



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Miikka Rantala

KONELINJAN  
HÄTÄPYSÄYTYSJÄRJESTELMÄN  
SUUNNITTELU

Tekniikka

2025

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Miikka Rantala
Opinnäytetyön nimi	Konelinjan hätäpysäytysjärjestelmän suunnittelu
Vuosi	2025
Kieli	suomi
Sivumäärä	62+1 liite
Ohjaaja	Timo Alho

---

Opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Atria Oyj:n siipikarjayksikköön, ja työn tavoitteena oli suunnitella pakkaamon konelinjaan hätäpysäytysjärjestelmä, jota voidaan soveltaa muihin linjoihin tulevaisuudessa. Työssä suunnitellaan, toteutetaan yhdelle pakkauskonelinjalle linjaston kattava hätäpysäytysjärjestelmä, joka parantaa turvallisuutta hätätilanteissa.

Opinnäytetyö perustui koneturvallisuuden standardeihin sekä teknisiin suunniteluohjeisiin. Keskeisiä käsitteitä olivat hätäpysäytysjärjestelmien rakenteet, turvallisuusvaatimukset ja IP-luokitukset, jotka ovat erityisen tärkeitä elintarviketeollisuuden ympäristössä. Tutkimuksessa hyödynnetään kirjallisuutta, järjestelmien teknistä analyysiä sekä riskien arviointia standardien mukaisesti.

Työn tuloksena saatiin muokattua yksi pakkauskonelinjasto hätäpysäytysjärjestelmän alaiseksi. Järjestelmä saadaan pysäytettyä keskitetysti jokaiselta konelinjan painikkeelta lavaamossa, mikä parantaa reaktioaikaa, vähentää onnettomuusrisiä ja lisää työympäristön turvallisuutta. Suunniteltu järjestelmä täyttää nykyaikaiset standardit ja vaatimukset, ja järjestelmän IP-luokitus soveltuu teollisuusympäristöön, jossa laitteet altistuvat pesupaineelle ja kemikaaleille.

## ABSTRACT

Author	Miikka Rantala
Title	Design of the Emergency Stop System for a Machine Line
Year	2025
Language	Finnish
Pages	62+1 Appendices
Name of Supervisor	Timo Alho

---

The thesis was commissioned by Atria Oyj, Poultry Unit, with the objective of designing an emergency stop system for the packaging line, which could also be adapted for other lines in the future. The project involved designing and implementing a comprehensive emergency stop system for one packaging line, enhancing safety in emergency situations.

The thesis was based on machine safety standards and technical design guidelines. Key concepts include the structure of emergency stop systems, safety requirements, and IP classifications, which are particularly important in the food industry environment. The research methods used included a literature review, technical analysis of systems, and risk assessment according to standards.

As a result of the work, one packaging line was modified to operate under an emergency stop system, which can be centrally stopped from any button on the production line within the loading area. This improves reaction time, reduces the risk of accidents, and enhances workplace safety. The designed system meets modern standards and requirements, with an IP classification suitable for an industrial environment where equipment is exposed to high-pressure washing and chemicals.

---

Keywords safety of machinery, standards, food industry, risk assesment, emergency stop

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	YRITYSESITTELY.....	10
3	PERIAATTEET TURVALLISUUDEN ARVIOINTIIN.....	15
3.1	Riskienarviointi.....	16
3.1.1	Riskien vakavuuden arviointi .....	18
3.1.2	Riskien esiintymistodennäköisyyden arviointi.....	19
3.2	Jäännösriskit.....	20
3.3	Turvallisuusluokat .....	21
3.4	Performance Level -Luokitus (PL luokitus) ja sen vaatimukset .....	25
3.5	PL-luokan määrittämisen laskenta .....	28
4	HÄTÄPYSÄTYKSEN TOIMINTA JA VAATIMUKSET.....	30
4.1	Vaatimukset .....	30
4.2	Pysäytysluokat .....	31
4.3	Hätäpysäytys konelinjastossa .....	33
5	PAKKAUSKONELINJASTO .....	34
5.1	Lihamollakippi .....	35
5.2	Nostokuljetin- ja hihnakuljetinjärjestelmä .....	36
5.3	Monipäävaaka.....	37
5.4	Pakkauskone .....	38
5.5	Jakolaite .....	40
5.6	Etiketöintilaite.....	41
5.7	Ulostulokuljetin.....	42
5.8	Tarkistusvaaka.....	43
5.9	Metallinpaljastin/Röntgen .....	44
5.10	Robottisolu.....	45
6	PAKKAUSLINJASTON HÄTÄPYSÄYTYSJÄRJESTELMÄN SUUNNITELU JA TOTEUTUS .....	47

6.1	Konelinjan turvallisuusriskien arviointi ja hallinta .....	47
6.2	Konelinjaston laitteet hätäseisjärjestelmässä .....	49
6.3	Hätäpysäytysjärjestelmän rakenne .....	50
6.4	Laitteet, jotka vaativat muokkausta liittämistä varten .....	51
6.5	Järjestelmän nollaaminen .....	53
6.6	Järjestelmän testaaminen ja toiminta .....	53
6.7	Haasteet työvaiheessa .....	54
7	YHTEENVETO .....	55
	LÄHTEET .....	57
	LIITTEET .....	62

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Kuva Broilerin kasvattamohallista (Mäkelä, 2021). .....	11
<b>Kuva 2.</b> Broilereiden kulku navetassa (Marel, n.d.-a).....	12
<b>Kuva 3.</b> Broilerit kylmiössä (Marel, n.d.-b). .....	13
<b>Kuva 4.</b> Broileri leikkaamon laitteita ja prosessin kulkua (Hannuksela, M. 2024).14	
<b>Kuva 5.</b> Broileri pakkaamon laitteita ja prosessi (Hannuksela, J. 2024). .....	14
<b>Kuva 6.</b> Riskienarviointiprosessi työpaikalla (Työterveyslaitos, 2009).....	15
<b>Kuva 7.</b> Luokan B mukainen järjestelmän rakenne (SFS, 2023).....	22
<b>Kuva 8.</b> Luokan 1 mukainen järjestelmän rakenne (SFS, 2023).....	23
<b>Kuva 9.</b> Luokan 2 mukainen järjestelmän rakenne (SFS, 2023).....	24
<b>Kuva 10.</b> Luokan 3 mukainen järjestelmän rakenne (SFS, 2023).....	24
<b>Kuva 11.</b> Luokan 4 mukainen järjestelmän rakenne (SFS, 2023).....	25
<b>Kuva 12.</b> Vaaditun suoritustason (PLr) määrittäminen riskigraafin avulla (SFS, 2023, liite A). .....	27
<b>Kuva 13.</b> Esimerkki kuva pakkauskonelinjastosta (Multivac, n.d.-d).....	34
<b>Kuva 14.</b> Diagrammi kuva konelinjaston laitteista ja tuotteen kulku vaiheista. ..	35
<b>Kuva 15.</b> Esimerkkikuva Lihamollakipistä (Kittner, n.d).....	36
<b>Kuva 16.</b> Monipäävaaka, nostokuljetin ja hihnakuljetin esimerkkikuva (Marel, n.d.-a).....	38
<b>Kuva 17.</b> Esimerkkikuva Syvävetopakkaus koneesta (Multivac, n.d.-e). .....	40
<b>Kuva 18.</b> Esimerkkikuva jakolaitteesta (Cabinplant, n.d). .....	41
<b>Kuva 19.</b> Esimerkkikuva Etiketöintilaitteesta (Multivac, n.d.-c).....	42
<b>Kuva 20.</b> Tarkistusvaaka Esimerkkikuva (Multivac. n.d.-a).....	44
<b>Kuva 21.</b> Röntgentarkastuslaite esimerkkikuva. (Multivac. n.d.-b).....	45
<b>Kuva 22.</b> Esimerkkikuva Laatikointisolurobotista (Trimaster, n.d).....	46
<b>Taulukko 1.</b> Riskiensuuruuden arviointimatriisi (SFS, 2013). .....	18
<b>Taulukko 2.</b> Turvallisuusluokkien perusvaatimukset (Siirilä. 2009b). .....	22

<b>Taulukko 3.</b> PL-Luokkia koskevat vaatimukset yksinkertaistettuna. (Siirilä. 2009b). .....	26
<b>Taulukko 4.</b> Työssä käytettyjä standardeja ja niiden soveltamiskohteita.....	49
<b>Liite 1.</b> Riskien arvioinnin vaiheet (SFS, 2010) .....	62

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään hätäpysäytysjärjestelmän suunnittelua ja toteutusta pakkaamon konelinjastolle Atria Oyj:n siipikarjatehtaassa. Työn lähtökohdiana on yrityksen tarve parantaa ja yhtenäistää nykyisen pakkauskonelinjaston turvallisuutta ottamalla käyttöön koko linjaston kattava hätäpysäytysjärjestelmä, jota voidaan myöhemmin soveltaa myös muihin tuotantolinjoihin. Hätäpysäytysjärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jonka avulla konelinja voidaan pysäyttää nopeasti ja turvallisesti vaaratilanteen sattuessa, ehkäisten näin ihmisten loukkaantumisia ja laitteiden vahingoittumista.

Turvallisuus on keskeinen osa teollisten tuotantolinjojen suunnittelua ja ylläpitoa. Hätäpysäytysjärjestelmän merkitys korostuu erityisesti elintarviketeollisuudessa, jossa koneiden ja laitteiden turvallisuusvaatimukset ovat tiukat sekä henkilöstön että tuoteturvallisuuden näkökulmasta. Tehokas ja oikein toteutettu hätäpysäytysjärjestelmä auttaa ehkäisemään onnettomuuksia ja vähentää vahinkojen vakaavuutta, mikäli niitä pääsee syntymään. Linjaston laajuinen hätäpysäytys lisää työntekijöiden reagoitumahdollisuuksia hätätilanteissa ja pienentää näin merkittävästi riskiä vakavien tapaturmien tai konevaurioiden syntymisestä.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää pakkauskonelinjan tarve yhtenäiselle hätäpysäytysjärjestelmälle. Riskienarviointi määrittelee hätäpysäytysjärjestelmän laajuuden. Riskienarvioinnin jälkeen suunnitellaan tarvittavat järjestelmät ja toteutetaan ne. Tämän opinnäytetyön ansiosta lukija saa kattavan kuvan koneturvallisuuden periaatteista, hätäpysäytysjärjestelmien suunnittelun ja toteutuksen prosesseista sekä niiden merkityksestä turvallisen työympäristön luomisessa.

Järjestelmän tulee myös olla mahdollisimman hyvä IP-luokituksestaan, koska tehtaissa, joissa käsitellään elintarvikkeita, pestään laitteet painepesulla ja todella vahvoilla kemikaaleilla. Lähtökohtana on, että laitteiden IP-luokitus tulisi olla vähintään IP65, mutta parhaimpaan IP-luokitukseen IP69K tulee pyrkiä mahdollisuuksien mukaan. IP69K on hyvä tässä tapauksessa, koska luokituksen loppuosa

9K tarkoittaa, että komponentit kestävät suurella paineella läheltä ruiskutettua kuumaa vettä ja höyryä. (International Electrotechnical Commission (IEC), (n.d).)

Pakkauskonelinjastossa tällä hetkellä yksittäinen laite pysäyttää vain itsensä painettaessa hätäpysäytystä. Linjaston laajuinen hätäpysäytys voi ennaltaehkäistä ihmisen tai laitteiden vahingoittumisia. Linjaston laajuinen hätäpysäytys laskee riskiä myös onnettomuudelle ja sen vakavuutta. Linjaston laajuinen hätäpysäytys parantaa reaktioaikaa, kun jokaisella laitteella on mahdollisuus saada pysäytettyä linjaston laitteet.

Työn lopputavoitteena on kehittää linjastolle yhtenäinen hätäpysäytysjärjestelmä, jolloin on keskitetty ja standardoitu hätäpysäytysjärjestelmä, joka kattaa koko laavaamon tai pakkauskonelinjaston, millä saadaan laskettua viivettä hätäpysäytykselle. Toteutettuna konelinjakohtainen hätäpysäytysjärjestelmä saavutetaan turvallisempi ja paremmin hallittavissa oleva linjasto, jossa linjaston hätäpysäytys toiminnot vastaavat nykyaikaisia standardeja.

## 2 YRITYSESITTELY

Atria Oyj on Pohjois-Euroopan suurimpia ruoka-alan yrityksiä. Atria on perustettu vuonna 1903. Yritys toimii tällä hetkellä kolmessa eri maassa Suomen lisäksi, Ruotsi, Tanska ja Viro. Vuonna 2023 Atria Oyj:n konsernissa työskenteli keskimääräisesti 3898 henkilöä. (Atria Oyj, n.d.)

Atrialla on Suomessa useampi eri tuotantolaitos, mutta suurin niistä on Nurmossa. Nurmon tuotantolaitokselta löytyy Sikateurastamo ja leikkaamo, Lihavalmiste, Valmisruoka, Siipikarjatehdas, muita pienempiä tuotanto-osastoja ja suuri logistiikkakeskus.

Siipikarjatehdas on Atrian viimeisin ja suurin investointi, tehdas valmistui vuonna 2024 ja sen avajaiset pidettiin elokuussa 2024. Tehdas nostaa tuotantokapasiteettia noin 40 %, uuden tehtaan teuraslinjan vauhti on 15 000 lintua tunnissa.

Siipikarjatehtaan tuotantoprosessi koostuu useista eri vaiheista, joilla varmistetaan tehokas ja laadukas lopputulos. Kaikki alkaa Atrian hautomolta, jossa broilerit kuoriutuvat valvotuissa olosuhteissa. Heti kuoriutumisen jälkeen ne kuljetetaan valituille tiloille, joissa niille on järjestetty optimaaliset kasvuolosuhteet.

Tiloilla tiput sijoitetaan broilerihalleihin, joissa ne kasvavat noin 5–6 viikon ajan ennen teurastukseen siirtymistä. Näissä halleissa broilereille tarjotaan jatkuvasti ruokaa ja vettä automaattisten syöttö- ja juottojärjestelmien avulla, mikä takaa tasaisen kasvun ja hyvinvoinnin. Kuvassa 1 on esimerkki tällaisesta kasvatushallista, jossa broilereilla on käytössään ruokinta- ja juottolaitteet. Hallien olosuhteita, kuten lämpötilaa ja ilmanvaihtoa, säädellään tarkasti eläinten hyvinvoinnin takaamiseksi.

Tämä monivaiheinen prosessi mahdollistaa broilereiden tehokkaan ja vastuullisen kasvatuksen ennen niiden päätymistä jatkokäsittelyyn siipikarjatehtaalle.



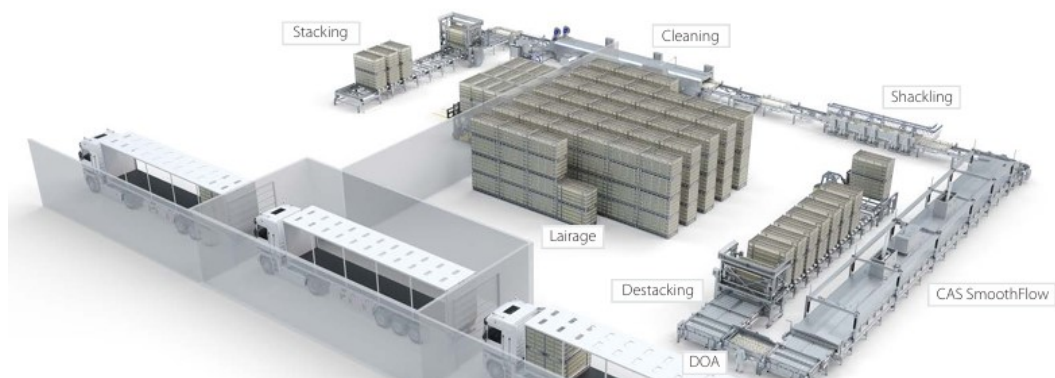
**Kuva 1.** Kuva Broilerien kasvattamohallista (Mäkelä, 2021).

Broilerit saapuvat tuotantolaitokseen kuljetusrekoilla, joissa ne on pakattu erityisiin kuljetuskoreihin. Näitä koreja on pinottu useampaan kerrokseen, mikä mahdollistaa tehokkaan kuljetuksen. Saapuessaan ne puretaan linjastolle, jossa ne etenevät kohti tainnutusvaihetta.

Tainnuttaminen tapahtuu hiilidioksidikaasulla (CO<sub>2</sub>), joka on eläinten hyvinvoinnin kannalta hellävarainen ja tehokas menetelmä. Kun broilerit on tainnutettu, ne siirtyvät ripustukseen, jossa ne asetetaan teuraslinjalle jatkokäsittelyä varten.

Samanaikaisesti tyhjät kuljetuskorit siirtyvät pesulinjastolle, jossa ne puhdistetaan perusteellisesti ennen kuin ne pinotaan uudelleen ja lähetetään takaisin kierrossa seuraavaa käyttökertaa varten. Tämä varmistaa, että jokainen uusi lasti saapuu puhtaissa ja hygieenisissä kuljetuskoreissa.

Kuvassa 2 näkyy koko prosessin kulku, mukaan lukien broilerin saapuminen koreissa, niiden käsittely sekä kuljetuskorien pesu ja uudelleenkierto osana järjestelmää.



**Kuva 2.** Broilereiden kulku navetassa (Marel, n.d.-a).

Broilerit käsitellään teurastuslinjassa, jossa ne kulkevat automaattisen linjaston mukana läpi eri käsittelyvaiheiden. Ensimmäiseksi ne haudutetaan kuumassa vedessä, mikä pehmentää höyheniä ja helpottaa niiden poistamista. Tämän jälkeen broilerit siirtyvät koneelliseen höyhentenpoistoon, jossa tuhannet nopeasti pyörivät kumisormet poistavat höyhenet tehokkaasti lintujen pinnalta.

Höyhenten poiston jälkeen broilerit etenevät suolistusvaiheeseen. Tässä vaiheessa sisäelimet poistetaan koneellisesti tarkasti ja hygieenisesti. Samanaikaisesti tarkastajat valvovat, että linnut ovat terveitä. Mikäli havaitaan sairauksia tai tulehduksia, kyseiset yksilöt hylätään ja hävitetään jätteenä.

Kun suolistus on suoritettu, broilerit siirtyvät seuraavaan käsittelyvaiheeseen, eli jäädytykseen. Ne kuljetetaan kylmiöön, jossa niiden lämpötila lasketaan lähelle nollaa astetta. Broilerit pysyvät kylmiössä useiden tuntien ajan, mikä varmistaa lihan oikeanlaisen rakenteen ja laadun. Tämä kaikki tapahtuu automaattisen radan mukana ja siinä ei tarvita ihmisiä, muuta kuin ripustamaan ja tarkastamaan linnut.

Kuvassa 3 näkyy broilerin jäähtytysvaihe, jossa ne ovat ripustettuina kylmiössä jäähtymässä ennen jatkokäsittelyä ja pakkaamista.



**Kuva 3.** Broilerit kylmiössä (Marel, n.d.-b).

Jäähtytyksen jälkeen broilerit ohjataan joko leikkaamolinjastolle tai suoraan pakkaamoon. Reitin valinta riippuu lintujen painosta ja lopputuotteelle asetetuista vaatimuksista. Leikkaamolinjastolla broileri paloitellaan tarkasti eri osiin, kuten rintafileisiin, koipireisiin ja siipiin. Tätä prosessia automatisoivat edistyneet fileointikoneet, jotka varmistavat tarkan ja tehokkaan leikkuun, samalla minimoiden hävikin.

Jos broileria ei paloitella, se ohjataan kokonaisena suoraan pakkaamoon, jossa se valmistellaan kuluttajille myytäväksi. Pakkaamossa osa broilerin lihasta maustetaan erilaisilla mausteilla ja marinadeilla ennen pakkaamista. Maustetut tuotteet

ja maustamattomat broilerituotteet pakataan automaattisella pakkauskonelinjastolla, mikä varmistaa nopean ja hygieenisen käsittelyn.

Lopulta valmiiksi pakatut broilerituotteet päätyvät kauppojen hyllyille ja sieltä kulluttajien ruokapöytiin. Kuvissa 4 ja 5 näkyy, kuinka Atrian siipikarjatehtaan prosessi etenee leikkuusta ja maustamisesta aina pakkaamiseen saakka.



**Kuva 4.** Broileri leikkaamon laitteita ja prosessin kulkua (Hannuksela, M. 2024).

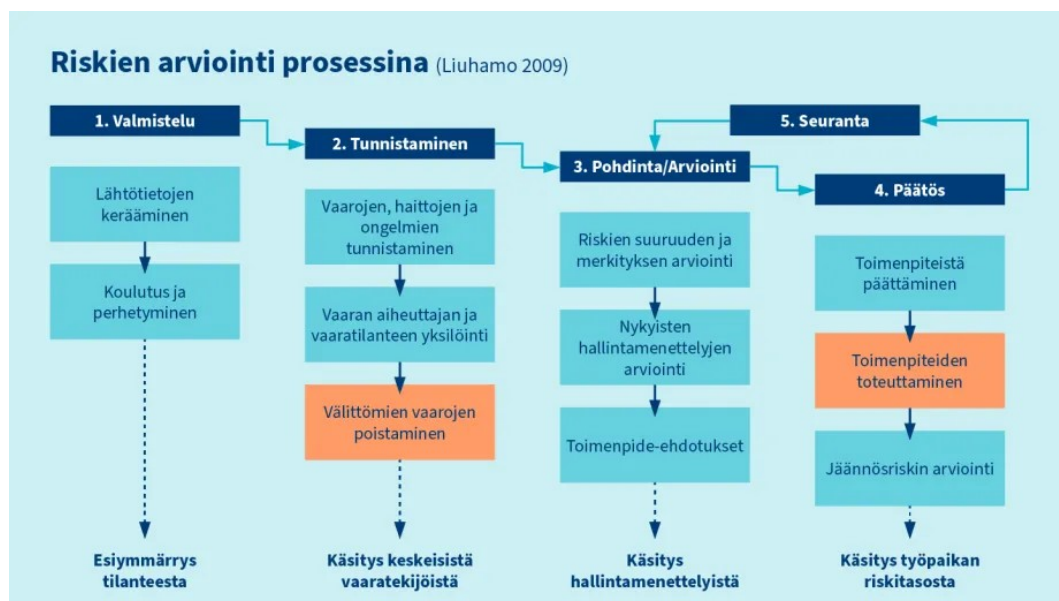


**Kuva 5.** Broileri pakkaamon laitteita ja prosessi (Hannuksela, J. 2024).

### 3 PERIAATTEET TURVALLISUUDEN ARVIOINTIIN

Työnantajan tulee systemaattisesti tunnistaa työympäristöön ja työprosesseihin liittyvät riskit. Kaikki tunnistetut riskit tulee priorisoida niiden vakavuuden ja todennäköisyyden mukaan. Riskien arvioinnin tukena voidaan käyttää esimerkiksi riskimatriiseja, joissa riskejä luokitellaan niiden vaikutusten ja esiintymisen todennäköisyyden perusteella. Turvallisuuden arvioinnin tulee olla ennakoivaa eikä reaktiivista, mikä tarkoittaa, että vaaratekijöitä pyritään tunnistamaan ja hallitsemaan ennen kuin ne johtavat tapaturmiin. (Työterveyslaitos, 2009.)

Kuvassa 6 on kaavio, joka havainnollistaa riskien arviointiprosessin etenemistä vaihe vaiheelta.



**Kuva 6.** Riskienarviointiprosessi työpaikalla (Työterveyslaitos, 2009).

Riskienarviointi voidaan toteuttaa tarkastelemalla yrityksen koneita, työpisteitä ja alueita. Työntekijöiden osallistuminen turvallisuuden arviointiin on keskeistä, sillä he tuntevat omat työtehtävänsä ja niihin liittyvät vaaratekijät parhaiten. Keskus-

telu työntekijöiden kanssa auttaa tunnistamaan riskejä, jotka saattavat jäädä huomaamatta pelkästään ulkopuolisen tarkkailun perusteella. (Työturvallisuuskeskus, 2015.)

Turvallisuuden arvioinnissa tulee ensisijaisesti pyrkiä vähentämään riskejä teknisin ja työnantajan toimenpitein. Tekniset ratkaisut, kuten koneiden suojaukset, automaattiset hätäpysäytysjärjestelmät ja valoverhot, tarjoavat pysyviä ja luotettavia keinoja vaarojen poistamiseen. Työnantajan toimenpiteet, kuten työntekijöiden koulutus, turvallisuusohjeiden laatiminen ja säännölliset tarkastukset, täydentävät teknisiä ratkaisuja. Henkilösuojaimia tulisi käyttää viimeisenä keinona, jos muita toimenpiteitä ei voida toteuttaa tehokkaasti. (Työterveyslaitos, 2009.)

Turvallisuuden arviointia ei tule nähdä kertaluonteisena tehtävänä, vaan jatkuvana prosessina. Arviointiprosessin tuloksia tulee säännöllisesti tarkastella ja parantaa. Uusia riskejä voi ilmetä, kun työolosuhteet muuttuvat tai uusia laitteita otetaan käyttöön, joten arvioinnin päivittäminen on välttämätöntä. (Työturvallisuuskeskus, 2023.)

### **3.1 Riskienarviointi**

Riskienarviointi ja -pienentäminen on itseään toistava prosessi, jossa riskien arvioinnin tekijän ja koneen valmistajan tulee tarkastella tiettyjä asioita koneesta. Prosessi alkaa vaarojen tunnistamisella, sillä tunnistamattomia vaaratekijöitä ei voida poistaa tai vähentää. Koneesta tulee määrittää fyysiset ja toiminnalliset raja-arvot, joihin sisältyy tarkoitettu käyttö sekä kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö. On arvioitava riskien suuruus sekä mahdollisen vamman tai terveyshaitan vakavuus ja näiden seurausten toteutumisen todennäköisyys. Riskin merkitys tulee arvioida sen määrittämiseksi, eli onko riskiä tarpeen pienentää konedirektiivin vaatimusten täyttämiseksi. Vaarojen tunnistamisen ja arvioinnin jälkeen riskit tulee poistaa tai pienentää. (ISO, 2010.)

Riskienarvioinnin onnistuminen edellyttää järjestelmällistä lähestymistapaa, jossa kaikki koneen käyttöön liittyvät tilanteet arvioidaan yksityiskohtaisesti. Tämä ei koske pelkästään koneen normaalikäyttöä, vaan myös ennakoitavissa olevia väärinkäytöksiä, jotka voivat johtua esimerkiksi inhimillisistä virheistä tai koneen huoltotilanteista. Näiden tilanteiden ennakointi auttaa suunnittelemaan turvallisuusratkaisuja, jotka minimoivat riskit ja täyttävät lainsäädännön vaatimukset. Esimerkiksi koneen liikkuvat osat voivat aiheuttaa puristumis- tai leikkausvaaroja, jos niitä ei ole suojattu asianmukaisesti. Tällaiset vaaratekijät tulee kartoittaa ja poistaa jo koneen suunnitteluvaiheessa. (ISO, 2010.)

Riskien arvioinnin aikana on tärkeää huomioida myös teknologian ja käyttöympäristön vaatimukset. Koneessa käytettävät materiaalit, ohjausjärjestelmät ja käyttöolosuhteet voivat kaikki vaikuttaa riskien suuruuteen ja niiden hallittavuuteen. Lisäksi koneen elinkaari tulee ottaa huomioon esimerkiksi riskejä voi ilmetä käyttöönottovaiheen lisäksi myös käyttö- ja käytöstäpoistovaiheessa. Jatkuva seuranta ja arvioinnin päivittäminen ovat välttämättömiä, jotta turvallisuus pysyy ajan tasalla ja pystytään reagoimaan mahdollisiin muutoksiin koneen käytössä tai työympäristössä. (ISO, 2010.)

Kun vaarat on tunnistettu ja niiden merkitys on arvioitu, seuraa riskienhallintavaihe. Tässä vaiheessa pyritään ensisijaisesti poistamaan vaaratekijät suunnitteluratkaisuilla. Jos vaaroja ei voida kokonaan poistaa, käytetään turvalaitteita, kuten suojuksia, valoverhoja tai hätäpysäytysjärjestelmiä. Näillä teknisillä ratkaisuilla voidaan merkittävästi vähentää riskejä. Työnantajan tulee myös tarjota selkeät käyttöohjeet, järjestää työntekijöiden koulutukset ja tehdä säännöllisiä tarkastuksia. Lopulta, jos riskejä ei voida poistaa tai hallita muilla keinoilla, turvaudutaan henkilösuojaimiin, kuten suojakäsineisiin tai suojalaseihin. (ISO, 2010.)

Riskienarviointi on keskeinen osa koneen turvallisuuden varmistamista, ja se edellyttää kaikkien osapuolten, kuten valmistajien, käyttäjien ja huoltohenkilöstön, yhteistyötä. Ilman tätä prosessia on mahdotonta varmistaa, että kone on turvallinen käyttää kaikissa tilanteissa. Järjestelmällisyys ja huolellisuus ovat avainasemassa

riskienarvioinnissa, sillä pienetkin huomiotta jääneet vaaratekijät voivat johtaa vakaviin tapaturmiin tai terveyshaittoihin. (ISO, 2010.)

Liitteessä 1. on esimerkkikuva standardista SFS-EN ISO 12100:2010 riskienarviointivaiheista ja toteutuksesta.

### 3.1.1 Riskien vakavuuden arviointi

Jokaisen riskin seuraukset tulee arvioida huolellisesti. Riskin suuruus määritetään ensin sen esiintymistodennäköisyyden perusteella, minkä jälkeen arvioidaan vahingon vakavuus, mikäli riski toteutuu. Riskin arvioinnin tukena voidaan käyttää riskin suuruuden arviointimatriisia. SFS-ISO/TR 14121-2 standardissa on esimerkiksi taulukon 1 mukainen arviointimatriisi.

**Taulukko 1.** Riskiensuuruuden arviointimatriisi (SFS, 2013).

Vahingon esiintymistodennäköisyys	Tuhoisa	Vaikea	Kohtalainen	Vähäinen
<b>Erittäin todennäköinen</b>	Suuri	Suuri	Suuri	Keskimääräinen
<b>Todennäköinen</b>	Suuri	Suuri	Keskimääräinen	Pieni
<b>Epätodennäköinen</b>	Keskimääräinen	Keskimääräinen	Pieni	Merkityksetön
<b>Erittäin epätodennäköinen</b>	Pieni	Pieni	Merkityksetön	Merkityksetön

Yllä olevaa taulukkoa voidaan käyttää arvioitaessa työtehtävissä esiintyviä vaaroja ja vaaratilanteita. Kunkin vaaran mahdolliset seuraukset ja vahingon vakavuus tulee arvioida erikseen. Vahingon vakavuus arvioidaan pääasiassa henkilövahinkoina tai terveyshaittoina, ja ne voidaan luokitella seuraavasti:

- **Tuhoisa** – Kuolemaan tai pysyvään työkyvyttömyyteen johtava vamma tai sairaus (työhön palaaminen ei ole mahdollista).
- **Vaikea** – Vakava, toimintaa merkittävästi haittaava vamma tai sairaus (työhön palaaminen voi olla mahdollista jossain vaiheessa).
- **Kohtalainen** – Huomattava vamma tai sairaus, joka vaatii lääkärinhoitoa mutta ei estä työhön palaamista entisessä roolissa.

- **Vähäinen** – Lievä vamma tai terveyshaitta, joka vaatii korkeintaan ensiapua, eikä aiheuta poissaoloa tai vain lyhyen työstä poissaolon.

Riskien arvioinnissa keskitytään ensisijaisesti vakavimpaan vahinkoon, joka realistisesti voi tapahtua, eikä niinkään pahimpaan mahdolliseen skenaarioon. Näin varmistetaan, että toimenpiteet kohdistuvat merkittävimpiin riskeihin ja turvallisuutta voidaan parantaa tehokkaasti. (SFS, 2013.) Tässä työssä riskien vakavuutta on arvioitu luvussa 6.1.

### 3.1.2 Riskien esiintymistodennäköisyyden arviointi

Jokaisen vaaran ja mahdollisen vaaratilanteen esiintymistodennäköisyys on tärkeää arvioida osana riskinhallintaa. Tämä arviointi auttaa ymmärtämään, kuinka usein vaaratilanne voi ilmetä ja kuinka todennäköistä sen toteutuminen on.

Vahingon esiintymistodennäköisyyden arviointi voi perustua seuraaviin tekijöihin:

- **Altistumistiheys ja kesto** – Kuinka usein ja kuinka pitkään henkilöt altistuvat vaaralle.
- **Henkilömäärä** – Kuinka moni ihminen voi joutua alttiiksi vaaralle samanaikaisesti.
- **Tehtävän suorittajat** – Millaisia taitoja ja koulutusta tehtävää suorittavilla henkilöillä on.
- **Kokemus ja tuntemus** – Kuinka hyvin työntekijät tuntevat koneen, laitteen tai työprosessin.
- **Työympäristö** – Millaiset olosuhteet voivat vaikuttaa riskin esiintymiseen, kuten valaistus, melu, lämpötila ja ergonomia.
- **Inhimilliset tekijät** – Mahdolliset virheet, väsymys ja muut ihmiseen liittyvät riskitekijät.

- **Turvatoimintojen luotettavuus** – Miten hyvin turvalaitteet ja -järjestelmät toimivat käytännössä.
- **Suojaustoimenpiteiden ja riskinhallinnan ylläpito** – Kuinka tehokkaasti suojaustoimenpiteitä valvotaan ja ylläpidetään.
- **Mahdollisuus välttää vahinko** – Onko työntekijällä mahdollisuus havaita ja reagoida ajoissa vaaratilanteeseen.

Riskienarviointi on tehty luvussa 6.1.

### 3.2 Jäännösriskit

Jäännösriskit ovat riskejä, joita ei voida poistaa kokonaan riskienarviointiprosessin ja riskinhallinnan toimenpiteiden avulla. Näiden riskien olemassaolo on väistämätöntä, koska koneiden ja laitteiden käyttöön liittyy aina jonkin verran hallitsemattomia tekijöitä. Jäännösriskejä jää jäljelle erityisesti silloin, kun vaaratekijöiden poistaminen ei ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollista. (ISO, 2010)

Riskienarvioinnin aikana tunnistetaan ja arvioidaan jäännösriskit erikseen. Nämä riskit tulee tehdä näkyviksi, ja niiden hallintaan on kiinnitettävä erityistä huomiota. Jäännösriskien olemassaolo ei saa jäädä piiloon, vaan ne on dokumentoitava ja ilmoitettava selkeästi koneen käyttäjille. Käytännössä tämä toteutetaan käyttöohjeiden, varoitusmerkintöjen ja koulutuksen avulla. Esimerkiksi koneen käyttöohjeessa tulee selittää, mitä riskejä koneen käytössä voi edelleen olla, ja miten käyttäjä voi minimoida niiden vaikutukset. (Euroopan parlamentti ja neuvosto, 2006)

Jäännösriskien hallintaan käytetään usein henkilösuojaimeja, joita sovelletaan viimeisenä keinona, kun muut riskienhallintatoimenpiteet eivät riitä. Henkilösuojaimeilla, kuten suojalaseilla, kuulonsuojaimilla tai turvajalkineilla, voidaan suojata työntekijää mahdollisilta vahingoilta. Vaikka henkilösuojaimet tarjoavat tärkeän suojakerroksen, niitä ei pidä nähdä ensisijaisena ratkaisuna riskien hallintaan, sillä

niiden tehokkuus riippuu käyttäjän tarkkuudesta ja ohjeiden noudattamisesta. (ISO, 2015.)

Jäännösriskien arviointi ja hallinta perustuvat myös jatkuvaan seurantaan ja päivittämiseen. Työympäristö ja koneiden käyttö voivat muuttua ajan myötä, jolloin aiemmin vähäisenä pidetty riski voi kasvaa merkittävämmäksi. Tämän vuoksi jäännösriskit tulee arvioida uudelleen aina, kun koneen käyttöolosuhteissa, rakenteessa tai toiminnoissa tapahtuu muutoksia. (SFS, 2010.)

Lisäksi on tärkeää huomata, että jäännösriskien olemassaolo on keskeinen osa koneiden vaatimustenmukaisuuden arviointia. EU:n konedirektiivin (2006/42/EC) mukaan valmistajan on määritettävä kaikki jäännösriskit, jotka liittyvät koneen suunnitteluun, valmistukseen ja käyttöön. Samalla direktiivi velvoittaa valmistajaa varmistamaan, että näiden riskien vaikutuksia on pyritty pienentämään mahdollisimman paljon käyttämällä teknisiä ratkaisuja. (Euroopan parlamentti ja neuvosto, 2006.)

Jäännösriskit korostavat käyttäjän roolia turvallisuuden ylläpitämisessä. Vaikka valmistaja tekee kaikkensa minimoidakseen riskit, käyttäjän on oltava tietoinen jäännösriskeistä ja noudatettava tarkasti annettuja ohjeita ja suosituksia. Hyvä turvallisuuskulttuuri työpaikalla sekä työntekijöiden jatkuva koulutus ovat avainasemassa jäännösriskien vaikutusten hallinnassa. Luvussa 6.1 on analysoitu työhön ja laitteistoon jääviä jäännösriskejä ja niiden vakavuutta.

### **3.3 Turvallisuusluokat**

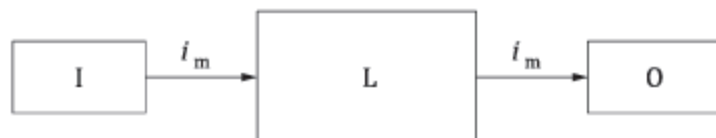
SFS-EN ISO 13849-1 -standardissa määritellään turvallisuusluokat, jotka on jaettu viiteen eri luokkaan. Luokkien tunnuksat ovat B, 1, 2, 3 ja 4. Turvallisuusluokat liittyvät ohjauksjärjestelmien rakenteisiin ja vikakestävyyteen. Taulukossa 2 on kuvattu turvallisuusluokkia koskevat vaatimukset yksinkertaistettuna.

**Taulukko 2.** Turvallisuusluokkien perusvaatimukset (Siirilä. 2009b).

Luokka	Perusvaatimus	Vaarallisten vikojen välinen keskimääräinen aika (MTTFD) Vuotta	Diagnostiikan kattavuus (DC) %	Yhteisvikojen osuus (β) %
B	Soveltuvuus ympäristö- ja käyttöolosuhteisiin	3 ... 29	- (alle 60)	Ei merkitystä *)
1	Hyvin koetellut komponentit ja hyvin koetellut turvallisuusperiaatteet.	30 ... 100	- (alle 60)	Ei merkitystä *)
2	Automaattinen testaua ja ajoittain	3 ... 100	60 ... 98	Liitteen F vaatimusten on täytettävä.
3	Yksi vika ei saa aiheuttaa turvatoiminnon menettämistä.	3 ... 100	60 ... 98	Liitteen F vaatimusten on täytettävä.
4	Yksi vika ei saa aiheuttaa turvatoiminnon menettämistä. Havaitsemattomia vikoja ei saa kertyä.	30 ... 100	99 ... 100	Liitteen F vaatimusten on täytettävä.

\*) Yhteisvioilla ei ole merkitystä, koska jo yksikin vika on vaarallinen.

Luokassa B komponentit tulee valita, niin että ne kestävät laitteen käyttö- ja ympäristöolosuhteet. Komponentin valmistajan on noudatettava yleisiä turvallisuuden perusperiaatteita. Luokan B. esimerkki kuva löytyy alta kuvasta 7.

**Selite**

$i_m$  Liitännävalineet

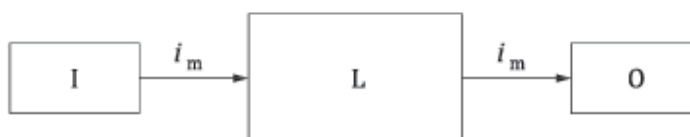
I tuloyksikkö (esim. anturi)

L logiikka

O lähtöyksikkö (esim. pääkontaktori)

**Kuva 7.** Luokan B mukainen järjestelmän rakenne (SFS, 2023).

Luokassa 1 on samat vaatimukset kuin luokassa B, mutta vaatimuksena on myös turvallisuuden peruseriaatteiden lisäksi käyttää hyvin koeteltuja turvallisuusperiaatteita ja hyvin koeteltuja komponentteja. Vian ilmenemisen tulee olla epätodennäköinen ja vian tulee tapahtua turvalliseen suuntaan, eli tarkoittaa sitä, että komponentti on suunniteltu niin että vika ei johda vaaralliseen tilaan. Luokan 1. mukainen järjestelmä löytyy alta kuvasta 8.



**Selite**

$i_m$  Liitännävälineet

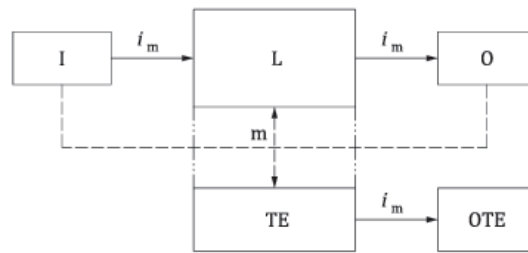
I tuloyksikkö (esim. anturi)

L logiikka

O lähtöyksikkö (esim. pääkontaktori)

**Kuva 8.** Luokan 1 mukainen järjestelmän rakenne (SFS, 2023).

Luokan 2 vaatimukset ovat samat kuin luokan 1, mutta niiden lisäksi koneen ohjausjärjestelmän on tarkistettava turvatoiminnon kunto vähintään koneen käynnistyksen yhteydessä ja ennen kuin vaarallinen tilanne voi syntyä. Tarvittaessa tarkistus on tehtävä myös koneen käynnin aikana. Standardin SFS-EN ISO 13849-1 mukaan suoritustason arvioimiseksi testaustaajuuden on oltava vähintään 100 kertaa suurempi kuin turvatoiminnon käyttötarve. Lisäksi järjestelmän on pystyttävä havaitsemaan mahdolliset viat ajoissa. Luokan 2 mukainen järjestelmä löytyy alta kuvasta 9.

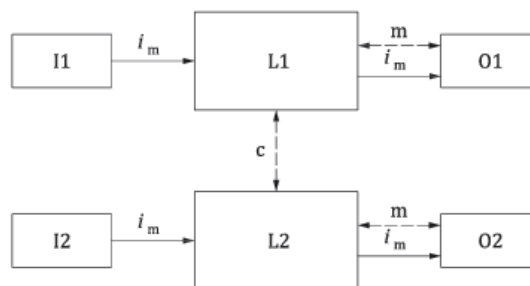
**Selite**

$i_m$	Liitännävälineet	O	lähtöyksikkö (esim. pääkontaktori)
I	tuloyksikkö (esim. anturi)	TE	testauslaitteisto
L	logiikka	OTE	testauslaitteiston lähdöt
m	valvonta/testaus		

Katkoviivat esittävät kohtuudella mahdollista vikojen paljastamista.

**Kuva 9.** Luokan 2 mukainen järjestelmän rakenne (SFS, 2023).

Luokan 3 vaatimukset sisältävät samat edellytykset kuin luokat 1 ja 2, mutta niiden lisäksi ohjausjärjestelmän on kyettävä suorittamaan turvatoiminto myös silloin, jos järjestelmässä on yksi aktiivinen vika. Tämä varmistetaan käyttämällä kahdenkuksia. Lisäksi edellytetään, että ainakin suurin osa vioista pystytään havaitsemaan. Luokan 3 mukainen järjestelmä löytyy alta kuvasta 10.

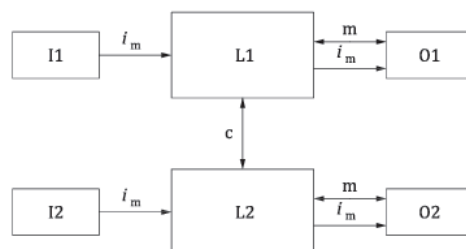
**Selite**

$i_m$	Liitännävälineet	L1, L2	logiikka
c	ristiinvalvonta	m	valvonta
I1, I2	tuloyksikkö (esim. anturi)	O1, O2	lähtöyksikkö, esim. pääkontaktori tai voimansiirtojärjestelmä

Katkoviivat esittävät kohtuudella mahdollista vikojen paljastamista.

**Kuva 10.** Luokan 3 mukainen järjestelmän rakenne (SFS, 2023).

Luokan 4 vaatimukset sisältävät kaikki samat edellytykset kuin aiemmat luokat, mutta lisäksi järjestelmän on kyettävä paljastamaan kaikki viat. Näin varmistetaan, ettei havaitsematta jääneiden vikojen kertyminen aiheuta vaaratilanteita. Tämä saavutetaan käyttämällä kahdennettuja järjestelmiä sekä jatkuvaa, automaattista vikavalvontaa. Luokan 4 mukainen järjestelmä löytyy alta kuvasta 11.



#### Selite

$i_m$	Liitännävälineet	L1, L2	logiikka
c	ristiinvalvonta	m	valvonta
I1, I2	tuloyksikkö (esim. anturi)	O1, O2	lähtöyksikkö, esim. pääkontaktori tai voimansiirtojärjestelmä

Yhtenäiset viivat valvontatoiminnoissa (m) esittävät diagnostiikan kattavuutta, jonka taso on korkeampi kuin luokkaan 3 kuuluvassa nimetyssä rakenteessa.

**Kuva 11.** Luokan 4 mukainen järjestelmän rakenne (SFS, 2023).

Tässä työssä käytettävä hätäpysäytysjärjestelmä toteutetaan standardin SFS-EN ISO 13849-1:2023 mukaisen korkeimman turvallisuusluokan (luokka 4) mukaisesti, johtuen sovelluksen kriittisistä turvallisuusvaatimuksista. Linjastossa käytössä olevat turvallisuuskomponentit ovat valmistajilta PILZ ja SICK, jotka mahdollistavat tämän turvallisuusluokituksen saavuttamisen. Teknisestä toteutuksesta on kerrottu tarkemmin luvussa 6.1.

### 3.4 Performance Level -Luokitus (PL luokitus) ja sen vaatimukset

PL luokitus perustuu SFS-EN ISO 13849-1 standardin koneturvallisuuteen ja riskienhallintaan. Tässä standardissa määritellään, miten koneiden ohjausjärjestelmien turvallisuustoiminnot suunnitellaan ja kuinka luotettavia niiden tulee olla.

PL (Performance Level) on koneen ohjauksjärjestelmän tuvallisuuustaso, joka määrittelee, kuinka luotettava järjestelmä on estämään vaaratilanteet. PL-taso arvioidaan riskianalyysin perusteella, joka määräytyy järjestelmän luotettavuuden, diagnostiikan ja vikasetoisuuden mukaan. Vaadittava suoritustaso eli PLr on riskienarvioinnissa määritetty vähimmäissuoritustaso turvatoiminnon toteuttamiseen.

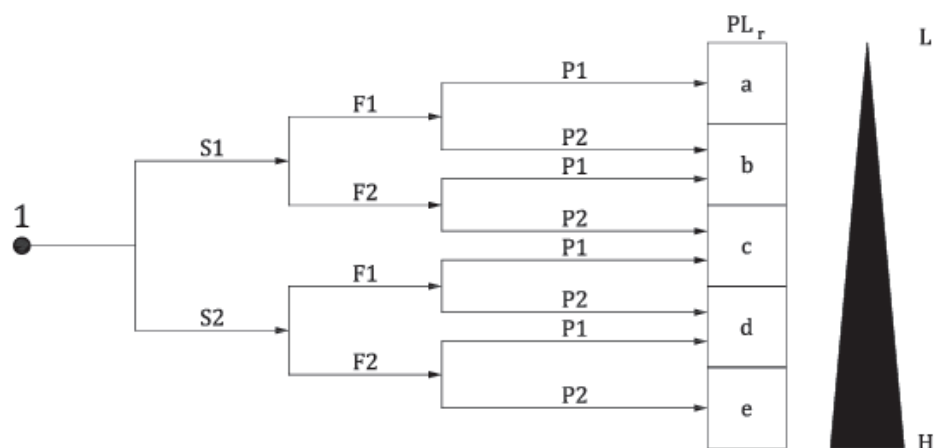
PL-taso määräytyy järjestelmän luotettavuuden (MTTFD), diagnostiikan kattavuuden (DC), vikasetoisuuden ja rakenteen (arkkitehtuuri) sekä systemaattisten ja yhteisvikaantumisten (CCF) hallinnan perusteella. Näillä tekijöillä arvioidaan, kuinka luotettavasti ohjauksjärjestelmä kykenee suoriutumaan sille määritellyistä turvatoiminnoista, ja minkälaisiin vikatilanteisiin järjestelmä kykenee vastaamaan.

PL-Luokitus on jaettu viiteen eri tasoon, jotka esitetään seuraavassa taulukossa 3.

**Taulukko 3.** PL-Luokkia koskevat vaatimukset yksinkertaistettuna (Siirilä. 2009b).

PL-Luokka	Vaarallisen vikaantumisen keskimääräinen taajuus tunnissa (PFH, 1/h)
PL-a	$10^{-5} \leq PFH < 10^{-4}$
PL-b	$3 \times 10^{-5} \leq PFH < 10^{-5}$
PL-c	$10^{-6} \leq PFH < 3 \times 10^{-6}$
PL-d	$10^{-7} \leq PFH < 10^{-6}$
PL-e	$PFH < 10^{-7}$

Vaadittu suoritustaso PL<sub>r</sub> määritetään riskianalysissä arvioimalla vaaran mahdollisen seurauksen vakavuus (S), altistumisen taajuus (F) sekä vaaran välttämismahdollisuus (P). Näiden tekijöiden perusteella valitaan järjestelmälle riittävä PL-taso, joka vastaa tarvittavaa turvallisuustasoa. (SFS, 2023, liite A.)



#### Selite

1 aloituskohta turvatoiminnon osuudenarvioimiseksi riskin pienentämisessä

L osuus riskin pienentämisessä pieni

H osuus riskin pienentämisessä suuri

PL<sub>r</sub> vaadittava suoritustaso

#### Riskimuuttujat:

S vamman vakavuus

S1 lievä (tavallisesti palautuva vamma)

S2 vakava (tavallisesti palautumaton vamma tai kuolema)

F vaaralle altistumisen taajuus ja/tai kesto aika

F1 harvoin...toisinaan ja/tai lyhyt altistumisaika

F2 toistuvasti...jatkuvasti ja/tai pitkä altistumisaika

P mahdollisuus välttää tai rajoittaa vahinkoa

P1 mahdollista tietyissä olosuhteissa

P2 tuskin mahdollista

**Kuva 12.** Vaaditun suoritustason (PL<sub>r</sub>) määrittäminen riskigraafin avulla (SFS, 2023, liite A).

Kuvassa 12 esitetään, kuinka vaadittu suoritustaso PL<sub>r</sub> määritetään koneen riskianalysin perusteella. Riskienarvioinnissa käytetään kolmea eri muuttujaa arvioimaan riskiä: vamman vakavuus (S), vaaralle altistumisen taajuus tai kesto (F) sekä vahingon välttämisen mahdollisuutta (P). Valitsemalla oikean haaran jokaisessa

kohdassa päädytään lopulta PLr-luokkaan, joka määrittää ohjausjärjestelmälle asetettavat turvallisuusvaatimukset. PLr:n avulla varmistetaan, että valittu turvallisuustaso on riittävä kyseisessä käyttökohteessa ja riskin vähentämisessä.

Tässä järjestelmässä sovelletaan standardin SFS-EN ISO 13849-1:2023 mukaista turvallisuusluokkaa PL e, tekniset ratkaisut kuvataan tarkemmin luvussa 6.1.

### 3.5 PL-luokan määrittämisen laskenta

MTTF<sub>D</sub>-parametri (Mean Time to Dangerous Failure) kuvaa ajanjaksoa, jonka yksittäisen komponentin voidaan olettaa toimivan ilman vaarallista vikaantumista. Tämä aika perustuu komponenttitoimittajan ilmoittamaan arvioon ja on keskeinen tekijä turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän luotettavuuden arvioinnissa. Järjestelmän kokonais-MTTF<sub>D</sub> voidaan laskea komponenttien yksittäisistä MTTF<sub>D</sub>-arvoista kaavan 1 mukaisesti, mikäli komponenttitoimittaja on antanut arvot suoraan MTTF<sub>D</sub>-muodossa. (SFS, 2023.)

Jos komponenttitoimittaja ei ole ilmoittanut suoraan MTTF<sub>D</sub>-arvoa, vaan sen sijaan käyttää B10d-arvoa, tarkoittaa tämä sitä toimintakertojen määrää, jonka jälkeen 10 prosenttia komponenteista on vikaantunut vaarallisesti. Tässä tapauksessa järjestelmän MTTF<sub>D</sub> voidaan määrittää käyttäen kaavaa 2, jossa B10d-arvo jaetaan luvulla, joka saadaan kertomalla 0,1 ja komponentin vuotuisten toimintajaksojen lukumäärä (Nop).

Vuotuinen toimintojen määrä (Nop) voidaan puolestaan laskea kaavan 3 avulla, joka huomioi toimintapäivät vuodessa (dop), päivittäiset käyttötunnit (hop) ja yhden toimintajakson keskimääräisen keston sekunteina (tcycle).

$$\frac{1}{MTTF_D} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{MTTF_{D_i}} = \sum_{j=1}^N \frac{1}{MTTF_{D_j}} \quad (1)$$

$$MTTF_D = \frac{B_{10D}}{0,1 \times n_{op}} \quad (2)$$

$$n_{op} = \frac{d_{op} \times h_{op} \times 3600s/h}{t_{cycle}} \quad (3)$$

Diagnostiikan kattavuutta kuvaava DCavg-parametri (Average Diagnostic Coverage) mittaa, kuinka tehokkaasti järjestelmän diagnostiikka tunnistaa vaarallisia vikaantumisia. DCavg voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC_1}{MTTF_{D1}} + \frac{DC_2}{MTTF_{D2}} + \dots + \frac{DC_N}{MTTF_{DN}}}{\frac{1}{MTTF_{D1}} + \frac{1}{MTTF_{D2}} + \dots + \frac{1}{MTTF_{DN}}} \quad (4)$$

Yhteisvikaantumista (CCF, Common Cause Failure) koskeva arvo kuvaa tilanteita, joissa järjestelmän useampi komponentti vikaantuu samanaikaisesti saman syyn seurauksena. Tämä arvo määritellään laskemalla yhteen olosuhteisiin perustuvia pisteitä, jotka löytyvät standardin liitteestä 4. (SFS, 2023.)

Työssä käytettiin Sisteman laskentaohjelmistoa, jolla saadaan laskettua valmiiksi PL-luokitus. Sistema on Saksan tapaturmavakuutuslaitoksen työturvallisuus- ja työterveyslaitoksen kehittämä ohjelmisto, jolla voidaan laskea PL luokitus. Suurin osa valmistajista on luonut kirjaston Sistemaan, josta voidaan hakea komponenttien tiedot ja laskea järjestelmän PL-Luokitus. Sovelluksella saatiin laskettua PL luokitukseksi PLe taso käytössä olevilla turvareleillä.

## 4 HÄTÄPYSÄITYKSEN TOIMINTA JA VAATIMUKSET

Hätäpysäytys ei korvaa varsinaisia turvatoimintoja eli hätäpysäytys on täydentävä toiminto, eikä varsinainen turvatoiminto. Hätäpysäytyksen tarkoituksena on olla lisäsuojaustoimenpide ja pienentää suojausten ja turvalaitteiden suunnittelun jälkeen koneeseen vielä jäljelle jääviä jäännösriskejä. (ISO, 2015.)

Hätäpysäytystä voidaan tarvita vikatilanteissa tai kun tapahtuu jotain yllättävää ja vaarallista. Erilaisissa laitteissa hätäpysäytyksellä on hyvin erilainen merkitys turvallisuudelle. Täysin automaattilinjoissa hätäpysäytyksellä voidaan lähinnä vähentää materiaalivahinkoja koneen vikaantuessa. Hätäpysäytys on tarkoitettu käytettäväksi varsinaisissa hätätilanteissa, kun tapaturma on sattunut tai kun ilmeinen tapaturman tai laitteiston rikkoutumisen vaara on olemassa. (ISO, 2015.)

Kun hätäpysäytyslaitetta käytetään ja pysäytyskäsky syntyy, hätäpysäytyslaitteen on lukkiuduttava luotettavasti mekaanisesti seisasentoon, jolloin pysäytyskäsky pysyy jatkuvasti voimassa. Hätäpysäytyspainikkeen vapauttaminen vaatii käsin tehtävän tarkoituksellisen toimenpiteen, ja se tehdään yleensä vetämällä, kiertämällä painiketta tai vapauttamalla painike lukituksesta avaimella. Osassa laitteista lukituksesta vapauttamista voidaan pitää hätäpysäytyksen kuittauksena, mutta suuremmissa laitteistoissa tai monimutkaisissa koneissa ohjausjärjestelmään syntynyt pysyvä seiskäsky on vielä erikseen kuitattava pois. (SFS, 2015.)

### 4.1 Vaatimukset

Standardissa SFS-EN ISO 12100 määrittellään koneturvallisuuden yleiset vaatimukset. Standardissa käsitellään myös riskien arvioinnin periaatteita, riskien vähentämiseen liittyviä menetelmiä ja muita koneiden suunnitteluun liittyviä turvallisuusperiaatteita. Hätäpysäytysjärjestelmät ovat osakoneen turvallisuusratkaisuja, joten niiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon ISO 12100 Standardin määrittämiä ohjeita ja määräyksiä. (SFS, 2010.)

Hätäpysäytystoiminnon periaatteisiin on luotu myös oma Standardi ISO 13580:2015. Standardi koskee kaikkia koneita, joissa on hätäpysäytystoiminto. Standardissa käsitellään hätäpysäytyspainikkeen fyysisiä vaatimuksia, toiminnallisia vaatimuksia ja hätäpysäytyksen suunnittelussa huomioitavia asioita.

Koneiden turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien suunnittelussa voidaan käyttää joko ISO 13849-1 tai EN 62061 standardia. Näistä jompaa kumpaa voidaan soveltaa koneiden turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen. Vaikka standardit perustuvat eri menetelmiin, niiden soveltaminen johtaa riittävään riskien pienentämisen tasoon. Molemmissa standardeissa käsitellään vaatimuksia, joiden tavoitteena on vähentää koneiden läheisyydessä työskentelevien tai oleskelevien henkilöiden tapaturmariskiä ja terveydellisiä haittoja.

Näiden standardien pohjalta on luotu raportti SFS 5974, joka toimii oppaana ISO 13849-1 tai EN 62061 standardille niiden soveltamiseen suomalaisessa teollisuudessa. Raportti tarjoaa esimerkkejä ja suosituksia, jotka auttavat ohjausjärjestelmien suunnittelussa.

Tässä työssä toteutettu hätäpysäytysjärjestelmä täyttää kaikki standardin SFS-EN ISO 13850:2015 määrittelemät perusvaatimukset. Järjestelmässä käytetyt PILZ- ja SICK-turvakomponentit mahdollistavat standardin edellyttämän korkean turvallisuustason ja nopean sekä luotettavan hätäpysäytys-toiminnan. Tarkempi kuvaus järjestelmän teknisestä toteutuksesta on luvussa 6.1.

## **4.2 Pysäytysluokat**

Hätäpysäytyksen pysäytysluokat on määritelty kansainvälisessä IEC 60204-1 standardissa sekä sen suomalaisessa vastineessa SFS-EN 60204-1, jossa käsitellään ja määritellään koneiden sähköistä turvallisuutta. Pysäytysluokat määrittävät, miten

ja missä järjestyksessä kone pysäytetään, kun hätäpysäytystä käytetään. Pysäytysluokilla varmistetaan turvallinen ja vaatimusten mukainen hätäpysäytys tilanteissa, jossa nopea reagointi on kriittistä.

SFS-EN 60204-1 -standardissa määritellään kolme pysäytysluokkaa, jotka kuvaavat, kuinka laite tai järjestelmä pysäytetään.

**Pysäytysluokka 0** on välttämätön hätäpysäytystoiminto, joka varmistaa, että kaikki laitteen liikkeet keskeytetään välittömästi vaaratilanteen ilmetessä. Tämä pysäytysluokka on tehokas tilanteissa, joissa nopea reagointi on kriittistä, mutta sen käyttö voi aiheuttaa mekaanisia rasituksia, jotka voivat johtaa koneiden kulumiseen tai vaurioitumiseen. (SFS, 2018)

**Pysäytysluokka 1** tarjoaa hallitun pysäytyksen ennen energian katkaisua, mikä tekee siitä hyvän vaihtoehdon raskaiden koneiden ja suurten massojen käsittelyyn. Tämä vähentää järjestelmän osien kulumista ja mahdollistaa turvallisemman käytön, automaatio- ja robotiikkasovelluksissa. Tämän pysäytystavan avulla koneen käyttäjät voivat myös ennakoida pysäytyksen vaikutukset ja välttää äkillisiä liikkeitä, jotka voivat vaarantaa prosessin tai työntekijät. (SFS, 2018.; IEC, 2018.)

**Pysäytysluokka 2** on suunniteltu tilanteisiin, joissa energiansyöttö halutaan säilyttää, mutta koneen liike on saatava hallitusti pysäytettyä. Se on hyödyllinen esimerkiksi CNC-koneissa ja tuotantolinjoilla, joissa pysähtymisen tulee tapahtua ilman uudelleenkäynnistystä. Kyseinen pysäytysluokka lisää tuotantotehokkuutta ja mahdollistaa tuotannon nopean jatkamisen ilman ylimääräisiä käynnistysprosesseja. Pysäytyksen jälkeen, kun energia säilyy järjestelmässä, pysäytystoiminnon suunnittelussa tulee varmistaa, ettei kone tai laitteisto voi siirtyä tahattomaan liikkeeseen, mikä voisi aiheuttaa vaaratilanteita. (SFS, 2018.; IEC, 2018.)

Teollisuudessa oikean pysäytysluokan valinta perustuu riskienarviointiin ja koneen käyttötarkoitukseen. IEC 60204-1- ja SFS-EN 60204-1- standardit antavat selkeät

ohjeet, joiden avulla voidaan määrittää sopiva pysäytystapa kullekin järjestelmälle. Tärkeää on huomioida kuitenkin, että pysäytystoiminto ei ainoastaan paranna turvallisuutta, vaan sillä on myös vaikutuksia tuotannon tehokkuuteen, huollon tarpeeseen ja koneiden käyttöikään. (SFS, 2018.; IEC, 2018.)

Tässä opinnäytetyössä valittu pysäytysluokka on luokka 0 standardin SFS-EN ISO 13850:2015 mukaisesti. Kyseisen pysäytysluokan valinnalla varmistetaan linjaston välitön pysähtyminen vaaratilanteessa katkaisemalla koneiden energiansyöttö välittömästi. Valmistajien PILZ ja SICK turvakomponentit mahdollistavat tämän pysäytysluokan teknisen toteutuksen, ja ratkaisut esitellään tarkemmin luvussa 6.1.

#### **4.3 Hätäpysäytys konelinjastossa**

Jos useampi kone on suunniteltu toimimaan yhdessä tai ne ovat liitetty samaan konelinjaan niin ne tulee suunnitella siten, että pysäytysohjaimet ja hätäpysäytyslaitteet mukaan luettuina pysäyttävät kyseessä olevan koneen lisäksi myös kaikki siihen yhteydessä olevat laitteet, jos niiden toiminnan jatkuminen voi aiheuttaa vaaraa. (Siirilä, 2009a.)

Opinnäytetyössä toteutettu konelinjaston hätäpysäytysjärjestelmä noudattaa standardien SFS-EN ISO 13850:2015 ja SFS-EN ISO 13849-1:2023 vaatimuksia. Hätäpysäytysjärjestelmän tekniset ratkaisut perustuvat välittömään pysäytysluokkaan (luokka 0), jolloin linjaston kaikki laitteet pysähtyvät välittömästi vaaratilanteessa. Järjestelmän keskeisissä turvakomponenteissa käytetään PILZin ja SICKin turvareleitä, jotka mahdollistavat korkeimman turvallisuusluokan 4 ja korkeimman suorituskykytason PL e saavuttamisen. Näiden ratkaisujen tarkempi tekninen toteutus on kuvattu luvussa 6.1.

## 5 PAKKAUSKONELINJASTO

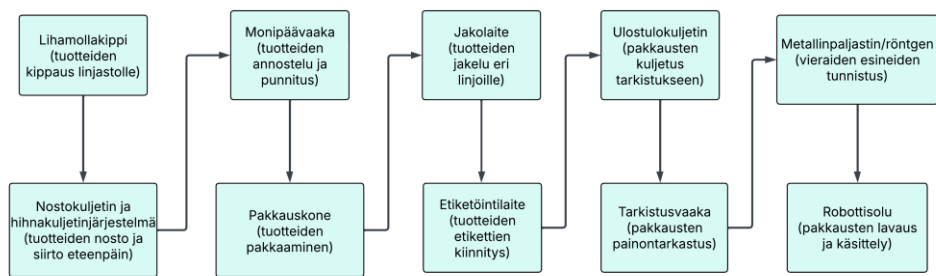
Pakkauskonelinjasto muodostuu useista erillisistä, toisiinsa liitetystä laitteista, jotka yhdessä muodostavat tuotteen pakkaamiseen tarvittavan automaatiojärjestelmän. Linjastot suunnitellaan ja konfiguroidaan aina tuotantoprosessin erityisvaatimusten mukaisesti, mikä tarkoittaa, että jokainen linjasto on ainutlaatuinen.

Pakkauslinjaston kokoonpano riippuu muun muassa pakattavan tuotteen ominaisuuksista, tuotantokapasiteetista, hygieniavaatimuksista sekä tilaratkaisuista. Lisäksi linjastojen välillä esiintyy eroavaisuuksia myös teknisen iän, valmistajien ja aiempien muokkausten vuoksi. Tämän seurauksena linjastot eivät ole koskaan täysin identtisiä, vaikka niillä pakattaisiin samanlaista tuotetta.

Tällainen yksilöllinen suunnittelu- ja konfigurointiperiaate mahdollistaa tuotantoprosessin optimoinnin ja tehokkuuden maksimoimisen, mutta se asettaa myös erityisvaatimuksia huoltoon, riskienhallintaan ja turvallisuusratkaisujen toteuttamiseen. Siksi jokainen linjasto vaatii erillisen riskienarvioinnin ja turvallisuusjärjestelmien räätälöinnin muun muassa SFS-EN ISO 12100:2010-standardin mukaisesti. Kuvassa 13 on näkyvissä esimerkkikuva siitä millainen konelinjasto voi olla ja kuvassa 14 on lohkodegrammi konelinjaston laitteista ja tuotteen kulusta linjastolla.



**Kuva 13.** Esimerkki kuva pakkauskonelinjastosta (Multivac, n.d.-d).



**Kuva 14.** Diagrammi kuva konelinjaston laitteista ja tuotteen kulku vaiheista.

### 5.1 Lihamollakippi

Lihamollakippi toimii pakkauskonelinjaston alkuvaiheessa itsenäisenä käsikäyttöisenä laitteena, jonka tehtävänä on siirtää tuote nostokuljettimen syöttösuppilon. Laitetta käytetään manuaalisesti siten, että sen hallintapainikkeet vaativat molempien käsien yhtäaikaisen aktivoinnin. Tämä kaksikäsinen ohjausratkaisu estää käyttäjää asettamasta käsiään vaaravyöhykkeelle kippausliikkeen aikana, mikä parantaa merkittävästi käyttäjäturvallisuutta.

Turvallisuuden lisäämiseksi laitteen syöttösuunnan puolella on varustettu mekaaninen suojakaide, joka toimii turvalukituksella. Kun kaide on nostettu ylös, laite pysähtyy automaattisesti eikä toimi uudelleen ennen kuin kaide palautetaan alas alkuasentoonsa. Tämä turvalogiikka estää pääsyn vaara-alueelle laitteen ollessa toiminnassa ja vähentää puristumis- tai törmäysvaaran riskiä. Kuvassa 15 näkyy mollakippi kippausasennossa.



**Kuva 15.** Esimerkkikuva Lihamollakipistä (Kittner, n.d).

## 5.2 Nostokuljetin- ja hihnakuuljetinjärjestelmä

Lihamollakipiltä kaadettu tuote ohjautuu ensin nostokuljettimen suureen syötösuppiloon. Nostokuljettimessa käytetään kolakuuljetintekniikkaa, jossa lavamaiset kuljetinkupit poimivat tuotetta suppilosta kuljetinhihnan pyöriessä ylöspäin. Tuote siirtyy nostokuljettimen avulla kohti seuraavaa vaihetta prosessissa, jossa se pudotetaan hihnakuuljettimelle.

Hihnakuuljetin ohjaa tuotteen eteenpäin ja pudottaa sen monipääva’an pyörivälle syöttölautaselle. Tämä vaihe mahdollistaa tuotteen tasaisen ja jatkuvan syötön monipääva’alle, joka suorittaa tarkkaa annostelua ja punnitusta.

Kuljetinjärjestelmä toimii synkronoidusti monipääva’an ohjauksen mukaan. Mikäli vaa’an kapasiteetti täyttyy tai punnituskuppeissa on liikaa tuotetta, järjestelmä pysäyttää sekä nostokuljettimen että hihnakuuljettimen automaattisesti. Kun monipäävaaka on jälleen riittävästi tyhjentyne, kuljettimet käynnistyvät uudelleen. Tämä logiikkaohjattu virranhallinta ehkäisee tuotteen ylitäyttöä, varmistaa tarkemman punnituksen sekä vähentää ylivuodon ja hävikin riskiä.

Automaattinen ohjaus perustuu konelinjaston keskitettyyn logiikkaan (PLC), jossa kuljetinten ja monipäävaa'an välinen viestintä mahdollistaa tuotantoprosessin tehokkaan rytmittämisen ja jatkuvuuden. Kuvassa 16 näkyy nostokuljetin ja hihnakuljetin, josta pudotetaan tuotetta monipäävaa'alle.

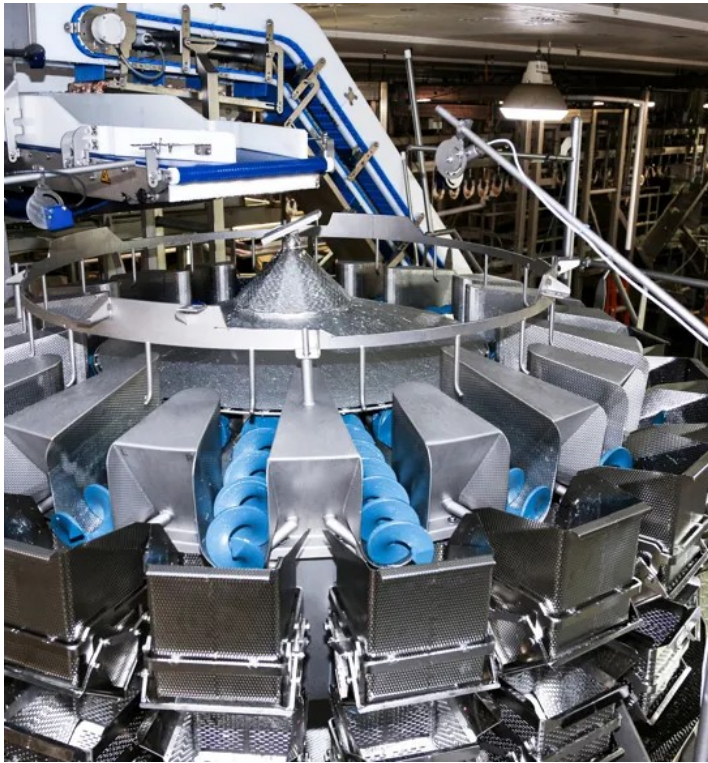
### 5.3 Monipäävaaka

Monipäävaaka vastaanottaa tuotteet sitä edeltävältä hihnakuljettimelta, ja sen tehtävänä on suorittaa tarkka ja nopea punnitus tuotteen annostelua varten. Vaaka koostuu useista osakomponenteista, kuten pyörivästä syöttölautasesta, kierukoista, vaakakupeista ja keskiosan purkusuppilosta.

Tuote jakautuu ensin pyörivän lautasen avulla tasaisesti eri puolille vaa'an rakennetta. Lautasen liike ohjaa tuotteen kulkua kohti kierukoita, jotka puolestaan siirtävät tuotteen yksittäisiin vaakakuppeihin. Jokainen vaakakuppi punnitsee sisällönsä reaaliaikaisesti. Monipäävaakaan on ohjelmoitu tavoitepaino, jota pyritään annostelussa noudattamaan. Ohjausjärjestelmä laskee eri vaakakuppien yhdistelmistä sellaiset yhdistelmät, joiden summa täyttää tai lähestyy optimaalisesti asetettua tavoitepainoa mahdollisimman pienellä virhemarginaalilla.

Kun haluttu kokonaispaino saavutetaan, kupit tyhjennetään samanaikaisesti vaa'an keskiosassa sijaitsevaan suppiloon, josta tuote ohjautuu jakolaitteelle. Jakolaite huolehtii edelleen tuotteen annostelusta yksittäisiin rasioihin.

Monipäävaa'an korkea mittatarkkuus ja nopeus perustuvat algoritmipohjaiseen yhdistelmälaskentaan, ja se on kriittinen komponentti erityisesti suurivolyymisessä elintarvikepakkaamisessa. Kuvassa 16 näkyy monipäävaa'an lautanen ja kierukat ja hieman kuppeja.



**Kuva 16.** Monipäävaaka, nostokuljetin ja hinnakuljetin esimerkkikuva (Marel, n.d.-a).

#### **5.4 Pakkauskone**

Atria Oyj:n siipikarjatehtaalla on käytössä useita erityyppisiä pakkauskoneita, joista merkittävä osa muodostuu syvävetopakkauskoneista. Lisäksi tuotannossa hyödynnetään rasiinsuljentakoneita. Linjasto, johon tämä opinnäytetyö kohdistuu, perustuu nimenomaan syvävetopakkaustekniikkaan. Uusia pakkauskoneita hankittaessa ne räätälöidään asiakkaan tuotantotarpeiden ja prosessivaatimusten mukaisesti.

Syvävetopakkauskone toimii niin sanottuna ratatyypisenä linjastona. Sen alkupäässä sijaitsee suuri kalvorulla, josta kone vetää muovikalvoa asteittain eteenpäin. Kalvo kiinnitetään radan ketjukynsiin, ja kuljetusmekanismi siirtää sitä eteenpäin veto kerrallaan. Ensimmäisessä vaiheessa kalvo lämmitetään tarkasti määrä-

teltyyn lämpötilaan materiaalikohtaisesti, minkä jälkeen se muotoillaan muovauskammiossa muottien avulla. Kun muovauskammiot sulkeutuvat, muotit painavat lämpimän kalvon haluttuun muotoon muodostaen yksittäisiä rasiapesäkkeitä.

Muovatut rasiat siirtyvät seuraavaan vaiheeseen, jossa joko automatisoitu jakolaite tai manuaaliset pakkaajat sijoittavat tuotteet rasioihin. Tämän jälkeen kone syöttää yläkalvon, joka toimii rasian sulkumateriaalina. Yläkalvoon voidaan tarvittaessa tulostaa tuotetiedot, kuten pakkauspäivämäärä, alkuperätila ja eränumero, kalvotulostimen avulla.

Seuraavaksi yläkalvo suljetaan alakalvon päälle saumauskammiossa. Kammiossa rasiasta poistetaan ilma, ja tilalle syötetään suojakaasuseos (yleensä happi ja hiilidioksidi) tuotteen säilyvyyden parantamiseksi. MAP-tekniikka (Modified Atmosphere Packaging) on yleisesti käytössä elintarviketeollisuudessa säilyvyyden ja hygienian takaamiseksi.

Suljetut rasiat siirtyvät seuraavaksi etiketöintivaiheeseen, jossa niihin voidaan kiinnittää tarrat ylä- ja alapuolelle. Lopuksi rasiat leikataan toisistaan ensin poikittais-suuntaisella ja sen jälkeen pitkittäissuuntaisella leikkurilla. Valmiit yksittäispakatut tuotteet siirtyvät ulostulokuljettimelle jatkokäsittelyä varten.

Syvävetopakkaus kone edustaa korkean automaatioasteen järjestelmää, jossa kaikki vaiheet on suunniteltu täyttämään elintarviketeollisuuden vaatimukset liittyen hygieniaan, jäljitettävyyteen ja prosessitehokkuuteen. Kuvassa 17 nähdään Multivacin valmistama syvävetopakkaus kone, jossa on tarraetiketöijä lisäoptiona.



**Kuva 17.** Esimerkkikuva Syvävetopakkaus koneesta (Multivac, n.d.-e).

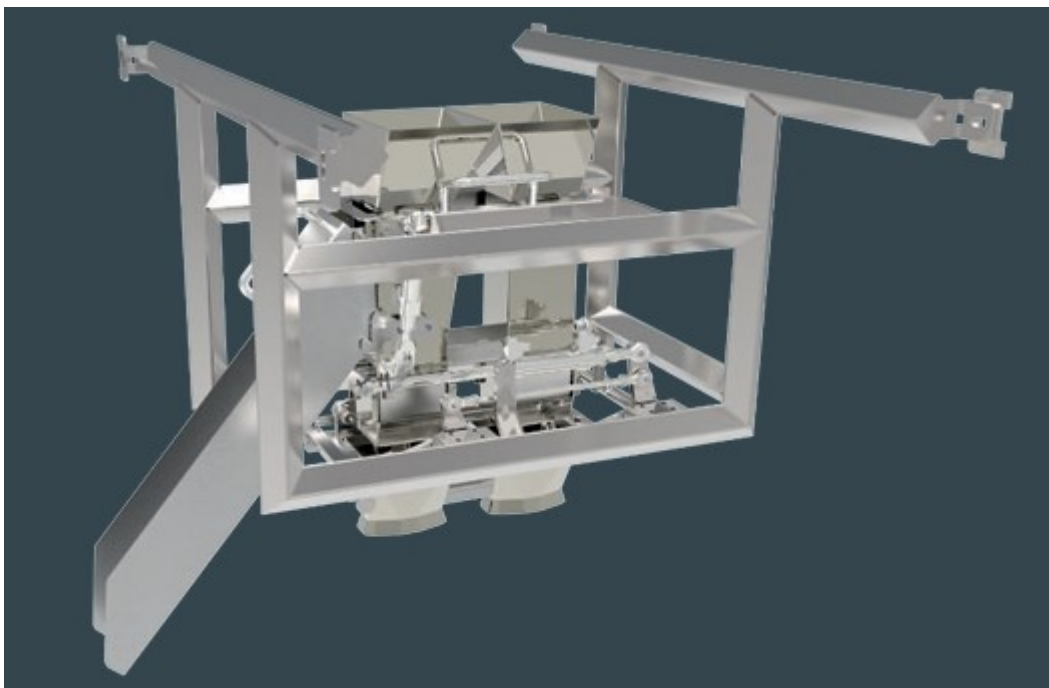
## 5.5 Jakolaite

Jakolaite vastaanottaa tuotteet monipäävää'alta ja vastaa niiden annostelusta yksittäisiin rasioihin. Laitteisto on konfiguroitu linjakohtaisesti tuotantotarpeiden mukaan, mikä mahdollistaa joustavan kapasiteetin hallinnan ja optimaalisen tuotantotehokkuuden.

Jakolaitteet voivat olla rakenteeltaan erilaisia riippuen pakkauslinjan vaatimuksista: osa laitteista on suunniteltu jakamaan tuote kahteen rasiaan samanaikaisesti, kun taas toiset pystyvät täyttämään jopa kuusi rasiaa yhdellä toimintakierrolla. Tällainen konfiguroitavuus mahdollistaa nopean tuoteryhmien vaihdon ja prosessin skaalautuvuuden eri tuotekokoluokkiin.

Jakolaitteen toimintatapa tukee tarkkaa annostelua ja vähentää tuotehukkaa, minkä lisäksi se parantaa prosessikokonaisuuden hallintaa ja linjaston automaatiotasoa. Laite toimii osana integroitua järjestelmää yhdessä monipäävää'an ja

pakkauskoneen kanssa, muodostaen kriittisen vaiheen pakkauslinjaston tehokkuuden ja laadun varmistamisessa. Kuvassa 18 jakolaitteeseen putoaa ylhäältä päin suppiloihin tuotetta, josta se jakaa sitä rasioihin.

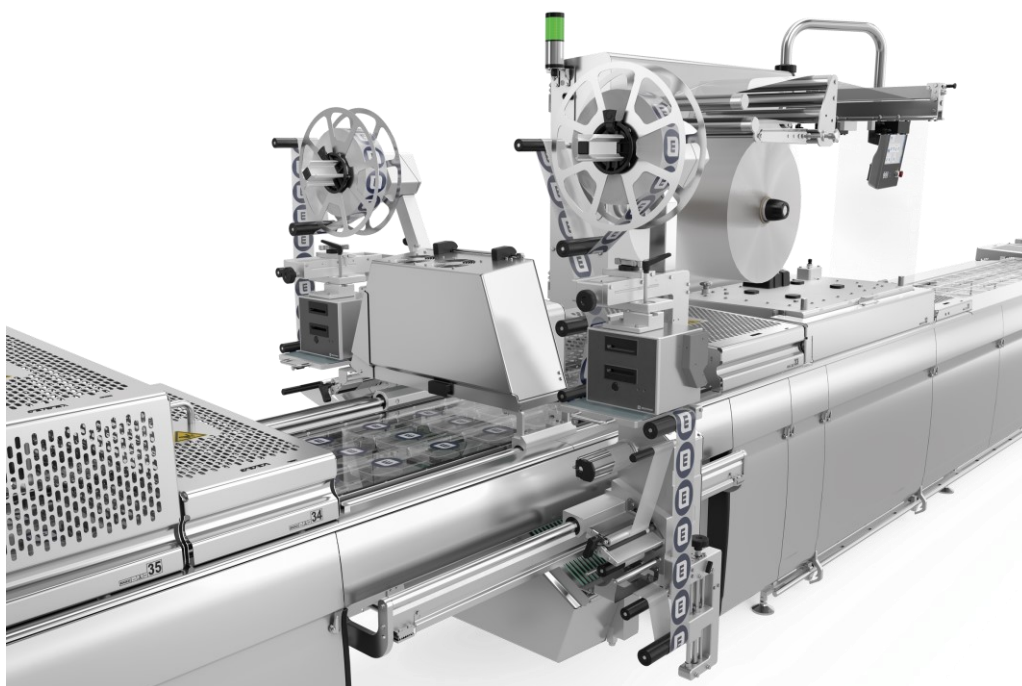


**Kuva 18.** Esimerkkikuva jakolaitteesta (Cabinplant, n.d).

## 5.6 Etiketöintilaite

Etiketöintilaite vastaa valmiiden pakkausten merkinnöistä, jotka ovat keskeinen osa elintarvikkeen jäljitettävyyttä ja kuluttajainformaatiota. Laite saa syötteenä valmiita etikettirullia, joihin se tulostaa tuotekohtaiset tiedot, kuten eränumeron, pakkauspäivämäärän, viimeisen käyttöpäivän sekä alkuperätilan, josta tuote on saapunut Atrialle.

Tulostuksen jälkeen laite siirtää tarran automaattisesti tuotepakkaukseen ja kiinnittää sen mekaanisella painalluksella. Prosessi on täysin automatisoitu ja toistuu jatkuvana syklinä jokaiselle pakkaukselle. Kuva 19 näyttää tarkemmin etiketöintilaitteen rakenteen ja toimintaperiaatetta.



**Kuva 19.** Esimerkkikuva Etiketöintilaitteesta (Multivac, n.d.-c).

## 5.7 Ulostulokuljetin

Ulostulokuljetin toimii siirtymävaiheena pakkauskoneelta eteenpäin tuleville valmiille tuotteille, ja sen keskeinen tehtävä on säädellä tuotteen kulkua siten, että tuotevirta ohjautuu hallitusti kohti tarkistusvaakaa ja röntgentarkastusta. Ilman tätä säännöstelyä useat rasiat saattaisivat kulkeutua samanaikaisesti seuraaviin laitteisiin, mikä voisi aiheuttaa virheitä punnituksessa tai läpivalaisussa.

Ulostulokuljettimien rakenne ja toimintaperiaate voivat vaihdella käytettävän pakkauskoneen tyyppin sekä tuotantokapasiteetin mukaan. Esimerkiksi yhdestä pakkauskoneesta voi tulla samanaikaisesti kaksi tai jopa neljä rasiaa rinnakkain. Tämän vuoksi ulostulokuljetin on suunniteltu siirtämään aina yhden rivin rasioita kerrallaan eteenpäin, jolloin ne voidaan jonottaa yhdeksi linjaksi ennen seuraavia tarkastusvaiheita.

Tällainen jonottava kuljetinratkaisu on tärkeä osa automatisoitua pakkausprosessia, sillä se ehkäisee laiteruuhkia ja parantaa tuotantolinjan tehokkuutta sekä mitalaitteiden toiminnan tarkkuutta.

## 5.8 Tarkistusvaaka

Tarkistusvaaka toimii pakkauslinjaston loppupäässä viimeisenä laadunvarmistuspisteenä, jonka tehtävänä on varmistaa, että kaikki jakeluun lähtevät tuotteet täyttävät niille asetetut painovaatimukset. Tuote etenee hihnakuljetinta pitkin vaa'an mittausalueelle, missä punnitus tapahtuu liikkeen aikana ilman, että tuotetta tarvitsee pysäyttää.

Vaaka vertaa mitattua painoa ennalta määriteltyihin painorajoihin. Mikäli rasia on joko alipainoinen tai ylipainoinen, se tunnistetaan virheelliseksi. Tällöin vaa'an jälkeinen kuljetin, joka on varustettu automaattisella laippamekanismilla, ohjaa viallisen rasian hylättyjen tuotteiden keräilylaatikkoon. Hylkäysmekanismi toimii kääntämällä ohjainaisa tuotteen eteen, jolloin kuljetussuunta ohjautuu sivulle. Jos rasia täyttää painoehdon, se jatkaa kulkuaan kohti röntgenlaitetta tarkempaa sisällöntarkistusta varten. Kuvassa 20 on esimerkkikuva minkälainen voi tarkistusvaaka olla.



**Kuva 20.** Tarkistusvaaka Esimerkkikuva (Multivac. n.d.-a).

## 5.9 Metallinpaljastin/Röntgen

Tarkistusvaa'an jälkeen rasiat etenevät kuljetinjärjestelmää pitkin kohti metallinpaljastinta tai vaihtoehtoisesti röntgenlaitetta. Tämä laite läpivalaisee tuotteen ja arvioi sen sisällön ennalta määriteltyjen parametrien mukaisesti. Mikäli tuotteessa havaitaan epäpuhtauksia – kuten metallihiukkasia, suurikokoisia luita tai muita ei-toivottuja kiinteitä aineita – laite poistaa tuotteen kuljetuslinjalta automaattisesti. Hylkäys tapahtuu mekaanisella hylkäyslaitteistolla, joka toimii vastaavalla periaatteella kuin tarkistusvaa'an yhteydessä käytetty hylkäysyksikkö.

Röntgen- ja metallinpaljastinjärjestelmät ovat oleellinen osa elintarviketurvallisuuden hallintaa, ja ne tukevat HACCP-järjestelmän (Hazard Analysis and Critical Control Points) mukaista kriittisten valvontapisteiden seuranta. Automaattinen tarkistus ja hylkäysprosessi parantaa tuoteturvallisuutta sekä vähentää inhimillisen virheen mahdollisuutta. Kuvasta 21 voidaan nähdä röntgenlaitteen rakennetta.



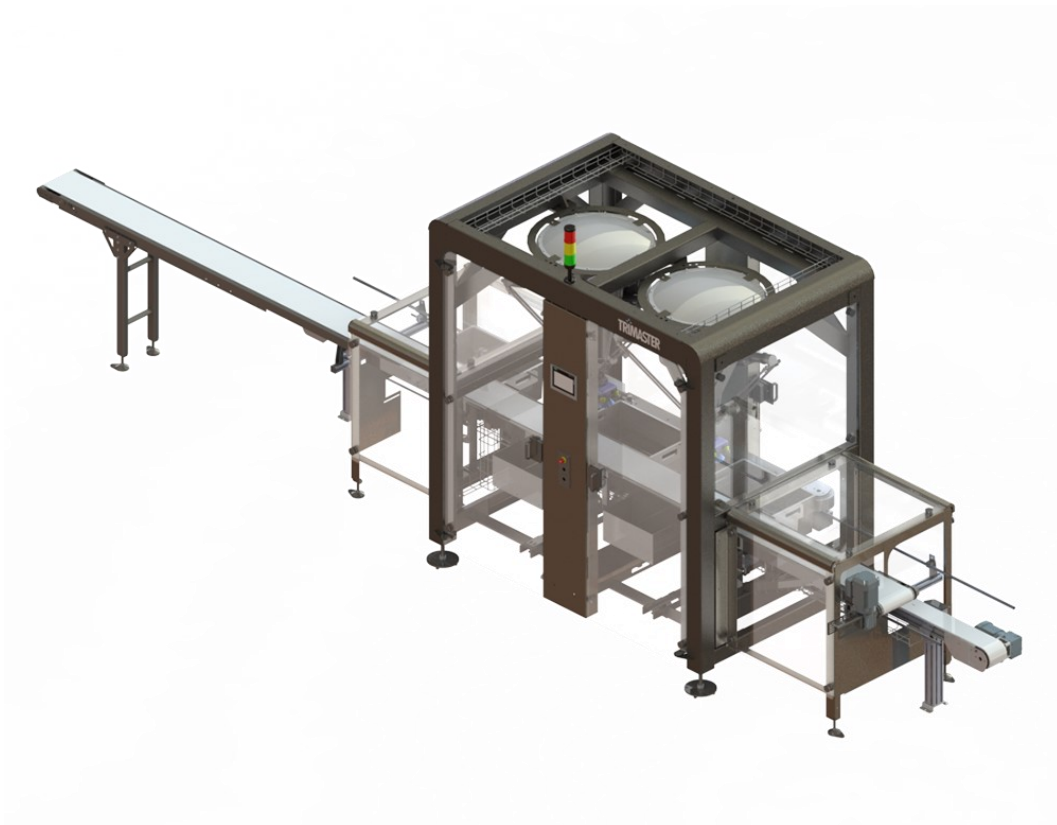
**Kuva 21.** Röntgentarkastuslaite esimerkkikuva. (Multivac. n.d.-b).

### 5.10 Robottisolu

Robottisolu sijaitsee pakkauskonelinjaston viimeisenä toimintoyksikkönä. Soluun saapuvat rasiat muodostavat yhden yhtenäisen jonon kuljetinhihnalla, sen jälkeen, kun ne on ensin röntgenkuvattu ja tarkistus-punnittu. Robotti siirtää käsitte-lyalueelleen ennalta määritellyn määrän rasioita kerrallaan, minkä jälkeen se poimii ne kuljettimelta ja sijoittaa ne laatikkoon automaattisesti.

Turvallisuuden varmistamiseksi robottisolu on varustettu fyysisellä suoja-aitauksella, joka rajaa sen toimintaympäristön. Solun sivuilla sijaitsevat ovet on varustettu turvakytkimillä, jotka pysäyttävät robotin välittömästi, mikäli jokin ovi avataan sen ollessa toiminnassa. Tällainen turvatoiminto noudattaa SFS-EN ISO 13849-1:2023- standardin mukaisia suunnitteluperiaatteita, joissa painotetaan

turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien luotettavuutta ja vikaantumisen hallintaa. Kuva 22 havainnollistaa miltä robottisolu voi näyttää. Kuvassa oleva robottisolu on kahdella kerääjällä.



**Kuva 22.** Esimerkkikuva Laatikointisolurobotista (Trimaster, n.d).

## 6 PAKKAUSLINJASTON HÄTÄPYSÄYTYSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Hätäpysäytysjärjestelmän suunnittelu alkoi tutkimalla erilaisia pakkauslinjoja ja niiden valmiutta hätäpysäytysjärjestelmälle. Aloitin satunnaisella järjestyksellä lukemaan linjastojen laitteiden sähkökuvia, kunnes löytyi linjasto, jolla oli valmius toteuttaa hätäpysäytysjärjestelmä. Ensimmäisissä linjastoissa, joiden kuvia tutkin, laitteet olivat 15–20 vuotta vanhoja, eikä niillä ollut minkäänlaista valmiutta toimia hätäpysäytysjärjestelmän isäntälaitteena lavaamossa. Laitteiden ohjelmisto ja komponentit olivat jo sen verran vanhoja, etteivät ne olleet itselleni tuttuja ja olisi vaatineet ulkopuolista osaamista, joten päätin jättää kyseiset linjat väliin.

Tutkittuani muutamien linjastojen laitteiden sähkökuvia valikoitui työhön linjasto, johon tämän opinnäytetyön suoritan. Valitsin linjaston sillä perusteella, ettei siihen vaadittu laitteiden toimittajilta ohjelmistojen muokkaamista vaan se onnistui tehdä itse tai siellä oli valmius asentaa ja muokata laitteita.

### 6.1 Konelinjan turvallisuusriskien arviointi ja hallinta

Konelinjaston turvallisuuden varmistamiseksi suoritettiin riskienarviointi, jonka pohjalta toteutettiin tarvittavat turvallisuustoimenpiteet.

Riskienhallinnassa kiinnitettiin erityistä huomiota seuraaviin olennaisiin osa-alueisiin:

- Konelinjaston mahdolliset vaaratekijät ja niiden vaikutukset.
- Hätäpysäytysjärjestelmän toimivuus kriittisissä hätätilanteissa.
- Turvallisuusriskien minimoiminen valitsemalla korkeimman luokan mukaiset turvakomponentit.

Lisäksi sovellettiin luvun 3.3 standardia sekä luvun 4.3 mukaisiin pysäytysluokan valintoihin, jotka määriteltiin toteutettavaksi pysäytysluokan 0 mukaan. Tällä varmistetaan välitön linjaston pysähtyminen vaaratilanteessa. Turvakomponentin vaarallisuuden lisäksi suoritettiin niiden asennukseen ja käyttöönottoon liittyvät toimenpiteet standardien mukaisesti.

Linjastossa olevalla robottisolulla oli jo käytössä Sickin korkean turvallisuustason turvarele, jonka takia päädyttiin valitsemaan myös tarkistusvaa'alle käyttöön Pilzin vastaavan tasoisen turvarele. Valittujen komponenttien tekniset ominaisuudet, kuten kaksikanavainen rakenne, korkea diagnostiikkakyky sekä mahdollisuus pysäytysluokan 0 toteutukseen, vastaavat standardien SFS-EN ISO 13849-1:2023 ja SFS-EN ISO 13850:2015 vaatimuksia.

Alkuperäisessä tilanteessa yksikanavainen toteutus tarkoitti, että yhden koskettimen vikaantuminen voisi johtaa järjestelmän turvallisuustoiminnon menettämiseen. Tämä riski arvioitiin kohtalaiseksi. Muutoksen jälkeen, kaksikanavaisen järjestelmän ansiosta, yksittäisen kanavan vika ei johda turvatoiminnon menettämiseen. Tämä pienentää riskiä merkittävästi. Näillä muutoksilla, joita linjastoon tehtiin, saavutettiin PL e - ja Turvallisuusluokka 4 tason vaatimukset.

Kaikki linjaston laitteet ovat lisäksi suojattu ovilla tai kuvuilla, jolloin tahaton pääsy vaarallisiin osiin on estetty. Riskienarvioinnissa tunnistetut jäljelle jääneet vaaranpaikat rajoittuvat tilanteisiin, joissa tuotetta siirretään kuljettimelta toiselle ja joissa on mahdollista saada sormi kuljettimien väliin. Kyseisestä vaaratilanteesta mahdollisesti aiheutuva vamma arvioitiin lieväksi ja väliaikaiseksi. Lisäksi tällaisten vammojen esiintymistiheys arvioitiin harvinaiseksi, ja riskiä voidaan pienentää helposti varmistamalla, ettei työntekijöillä ole mahdollisuutta tahallisesti asettaa käsiään kuljettimien väliin, sillä tahaton altistuminen ei ole mahdollista.

Linjasto täyttää myös koneyhdistelmän määritelmän mukaiset vaatimukset, sillä se on koottu erityisesti tietyn tuotteen valmistusta varten ja sen laitteiden toiminta on sidoksissa toisiinsa. Esimerkiksi pakkauskone pysäyttää jakolaitteen ja monipäävaajan, mikäli jokin osa laitteistosta ei ole valmis jatkamaan tuotantoa.

Hätäpysäytysjärjestelmän isäntälaitte eli robottisolun käyttöä pysäytysluokkaa 0, jossa koneen toiminta pysäytetään välittömästi katkaisemalla energiansyöttö, mikä täyttää standardin SFS-EN ISO 13850:2015 mukaiset vaatimukset. Pysäytysluokka on saavutettu käyttämällä SICK merkkistä turvarelettä. Taulukosta 4 voidaan nähdä työssä käytettyjä standardeja.

**Taulukko 4.** Työssä käytettyjä standardeja ja niiden soveltamiskohteita.

Standardi/direktiivi	Keskeinen kohta	Miten huomioitu työssä
SFS-EN ISO 13849-1:2023	Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat, PL-tasot ja suunnitteluvaatimukset	Käytetty turvallisuuskomponenttien ja -järjestelmien valinnassa ja arvioinnissa
SFS-EN ISO 13850:2015	Hätäpysäytystoimintojen suunnittelu ja toteutus	Käytetty hätäseisjärjestelmän toteutuksessa
Konedirektiivi 2006/42/EY	Olellaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset koneille	Järjestelmän turvallisuusvaatimukset täytetty, riskiarvioinnit tehty direktiivin mukaisesti
IEC 60204-1:2018	Koneiden sähkölaitteiston turvallisuusvaatimukset	Huomioitu sähköjärjestelmien suunnittelussa ja asennuksessa
IEC 60529 (IP-luokitukset)	IP-luokitukset, suojaus vedeltä ja pölyltä	Järjestelmän komponenttien IP-luokitukset valittu teollisuusolosuhteisiin (vähintään IP65, tavoiteltu IP69K)

## 6.2 Konelinjaston laitteet hätäseisjärjestelmässä

Linjasto, jonka valitsin koostuu seuraavista laitteista: pakkauskone, monipäävaaka, jakolaitte, tarkistus vaaka, röntgen ja robottisolun. Lavaamon ja pakkauspuolen seinä toimii rajana hätäpysäytysjärjestelmälle tässä työssä. Pakkauslinjan laitteet ovat irtonaisina, koska monipäävaajan vaakakupeille ei ole hätäpysäytystä ja niillä ei ole riskiä aiheuttaa sellaista tapaturmaa, joka vaatii hätäpysäytyksen.

Alhaalla pakkauskoneen lisäksi on jakolaite monipäävää'alta tippuvalle lihalle. Jakolaite on ympäröity turvarajoilla varustetuilla ovilla ja jos ovi avataan, niin turva-  
piiri katkaisee jakolaitteen ohjauksen ja paineilman syötön. Tästä syystä voidaan todeta, ettei pakkauskoneen ja jakolaitteen hätäpysäytys-piirejä ole tarpeen yhdistää toisiinsa, vaan ne voivat toimia itsenäisinä järjestelminä ilman yhteistä hätäpysäytys-kättelytietoa. Laitteiden välillä on kuitenkin olemassa kommunikointi niiden toimintavalmiudesta. Kun toisesta laitteesta aktivoidaan hätäpysäytyspainike, toinen laite saa tiedon, ettei kyseinen laite ole enää käyntivalmis, jolloin myös toinen laite pysähtyy. Laite pysyy pysähdyksissä siihen asti, kunnes hätäpysäytys-tilassa ollut laite antaa kuittauksen siitä, että tilanne on turvallinen ja tuotantoa voidaan jatkaa normaalisti.

Lavaamon puolella robottisolun toimii "isäntänä" eli laitteena, joka ohjaa muita laitteita linjassa tässä työssä. Robottisolulle tuodaan linjaston laitteiden hätäpysäytysreleiden tai painikkeiden tieto, onko se aktiivinen vai lauennut. Lavaamon puolella linjassa on tarkistusvaaka, joka liitetään hätäpysäytysjärjestelmään. Linjastossa on myös röntgen, mutta se jätetään liittämättä linjaan, koska röntgenlaitteen hätäpysäytys kuluttaa röntgenputkea ja röntgenputkella on pitkä lämpeämisaika hätäpysäytyksen jälkeen. Röntgenlaite voidaan jättää liittämättä linjaan, jos se on laitteelle haitallista tehdä hätäpysäytyksiä usein ja laitteessa selkeästi ilmoitetaan, ettei röntgenlaitteen hätäpysäytyspainike ei pysäytä muita laitteita ja muissa laitteissa ilmoitetaan, ettei niiden hätäpysäytyspainike pysäytä röntgenlaitetta.

### **6.3 Hätäpysäytysjärjestelmän rakenne**

Työssä käytettävässä linjassa hätäpysäytys rakennettiin lavaamon puolelle konelinjaa, niin että robottisolun toimii isäntänä. Varmistusvää'alta hätäpysäytyspainikkeen tila viedään suoraan painikkeenkoskettimilta robottisolun riviliittimiin

”Hätäpysäytys kättely 2 linja 1” ja ” Hätäpysäytys kättely 2 linja 2” kytkennät robottisolun riviliittimillä. Tällöin hätäpysäytyspainike on kytketty kahdelle kanavalle, joka varmentaa, että vikatilanteessa emme menetä turvallisuutta toisen kanavan vikaantuessa.

Varmistusvaa’an oma hätäpysäytyspainike on korvattu toisella painikkeella. Varmistusvaa’an oma hätäpysäytys painike katkaisi jännitteen käynnistyspainikkeelta alkuperäisessä kytkennässä, mutta nyt painike korvattiin kaksikanavaisella hätäpysäytyspainikkeella, jonka tieto tulee suoraan robottisolulta ja palaa sinne. Lisäämme robottisolun keskukseen yhden turvareleen. Turvareleelle tulee tieto hätäpysäytysjärjestelmän tilasta ”-KF3” koskettimelta kaksi kanavaisena. Turvapiirin ollessa aktiivinen eli kunnossa, KF3 kosketin on kiinni ja se kertoo turvareleelle, että hätäpysäytyspiiri on kunnossa.

Robottisolulta tuodaan turvareleeltä tieto yhtä johtoa pitkin sulkeutuvalla koskettimelle ja toista johtoa pitkin avautuvalla koskettimelle. Koskettimien ollessa kiinni jännite pääsee sulkeutuvan koskettimen kautta takaisin varmistusvaa’alle, joka kertoo laitteelle, että hätäpysäytyspiiri on kunnossa ja laitteella on lupa käynnistyä. Työssä käytetty Pilzin turvarele täyttää EN ISO 13849-1 -standardin mukaisen suoritustason PL e vaatimukset. Tämä tarkoittaa, että releen avulla toteutettu kaksikanavainen hätäpysäytysjärjestelmä saavuttaa korkean turvallisuustason ja vähentää vaarallisten vikojen todennäköisyyttä merkittävästi. Tämä ylittää alkuperäisen yksikanavaisen toteutuksen turvallisuustason (PL c tai PL d), varmistaen standardin mukaisten turvallisuusvaatimusten täyttymisen.

#### **6.4 Laitteet, jotka vaativat muokkausta liittämistä varten**

Varmistusvaa’an hätäpysäytys on rakennettu 1-piiriseksi, ja vaa’assa ei ole hätäpysäytys relettä tai muuta hätäpysäytysjärjestelmää alkuperäisesti. Vaaka on toteutettu piirikorteilla ja tietokoneella, joten se eroaa normaaleista tehtaan laitteista keskukseltaan sekä komponenteiltaan.

Vaakaa muokattiin niin että sen hätäpysäytys muutettiin kaksi kanavaiseksi. Laitteelle vaihdettiin uusi hätäpysäytyspainike ja koskettimet, josta vietiin kaksi kanaavaa eli kaksi erillistä johtoa pitkin napin tilatieto suoraan robottisolun riviliittimiin. Robottisolulla oli valmius toimia isäntänä linjassa, jolloin robotille oli tehty valmius liittää varmistusvaa'alle uusi kaksi kanavainen hätäpysäytyspainike, jonka tilatiedot tuotaisiin robottisolulle.

Tämän jälkeen oli tarpeen suunnitella, kuinka saataisiin vietyä robottisolulta hätäpysäytysjärjestelmän tilatieto varmistusvaa'alle niin, että se täyttää hätäpysäytysjärjestelmän vaatimukset. Atrialla on varastossa paljon erilaisia hätäpysäytysreleitä ja logiikoita. Etsin netistä eri valmistajien sivuilta tilanteeseen tarvittavaa turvarelettä, joka lopulta löytyi Pilz merkkiseltä valmistajalta, jonka rele löytyi suoraan Atrian varaosa varastosta. Turvareleen vaatimuksena oli, että sille saataisiin tuotua robotin tilatieto kaksikanavaisena ja turvareleeltä saataisiin vietyä sen tilatieto takaisin varmistusvaa'alle sen omaan hätäpysäytysjärjestelmään.

Robottisolu oli jo etukäteen suunniteltu siten, että siitä löytyivät valmiit lähdöt turvareleen asentamiseksi. Tästä syystä turvarele voitiin asentaa suoraan robottisolun sähkökeskukseen. Työn alussa oletuksena oli, että varmistusvaaka olisi yksikanavainen sähkökuvien perusteella. Työn edetessä kuitenkin havaittiin, että varmistusvaa'an hätäpysäytyspainikkeessa olikin yksi avautuva ja yksi sulkeutuva kosketin. Tämä ei lopulta aiheuttanut ongelmaa, sillä turvareleellä oli mahdollista viedä tilatieto varmistusvaa'alle lisäkoskettimien avulla. Hyödyntämällä yhtä avautuvaa ja yhtä sulkeutuvaa lisäkosketinta saatiin toteutettua kytkentä alkuperäistä vastaavaksi. Tämän jälkeen varmistusvaa'alta välitettiin tieto takaisin turvareleelle lisäkoskettimien kautta, jolloin robotin hätäpysäytyspiirin ollessa aktiivinen järjestelmä toimi samalla tavalla kuin ennen kaksikanavaisen hätäpysäytyspainikkeeseen siirtymistä.

## 6.5 Järjestelmän nollaaminen

Järjestelmän nollaaminen tapahtuu keskitetyllä ohjauspaneelilla robottisolun luona. Nollaamisprosessissa järjestelmä tarkistaa automaattisesti kaikkien hätäpysäytyspiirien kunnan ennen kuin koneen uudelleenkäynnistys sallitaan. Mahdolliset vikailmoitukset näkyvät selkeästi käyttöpaneelin näytöllä ja vaativat käyttäjältä kuittauksen ennen toiminnan jatkamista.

Tilanteessa 1, jossa painetaan hätäpysäytyspainiketta varmistusvaa'alta, pysähtyvät varmistusvaaka, robottisolun ja linjan rasiakuljettimet pakkauskoneen ulostulokuljettimelta asti. Tämän jälkeen hätäpysäytyspainike tulee vapauttaa ensin varmistusvaa'alta ennen kuin robotin hätäpysäytyspiiri voidaan kuitata. Jotta varmistusvaaka saadaan, käytiin hätäpysäytyksen jälkeen, tulee olla ensin sen hätäpysäytyspainike vapautettuna ja robotin hätäpysäytyspiiri kuitattuna, ennen kuin varmistusvaa'alle tulee tieto, että linjan hätäpysäytyspiiri on kunnossa.

Tilanteessa 2, jossa robotilta painetaan hätäpysäytyspainiketta, varmistusvaa'an hätäpysäytyspiiri katkeaa ja sen kuljettimet pysähtyvät. Varmistusvaa'alle ei tule käynnistys lupaa ennen kuin robotin hätäpysäytyspainike on vapautettu ja hätäpysäytyspiiri on kuitattu robottisolulta.

## 6.6 Järjestelmän testaaminen ja toiminta

Kun kytkennät ja merkinnät oli saatu valmiiksi, järjestelmän toiminnan testaus ja varmistaminen voitiin aloittaa. Linjasto käynnistettiin ja järjestelmää testattiin käytännössä varmistamalla, miten hätäpysäytyspainikkeen aktivointi vaikutti laitteisiin ja miten järjestelmä reagoi eri tilanteissa. Testien avulla varmistettiin, että hätäpysäytysjärjestelmä toimii suunnitellulla tavalla ja täyttää asetetut turvallisuusvaatimukset.

Järjestelmä toimi testeissä suunnitellusti, eikä siihen tarvinnut tehdä jälkikäteen

muutoksia. Työn tuloksena toteutettiin kaksikanavainen hätäpysäytysjärjestelmä, jossa otettiin käyttöön turvarele tarkistusvaa'an ohjausta varten. Tämä muutos parantaa huomattavasti järjestelmän turvallisuutta sekä toimintavarmuutta. Sen ansiosta tuotantolinjan reaktioaika hätätilanteissa lyhenee, tapaturmariski pienee merkittävästi ja mahdollisten vikojen paikantaminen tehostuu.

## 6.7 Haasteet työvaiheessa

Työn toteutuksessa ei ilmennyt suuria haasteita, koska robottisolussa oli jo valmiiksi isäntälaitteominaisuus. Käytännössä oli ainoastaan tarkistettava liittimien sijainnit ja tehtävä tarvittavat johdotukset tarkistusvaa'alta. Pieniä ongelmia esiintyi kuitenkin tarkistusvaa'an kytkennöissä, kun oletettu yksikanavainen hätäpysäytyspainike osoittautuikin kaksikoskettimiseksi – siinä oli yksi avautuva ja yksi sulkeutuva kosketin. Tämä ei lopulta aiheuttanut merkittäviä ongelmia, sillä turvareleellä oli käytettävissä lisäkoskettimissa yksi avautuva kosketin, jonka ansiosta kytkentä voitiin toteuttaa alkuperäistä vastaavaksi.

Kytkenän jälkeen tarkistusvaaka ei kuitenkaan jostain syystä käynnistynyt, vaikka toteutettu kytkentä vastasi alkuperäistä täysin, erotuksena ainoastaan väliin asennettu turvarele. Turvareleen lähdoistä mitatut jännitteet vastasivat suunniteltua toimintaa, minkä vuoksi vaa'an kuljetinmaton käynnistymättömyys aiheutti hämmennystä. Tarkemman tutkimisen ja keskuksen mittausten jälkeen havaitsin, että keskukseen oli jälkikäteen lisätty ylimääräinen rele, jolla ei ollut mitään varsinaista ohjaustoimintoa. Tähän releeseen oli kuitenkin lainattu miinusjohto vaa'an painikkeilta. Kun kyseinen rele poistettiin käytöstä, kuljetinmatto käynnistyi normaalisti. Tämän jälkeen työ voitiin viimeistellä suunnitelmien mukaisesti ja linjaston toimivuus testattiin onnistuneesti.

## 7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa Atrialle yhden konelinjan kattava hätäpysäytysjärjestelmä sekä perehtyä järjestelmän suunnittelussa huomioitaviin standardeihin ja vaatimuksiin. Työssä on käsitelty laajasti konedirektiiviä sekä muita soveltuvia turvallisuusstandardeja, jotka määrittelevät periaatteet koneiden ja laitteiden suunnittelulle sekä niiden muutoksille. Opinnäytetyössä on erityisesti perehdytty sellaisiin standardeihin, jotka koskevat työn kohteena olleen linjaston koneita ja niiden turvallisuusratkaisuja.

Työn kohteeksi valittiin linjasto, johon kuuluivat pakkauskone, monipäävaaka, jakolaite, tarkistusvaaka, röntgen ja robottisolu. Linjaston rajaus tehtiin pakkaamon ja lavaamon väliseen seinään. Pakkaamon puolella olevat laitteet oli jo hyvin eristetty, eikä riskienarvioinnissa havaittu sellaisia riskejä, jotka olisivat edellyttäneet hätäpysäytysjärjestelmän ulottamista monipäävaakan ja pakkauskoneen välille. Lavaamon puolella puolestaan toteutettiin hätäpysäytysjärjestelmä tarkistusvaakan ja robottisolun välille. Röntgen jätettiin tarkoituksella hätäpysäytysjärjestelmän ulkopuolelle sen herkän tekniikan, pitkän lämmitysajan ja kulumisriskin vuoksi. Laitteet merkittiin selkeästi siten, että käyttäjälle käy ilmi röntgenin erillinen hätäpysäytystoiminto: muista laitteista on nähtävissä, ettei niiden hätäpysäytys vaikuta röntgeniin, ja vastaavasti röntgenistä käy ilmi, ettei sen hätäpysäytys vaikuta muihin laitteisiin.

Linjastoja tarkasteltaessa kävi selvästi ilmi, että niiden toimittamisen ja valmistuksen yhteydessä ei useinkaan ole huomioitu mahdollisuutta liittää laitteita ylemmän hätäpysäytysjärjestelmään. Useimmissa laitteissa ei joko ollut lainkaan tällaista valmiutta tai se olisi vaatinut merkittäviä muutoksia ohjelmistoihin sekä komponentteihin. Tämän vuoksi jokainen linjasto täytyy arvioida tapauskohtaisesti, sillä linjastojen laitteet voivat olla valmistettu eri ajankohtina ja eri valmistajien toimesta. Lisäksi osassa laitteista käytetään valmistajan omaa ohjelmistoa,

joka saattaa olla esimerkiksi salasanasuojattu, mikä edelleen vaikeuttaa muutosten tekemistä ja yhteensopivuuden varmistamista.

Työn suurimmaksi haasteeksi muodostui sellaisen linjaston löytäminen, joka olisi mahdollista muokata yhtenäisen hätäpysäytysjärjestelmän alaiseksi, mutta samalla siten, ettei se vaatisi valmistajakohtaisia muutoksia laitteiden ohjelmistoihin. Vaikka uusimmissa tuotantolinjastoissa on yleensä jo valmiiksi täysi valmius hätäpysäytysjärjestelmään, tämän työn tavoitteena oli nimenomaan toteuttaa muutokset olemassa oleviin laitteisiin. Valittu linjasto vastasi hyvin näihin vaatimuksiin ja soveltui siksi erinomaisesti työn toteuttamiseen.

Vaikka suunniteltu hätäpysäytysjärjestelmä täyttää nykyaikaiset standardit ja toimii tehokkaasti suunnitellulla konelinjalla, on tulevaisuudessa mahdollista kehittää järjestelmää edelleen useilla tavoilla.

Yksi kehitysmahdollisuus on lisätä järjestelmään visuaalinen käyttöliittymä (HMI), josta nähdään reaaliaikaisesti jokaisen hätäpysäytyspainikkeen tila sekä mahdolliset viat tai aktivoinnit. Tämä parantaa kunnossapidon tehokkuutta ja nopeuttaa vikatilanteiden diagnostiikkaa. Sekä tulevaisuudessa järjestelmää voisi kehittää hyödyntämällä tekoälyä tunnistamaan käyttäjien poikkeavaa toimintaa tai ennustamaan vaaratilanteita historiatietojen perusteella. Tämä voisi lisätä turvallisuutta etenkin automatisoiduissa ja nopeissa tuotantoympäristöissä.

Yhteenvedona opinnäytetyöstä voidaan todeta, että työn tavoitteet saavutettiin onnistuneesti, ja toteutettu hätäpysäytysjärjestelmä on ollut käytössä jo pidemmän aikaa osoittautuen toimivaksi ratkaisuksi valitulle konelinjalle. Opinnäytetyössä tuotiin selkeästi esiin koneiden turvallisuuteen liittyvien direktiivien ja standardien olennaiset kohdat, mikä mahdollistaa työn hyödyntämisen myös tulevaisuudessa muiden konelinjastojen hätäpysäytysjärjestelmien suunnittelun ja toteutuksen tukena.

## LÄHTEET

Atria Oyj. (n.d). Liiketoiminta-alueet. Noudettu 7.10.2024 osoitteesta <https://www.atria.com/tietoa-atriasta/liiketoiminta-alueet/>

Cabinplant. (n.d). Distribution tool. Noudettu 12.03.2025. osoitteesta [https://www.cabinplant.com/wp-content/uploads/2023/08/09070103\\_distribution\\_tool\\_step.pdf](https://www.cabinplant.com/wp-content/uploads/2023/08/09070103_distribution_tool_step.pdf)

International Organization for Standardization. (2010). *EN ISO 12100: Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction*.

EN ISO 13849-1:2015. (2015). (Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design). International Organization for Standardization.

Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2006). *Direktiivi 2006/42/EY Euroopan parlamentista ja neuvostosta 17. toukokuuta 2006 koneista*. Noudettu osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32006L0042>

Hannuksela, J. (2024). Uusi siipikarjatehdas vihittiin käyttöön. *Maaseudun Tulevaisuus*. Noudettu osoitteesta 12.03.2025. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/5edf5099-9ef6-456b-b3e4-6b86be941fa9>

Hannuksela, M. (2024). Atrian uusi siipikarjatehdas vihittiin käyttöön. *Liha ja ruoka*  
Noudettu osoitteesta 12.3.2025. <https://lihajaruoka.fi/atrian-uusi-siipikarjatehdas-vihittiin-kayttoon/>

International Electrotechnical Commission. (2016). *IEC 60204-1: Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements.*

International Electrotechnical Commission. (2018). *IEC 60204-4: Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 4: Safety-related parts of control systems.*

International Electrotechnical Commission (IEC). (n.d). IP ratings. Noudettu 7.10.2024 osoitteesta <https://www.iec.ch/ip-ratings>

ISO/TR 14121-2:2012. (2012). Safety of machinery – Risk assessment – Part 2: Practical guidance and examples of methods. International Organization for Standardization.

Kittner. (n.d). Swing loader. Noudettu 12.03.2025 osoitteesta <https://food.kittnerbg.eu/produkte/swing-loader-for-200-and-300-l-buggies/>

Marel. (2020) Lifting live bird handling to new standards ATLAS system. Noudettu 12.3.2025 osoitteesta [https://marel.com/media/pwojtsud/po008\\_en\\_20-03\\_internet\\_atlas-system.pdf](https://marel.com/media/pwojtsud/po008_en_20-03_internet_atlas-system.pdf)

Marel. (n.d.-a). Multihead Weigher Auger Feed (fresh). Noudettu 12.03.2025. osoitteesta <https://marel.com/en/products/multihead-weigher-fresh-products/meat/>

Marel. (n.d.-b). Shock Maturation Chilling system. Noudettu 12.3.2025 osoitteesta <https://marel.com/en/products/shock-maturation-chilling-system/>

Multivac. (n.d.-a) Röntgentarkastus laitteet. Noudettu 12.03.2025 osoitteesta <https://multivac.com/fi/fi/our-solutions/portfolio/inspection-solutions/x-ray-inspection-systems>

Multivac. (n.d.-b). Automaattiset tarkistusvaa'at. Noudettu 12.03.2025 osoitteesta <https://multivac.com/fi/fi/our-solutions/portfolio/inspection-solutions/automatic-checkweighers>

Multivac. (n.d.-c). Syvävetopakkaus koneiden merkintälaitteet. Noudettu 12.03.2025 osoitteesta <https://multivac.com/fi/fi/our-solutions/portfolio/labelling-and-printing-solutions/markings-on-thermoforming-packaging-machines>

Multivac. (n.d.-d). Älykkäät linjastot maksimaaliseen tuottavuuteen ja menestykseen. Noudettu 12.03.2025 osoitteesta <https://multivac.com/fi/fi/our-solutions/portfolio/line-solutions#carousel-c007774783-item-90a414fb4b-tabpanel>

Multivac. (n.d.-e). Syvävetopakkaus koneet suurten tuotantomäärien toimialoille. Noudettu 12.03.2025 osoitteesta <https://multivac.com/fi/fi/our-solutions/portfolio/packaging-solutions/thermoforming-packaging-machines/high-performance-thermoforming-packaging-machines>

Mäkelä, J. (2021). Ylisen tilalla Nurmossa on kasvatettu broilereita kahdessa sukupolvessa jo täydet 50 vuotta. *Maaseudun Tulevaisuus* 8.2.2021 Noudettu

12.3.2025 osoitteesta <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/6d5d6cc8-c1ab-507c-9e18-40678104c8db>

Suomen Standardisoimisliitto. (2018). *SFS-EN 60204-1: Koneiden sähkövarusteet. Osa 1: Yleiset vaatimukset.*

Suomen Standardisoimisliitto. (2010). *SFS-EN ISO 12100: Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction.*

Suomen Standardisoimisliitto. (2023). *SFS-EN ISO 13849-1: Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet.*

Suomen Standardisoimisliitto. (2015). *SFS-EN ISO 13850: Koneturvallisuus. Häätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet.*

Suomen Standardisoimisliitto. (2013). *SFS-ISO/TR 14121-2: Koneturvallisuus – Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä.*

Siirilä, T. (2009a). *Koneturvallisuus: Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet. Osa 3.3.* Inspecta.

Siirilä, T. (2009b). *Koneturvallisuus: Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet. Osa 6.4.5.* Inspecta.

Trimaster. (n.d). Laatikointi ja poimintasolut. Noudettu 12.03.2025 osoitteesta <https://trimaster.fi/laatikointi-ja-poimintasolut/>

Työterveyslaitos. (2009). Riskien arviointi työpaikalla. Noudettu 15.10.2024 osoitteesta <https://www.ttl.fi/teemat/tyoturvaluus/riskien-arviointi-tyopaikalla>

Työturvallisuuskeskus. (2015). Riskien arviointi työpaikalla. Noudettu 15.10.2024 osoitteesta <https://ttk.fi/wp-content/uploads/2022/04/Riskien-arviointi-tyopaikalla-tyokirja.pdf>

Työturvallisuuskeskus. (2023). Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi. Noudettu 15.10.2024 osoitteesta <https://ttk.fi/tyoturvaluus/vastuut-ia-velvoitteet/tyonantajan-yleiset-velvollisuudet/vaarojen-tunnistaminen-ja-riskien-arviointi/>

## LIITTEET

Liite 1. Riskien arvioinnin vaiheet (SFS, 2010).

