2002 | Lainsäädäntö | Finlex”. Viitattu: 22. tammikuuta 2026. [Verkossa]. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2002/738#chp_2__sec_8
- [9] ”Sisäinen liikenne”, *Työsuojelu*. Viitattu: 22. tammikuuta 2026. [Verkossa]. Saatavissa: <https://tyosuojelu.fi/tyoolot/tyoymparisto/sisainen-liikenne>
- [10] ”Turvallinen työskentely”, *Työturvallisuuskeskus*. Viitattu: 22. tammikuuta 2026. [Verkossa]. Saatavissa: <https://ttk.fi/tyoturvaluus/tyoympariston-turvallisuus/turvallinen-tyoskentely/>
- [11] P. Risikko, ”Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvamerkeistä ja niiden vähimmäisvaatimuksista | 687/2015 | Suomen säädöskokoelma | Finlex”. Viitattu: 22. tammikuuta 2026. [Verkossa]. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2015/687#OT7_OT1
- [12] ”Sisäinen-liikenne-tuotantolaitoksissa.pdf”. Viitattu: 22. tammikuuta 2026. [Verkossa]. Saatavissa: <https://ttk.fi/wp-content/uploads/2022/04/Sisainen-liikenne-tuotantolaitoksissa.pdf>

- [13] ”Opas - 5S viitoittaa tien Lean-tuotantoon”. Viitattu: 22. tammikuuta 2026. [Verkossa]. Saatavissa: https://blog.pinja.com/hubfs/5S_viitoittaa_tien_Lean-tuotantoon.pdf?utm_campaign=5S%20opas&utm_medium=email&_hsenc=p2ANqtz-9Ht8e3jIjEpPJTU9U4GungTvLOmpz-_dbcQ0xiuRwwQbAruGLOdc2xnjzSWjLSuI6p8lvXX5VPgTG5RtJszix_1uvs-g&_hsmi=30517898&utm_content=30517898&utm_source=hs_automation
- [14] ”ALIS Shield paketti 2: merkintä ja törmäyksenesto”, Sareskoski.com. Viitattu: 23. tammikuuta 2026. [Verkossa]. Saatavissa: <https://www.sareskoski.com/alis-shield-paketti-2-merkinta-tormayksenesto/P12831>