

**Toni Ojajärvi**

**KONETURVALLISUUS RIMOITUSKONEELLA**  
**UPM Kymmene OYJ Alholman saha**

**Opinnäytetyö**  
**CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU**  
**Kone ja tuotantotekniikan koulutusohjelma**  
**Helmikuu 2015**

## TIIVISTELMÄ

<b>Yksikkö</b> Kokkola-Pietarsaari	<b>Aika</b> Huhtikuu 2015	<b>Tekijä</b> Toni Ojajarvi
<b>Koulutusohjelma</b> Kone ja tuotantotekniikka		
<b>Työn nimi</b> Koneturvallisuus rimoituskoneella		
<b>Työn ohjaaja</b> Ilkka Rasehorn		<b>Sivumäärä</b> 46+2
<b>Työelämäohjaaja</b> Pasi Mäki, Kyösti Herranen		
<p>Tämä insinööri työ toteutettiin Caverion industria Oy:n toimeksiannosta Upm Kymmene Oyj Alholman sahalle. Alholman saha on toiminut jo yli sata vuotta ja se tuottaa vuodessa yli 200,000m<sup>3</sup> mänty- ja kuusisahatavaraa maailman markkinoille.</p> <p>Työn aiheena oli selvittää Alholman sahan uuden rimoituskoneen turvapiirien toiminta ja turvalliset työskentelytavat kunnossapidon kannalta sekä standardien avulla selvittää oikeat ja turvalliset kunnossapidon työskentelymenetelmät.</p> <p>Tässä työssä perehdyttiin turvallisuuteen liittyviin standardeihin ja materiaaleihin. Niiden avulla selvitettiin oikeat ja turvalliset työskentelytavat.</p> <p>Tämän insinööri työn tarkoituksena oli selvittää kunnossapito henkilöstölle turvallisuuden liittyvän ohjausjärjestelmän toimintaa sekä ohjeistaa kunnossapito henkilöstöä turvallisiin ja selväpiirteisimpiin työskentelytapoihin uudella rimoituskoneella.</p>		
<b>Asiasanat</b> Turvallisuus rimoituskoneella, turvapiirit, kunnossapito		

## ABSTRACT

<b>Unit</b> Kokkola - Pietarsaari	<b>Date</b> April 2015	<b>Author</b> Toni Ojajärvi
<b>Degree programme</b> Mechanical Engineering and Production Technology		
<b>Name of thesis</b> Safety of Machinery on Lumber Pre-sorting		
<b>Instructor</b> Ilkka Rasehorn		<b>Pages</b> 46+2
<b>Supervisor</b> Pasi Mäki, Kyösti Herranen		
<p>This thesis was implemented as Caverion Industria Oy is assignment to UPM Kymmene Oyj Alholma sawmill. Alholma sawmill has been operating for over 100 years and it produces annually more than 200,000m<sup>3</sup> pine and spruce sawn timber for the world market.</p> <p>The subject of the thesis work was to investigate the operation of the new lumber pre-sorting machine for Alholma sawmill, the safe working practices for maintenance and standards to determine the correct and safe working methods for maintenance.</p> <p>Thesis work focused on safety-related standards and materials. They are used to determine the correct and safe working practices.</p> <p>Purpose of this study was to investigate the activities related to the safety of the control system for the maintenance personnel as well as instructions for the maintenance personnel for safe and clear-cut ways of working with the give new lumber pre-sorting machine.</p>		

<b>Key words</b> Safety on lumber pre-sorting, safety circuits, maintenance
--

**TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT**

**SISÄLLYSLUETTELO**

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 UPM KYMMENE OYJ</b>	<b>2</b>
2.1 UPM:n arvot	2
2.2 UPM:n liiketoimintaryhmät	2
2.3 UPM timber	3
<b>3 ALHOLMAN SAHA</b>	<b>5</b>
3.1 Alholman sahan historia	5
3.2 Alholman sahan tuotantoprosessi	6
3.3 Rimoituskone	7
<b>4 KONETURVALLISUUS</b>	<b>9</b>
4.1 Koneturvallisuuden ohjausjärjestelmät	9
4.1.1 Koneen turvatoiminnot	12
4.1.2 Turvatoiminnon suoritustaso PLr	12
4.1.2.1 Suoritustason PLr määrittäminen	13
4.1.3 Turvalaitteen vaarallinen vikaantumisaika	14
4.1.3.1 Sähkömekaanisten komponenttien vaarallinen vikaantumisaika	14
4.1.3.2 Komponentin MTTF <sub>d</sub> arvon laskenta B10d arvon avulla	15
4.1.4 Turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän arviointi	16
4.1.5 PL suoritustaso	17
4.1.6 Turvallisuuden eheyden tasot SIL	18
4.1.6.1 Turvallisuuden eheyden luokat	18
4.1.6.2 Rimoituskoneen turvallisuuden eheyden taso luokka 2	19
4.1.6.3 Luokan 2 turvatoiminnon toimintaperiaate	20
4.1.7 Diagnostiikan kattavuus DC	21
4.1.8 Yhteisvikaantuminen CCF	22
4.2 Ohjausjärjestelmän suunnittelu	23
4.2.1 Turvallisuuden rajavyöhykkeet	24
4.2.2 Turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän vaikutus kunnossapitoon	24
4.2.3 Koneen energian syötön katkeaminen	25

4.2.4 Kone-elimen käynnistys ja pysäytys	26
4.2.5 Turvapiirin kuittaustoiminto	26
4.3 Ohjausjärjestelmän turvalaitteet	27
4.3.1 Turvalaitteiden valinta	28
4.3.2 Turvalaitteiden käyttöön soveltaminen	30
4.3.3 Rimoituskoneen turvalaitteet	30
4.3.4 Turvallisuuteen liittyvien komponenttien yhdistäminen toisiinsa	33
4.3.5 Turvalaitteiden kunnossapito	35
4.4 Hätäpysäytys	35
4.5 Vahinkokäynnistyksen estävät erotuslaitteet	35
4.5.1 Syötönerotuskytkimen ominaisuudet	36
4.5.2 Rimoituskoneen syötönerotuskytkimet	37
4.6 Koneen sähkötilalle asetetut vaatimukset	38
<b>5 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS</b>	<b>39</b>
5.1 Sähkötilassa työskentely	39
5.2 Standardin mukaiset opastetut henkilöt	40
5.3 Työtä tekevän henkilön opastaminen	40
<b>6 CASE</b>	<b>42</b>
6.1 Ehdotukset	42
<b>7 POHDINTA</b>	<b>44</b>
<b>LÄHTEET LIITTEET</b>	<b>45</b>
<b>KUVIOT</b>	
KUVIO 1. Alholman sahan tuotantoprosessi	6
KUVIO 2. Rimoituskoneen valvontapiste	8
KUVIO 3. Standardien suhteet toisiinsa	11
KUVIO 4. Suoritustason määrittäminen	13
KUVIO 5. Luokan 1 mukainen turvatoiminto	18
KUVIO 6. Luokan 2 turvatoiminnon toimintaperiaate	20
KUVIO 7. Luokan 2 turvatoiminnon toimintaperiaate	21
KUVIO 8. Riskin arvioinnin yleismalli	25
KUVIO 9. Turvalaitteen valinta	29
KUVIO 10. Toimintaan kytketty suojaus	31

<b>KUVIO 11. Valosähköinen turvalaite</b>	<b>32</b>
<b>KUVIO 12. Turvarele</b>	<b>33</b>
<b>KUVIO 13. Turvakomponenttien yhdistäminen</b>	<b>34</b>
<b>KUVIO 14. Rimoituskoneen syötönerotuskytkin</b>	<b>38</b>

## **TAULUKOT**

<b>TAULUKKO 1. UPM Kymmene Oyj kuusi liiketoiminta ryhmää</b>	<b>3</b>
<b>TAULUKKO 2. UPM timbertuotanto</b>	<b>4</b>
<b>TAULUKKO 3. Turvakomponenttien keskimääräinen vikaantumisaika</b>	<b>14</b>
<b>TAULUKKO 4. Suoritustason määrittäminen</b>	<b>16</b>
<b>TAULUKKO 5. Suoritustason sekä turvallisuuden eheyden tason vastaavuus</b>	<b>17</b>
<b>TAULUKKO 6. Diagnostiikan kattavuus</b>	<b>22</b>

## 1 JOHDANTO

Koneita sekä laitoksia tehtäessä on huomioitava suunnittelussa huolto ja kunnossapitotöihin liittyvät seikat, sekä turvallisuuteen liittyvät asiat. Tässä opinnäytetyössä selvitetään UPM Kymmene Oyj Alholman sahan uuden syksyllä 2014 käyttöönotetun rimoituskoneen turvallisuuteen liittyviä asioita. Standardien avulla selvitettiin turvapiirien toimintaa sekä turvallisuuteen liittyviä näkökohtia, sekä kunnossapidon kannalta turvallisuuteen liittyviä tärkeitä systemaattisia käytäntöjä.

Tässä työssä kerrotaan turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän eheyden taso rimoituskoneella. Työssä tuodaan esille turvallisuuteen liittyvien komponenttien vikamuotoja sekä vikaantumisaikoja. Työssä selvitettiin standardien avulla syötönerotuskytkimiltä vaaditut vaatimukset ja peilattiin niitä Alholman sahalla oleviin syötönerotuskytkimiin.

Työssä kerrotaan standardien avulla turvapiirien kuittaustoiminnoilta vaadittavista ominaisuuksista. Myös koneen toimintaan liittyviä ominaisuuksia tietyissä tilanteissa käsitellään, kuten energiasyötön katkeamista tai turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän virtapiirin vaikuttamista koneen normaalitoiminnan aikana.

Tämän työn lopussa kerrotaan sähkötyöturvallisuudesta mm. mitä opastettu henkilö saa tehdä sähkötilassa. Työssä kerrotaan myös, milloin päävirtapiiri pitää erottaa kone-elimestä ja kuka sen saa tehdä ja todeta jännitteettömäksi.

## **2 UPM KYMMENE OYJ**

UPM Kymmene Oyj on vuonna 1996 perustettu yhtiö. Perustus on lähtenyt käyntiin, kun Kymmene Oy ja Repola Oy, sekä sen tytäryhtiöiksi tulleet paperitehtaat yhdistyivät. UPM:llä on Suomessa pitkät perinteet. Ensimmäiset paperitehtaat, puuhiomot ja sahat aloittivat jo 1870-luvulla, sekä ensimmäinen sellutehdas 1880-luvulla. Paperinjalostus yhtiössä aloitettiin 1920-luvulla ja vaneriliiketoiminta aloitti toimintansa 1930-luvulla. Nykyinen UPM Kymmene konserni muodostuu noin sadasta aikoinaan itsenäisesti toimivista yrityksistä. (UPM 2014b.)

### **2.1 UPM:n arvot**

UPM:n suurimpia kulmakiviä on kuituun ja biomassaan perustuva liiketoiminta, sekä uusiutuvat raaka-aineet ja tuotteet. UPM rakentaa kestäväää tulevaisuutta kuudella eri liiketoiminta-alueella. Näitä ovat UPM Biorefining, UPM Energy, UPM Raflatac, UPM Paper Asia, UPM Paper ENA (Eurooppa ja Pohjois-Amerikka) sekä UPM Plywood. UPM hyödyntää kuitua ja metsäbiomassaa nykyisissä tuotteissaan ja tavoitteena on luoda uusia innovaatioita jatkuvan tuotekehityksen avulla. UPM tarjoaa asiakkailleen kestäviä ja laadukkaita tuotteita ympäri maailmaa. (UPM Biofore 2012.)

UPM:llä on myyntikonttoreita 67 maassa, sekä tuotantoa 17 maassa. Liikevaihto oli vuonna 2012 10,4 miljardia euroa. Henkilöstöä on maailmanlaajuisesti 22,000. UPM:n osake on noteerattu Helsingin pörssissä NASDAG OMX:ssä. (Ilvespää 2014.)

### **2.2 UPM:n liiketoimintaryhmät**

UPM:ään kuuluu kuusi eri liiketoiminta ryhmää: UPM Biorefining (sisältäen biopolttoaineet, sellu, saha), UPM Energy, UPM Raflatac, UPM Paper Asia, UPM Paper ENA Eurooppa ja Pohjois-Amerikka ja UPM Plywood. Kaikissa ryhmissä yhdistyy



sama toiminta-ajatus; luoda lisä-arvoa uusiutuvista ja kierrätettävistä materiaaleista yhdistämällä osaamistamme ja teknologiaa. Kuituihin perustuva liiketoiminta on UPM:n ydintoimintaa. (UPM 2014a.)

UPM Biorefining	UPM Energy	UPM Rafflatac	UPM Paper Asia	UPM Paper ENA	UPM Plywood
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biopolttoaineet</li> <li>• Sellu</li> <li>• Puuviljelmät</li> <li>• Sahat</li> <li>• Pohjois-Euroopan Puunhankinta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vesi-, ydin-, ja lauhdevoima mukaan lukien osakkuudet energia-yhtiöissä</li> <li>• Sähkön ja johdannaisten kauppa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarralaminaatti tuote- ja informaatio-etiketointiin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hienopaperit Kiinassa</li> <li>• Tarrapaperit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aikakauslehti-paperit Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa</li> <li>• Sanomalehti- ja hienopaperit Euroopassa</li> <li>• Kierrätyspaperi (RCP) ja Keski-Euroopan puunhankinta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaneri- ja viilutuotteet</li> </ul>
<p>Muut toiminnot: Metsät (yli 850,000 hehtaaria) ja Puunhankinta, Uudet liiketoiminnot ja Konsernipalvelut</p>					

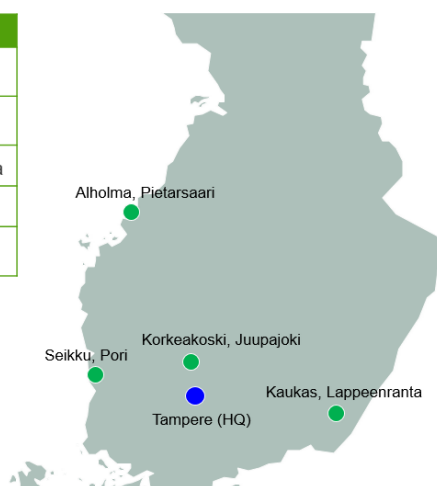
TAULUKKO 1. UPM Kymmene Oyj kuusi liiketoimintaryhmää (Ilvespää 2014).

### 2.3 UPM Timber

UPM Timber valmistaa korkealuokkaista mänty- ja kuusisahatavaraa rakennus- ja puusepän teollisuuteen. Tuotteisiin kuuluu vakio- ja erikoissahatavaraa. Laajasta tuotevalikoimasta löytyvät tuotteet niin rakentamiseen kuin teolliseen loppukäyttöönkin. UPM timber on yksi osa UPM:n yhdestä liiketoiminta-ryhmästä (UPM biorefining). UPM:n sahatavaran raaka-aine on peräisin kestävästi hoidetuista metsistä. (UPM 2014e.)

UPM Timber yksikköön kuuluu neljä sahalaitosta Suomessa; Pietarsaari (Alholman saha), Lappeenranta (Kaukaan saha), Juupajoki (Korkeakosken saha) ja Pori (Seikun saha). Sahojen yhteinen vuosittainen tuotantokapasiteetti valmistaa sahatavaraa on noin 1,5 miljoonaa m<sup>3</sup>. (UPM 2014e.)

	Kapasiteetti m <sup>3</sup>	Tuote
Alholma	250 000	Mänty- ja kuusisahatavara
Kaukas	530 000	Mänty- ja kuusisahatavara
Korkeakoski	330 000	Mäntysahatavara
Seikku	380 000	Kuusisahatavara
<b>Yhteensä</b>	<b>1 490 000</b>	



TAULUKKO 2. UPM Timber tuotantoesittely Alholman saha 2014 (UPM 2014e).

### 3 ALHOLMAN SAHA

Alholman saha sijaitsee Pietarsaassa. Alueella on tuotettu sahatavaraa jo 1800-luvun lopusta lähtien. Tänä päivänä sahalla tuotetaan vakiosahatavaraa ja UPM plus erikoissahatavaraa:

- liimalevyteollisuudelle
- puusepän teollisuudelle
- jakelukauppaan.

Alholman sahan tuotantokapasiteetti on n. 250,000m<sup>3</sup> valmista sahatavaraa per/vuosi. Työntekijöitä sahalla on noin 60. Raaka-aineena käytetään kuusta sekä mäntyä. (UPM 2014d.)

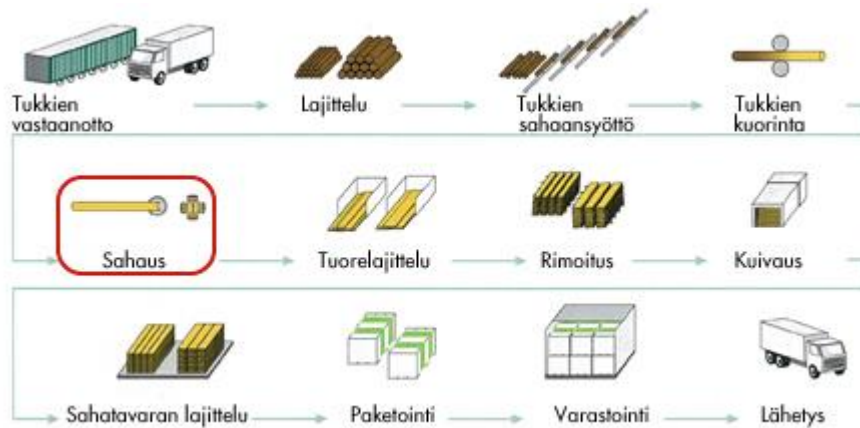
#### 3.1 Alholman sahan historia

Alholman sahalla on tuotettu sahatavaraa jo yli sata vuotta ja sen juuret yltävät 1800-luvun loppupuolelle, jolloin Wilhelm Schauman perusti sahan.

- 1896 Wilhelm Schauman perusti Alholman sahan
- 1960 Alholman saha ja Pietarsaaren Selluloosa Oy yhdistettiin Wilhelm Schauman AB:hen
- 1987 Schauman fuusioitiin Kymmene-konserniin
- 1990 Alholman nimeksi Wisatimber
- 1996 Wisatimber liitettiin Yhtyneet Sahat Oy:n Repolan ja Kymmenen fuusioituessa
- 1998 uusi tukkilajittelu ja sahan syöttö
- 2001 nimeksi Alholman saha ja jalostus
- 2004 UPM-Kymmene Wood Oy
- 2007 osaksi UPM-Kymmene Oyj:tä, Alholman saha ja jalostus, nimi muuttuu: Alholman saha
- 2011 uusi tuorelajittelu

(UPM 2014d.)

### 3.2 Alholman sahan tuotantoprosessi



KUVIO 1. Alholman sahan tuotantoprosessi (UPM 2014c).

Sahan tuotantoprosessi alkaa tukkienlajittelusta, johon raaka-aine tuodaan joko rekoilla tai junanvaunuilla. Tukit lajitellaan lokeroihin lajikkeen, tilavuuden sekä laadun perusteella. Tämän jälkeen tukit siirretään lokeroista omiin pinoihinsa odottamaan sahausta. Sahalinjalle tukit menevät kuorimakoneen kautta, jossa irrote-taan puun kuori. Kuorihyöty käytetään polttamalla se samalla alueella toimivassa voimalaitoksessa. Tukit sahataan mahdollisimman tarkalla sahausohjeella, jotta saadaan mahdollisimman hyvä hyötysuhde. Hyötysuhteen parantamiseen käytetään myös konenäkö kameroita apuna, jotta kierotukki saadaan mahdollisimman suorana sahaukseen. Myös paikan optimointia käytetään, jotta saadaan paras mahdollisimman suuri sekä hyvälaatuinen kappale sahattua.

Sahalinjan jälkeen sahatavara syötetään tuorelajitteluun, josta se menee konenäkökameroiden laaduttamana sekä pituuden, että tilavuuden mukaan omaan lokeroonsa. Lokerot lasketaan yksitellen kuljettimelle josta sahatavara siirtyy rimoituskoneelle. Rimoituskoneella pakataan sahatavara väliaikaisesti kuivaamo-aarten. Kappaleiden väliin asetetaan kuivausrimoja, jotta uuneissa ilma pääsisi mahdollisimman hyvin kiertämään kappaleiden kaikille pinnoille.

Kuivaamon tehtävänä on sananmukaisesti kuivata puutavara noin 10–14 %:n kosteuteen. Tämä tapahtuu kiertoilmauneilla, jotta vesi saataisiin pois myös kappaleen solujen syiden onteloista.

Kombilaitokselle tuleva kuiva puutavara kuivaamolta lajitellaan laadun, tilavuuden sekä lajikkeen mukaan lokeroihin. Lokeroista sahatavara menee paketoitinkoneelle jossa sahatavara paketoidaan valmiiksi varastoihin asiakkaille lähetystä varten.

### **3.3 Rimoituskone**

Rimoituskoneella kootaan sahatavarapaketit kuivausvaihetta varten. Rimaannostelija asettaa kuivausrimat sahatavarakerrosten väliin. Kappaleet ladotaan kerroksissa joka toinen oikeaan reunaan, joka toinen vasempaan reunaan. Tällä tavoin saadaan pakettien pituudet pysymään vakiona dimensiosta riippumatta. Rimat ladotaan sahatavara kerrosten päälle poikittain, jotta paketista tulisi mahdollisimman vakaa. Paketin vakaus on tärkeää rimoituskoneen jälkeisissä käsittelyvaiheissa. (Renholmen 2012.)

Alla olevassa kuvassa UPM Kymmene Oyj Alholman sahan uusi syksyllä 2014 valmistuneen rimoituskoneensa. Kuva on otettu operaattorin pisteeltä, johon on asennettu valvontakamerat linjan eri kohdista mihin ei ole ohjauspaikalta suoraa näköyhteyttä.



KUVIO 2. Rimoituskoneen valvontapiste

## 4 KONETURVALLISUUS

Käsite koneturvallisuus tarkastelee koneen kykyä suorittaa sille tarkoitettua toimintoa sen elinkaaren aikana, kun riskejä on pienennetty riittävästi. Tässä kappaleessa käydään läpi koneturvallisuuteen liittyviä standardeja, joiden avulla tarkastellaan rimoituskoneen koneturvallisuutta ja sen ohjausjärjestelmiä. Standardi ISO 12100 koneturvallisuuden perusteet tunnetaan A-tyyppin standardina. ISO 13849-1 standardiin liittyy turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmät ja niiden osat ja nämä ovat B tyyppin standardeja. Standardi ISO 60204-1, koneiden sähkölaitteistot, on myös B-tyyppin standardi. Kun taas Standardi ISO 62061 on sähköisten ja elektronisten ohjelmoitavien turvallisuuteen liittyvien komponenttien toiminnallisen turvallisuuden B-tyyppin standardi. (SFS-EN ISO 12100 2010, 10.)

- A-tyyppin standardit ovat koneturvallisuuteen liittyviä perusstandardeja, jotka määrittävät perusteet, suunnitteluperiaatteet ja yleiset näkökohdat, joita voidaan soveltaa koneisiin sekä kone-eliimiin (SFS-EN ISO 12100 2010, 10.)
- B-tyyppin standardit ovat turvallisuuden ryhmästandardeja, jotka käsittelevät yksittäisiä turvallisuus näkökohtia tai yhtä suojausteknistä laitetta, jota voidaan käyttää useissa kone-elimissä (SFS-EN ISO 12100 2010, 10.)

### 4.1 Koneturvallisuuden ohjausjärjestelmät

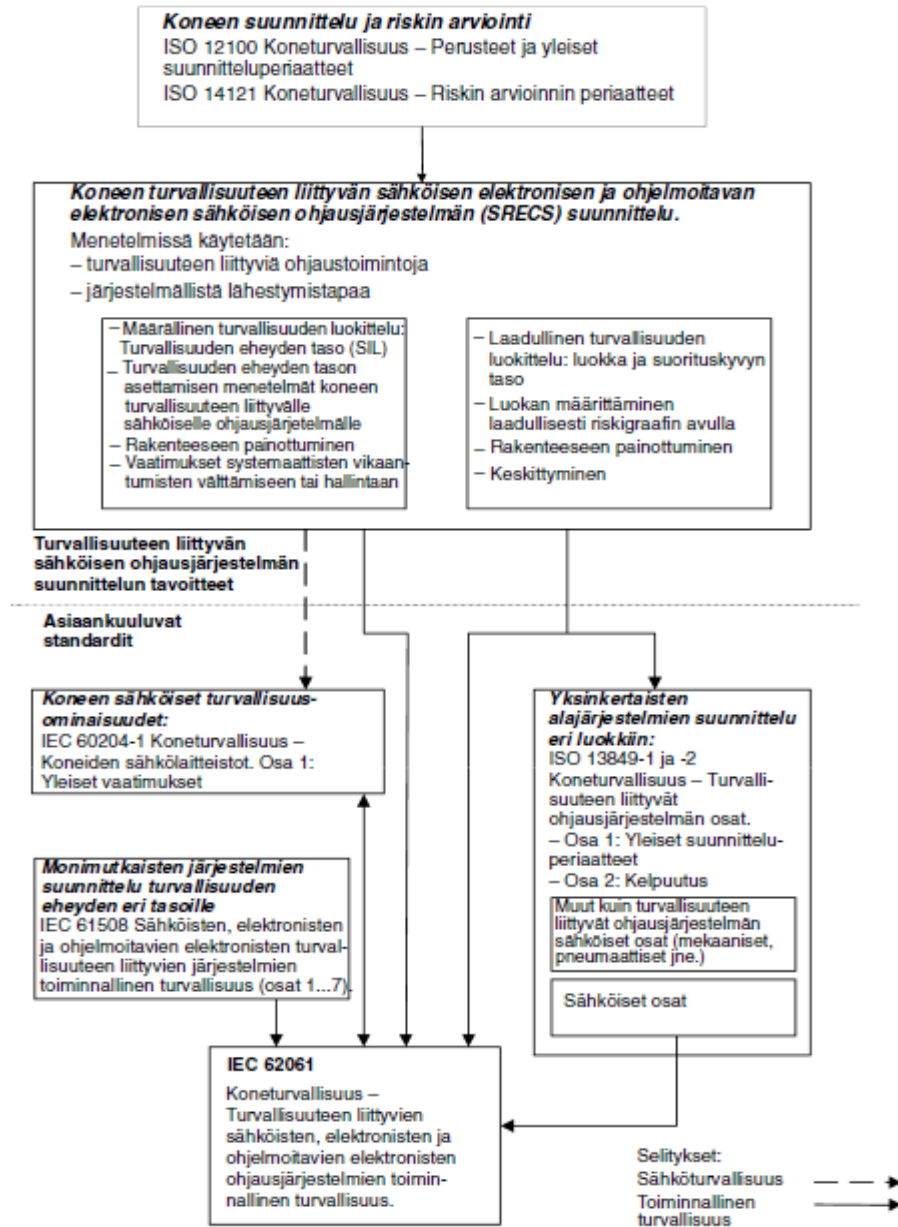
Koneen turvallisuuteen liittyvillä sähköisillä ohjausjärjestelmillä (Safety Related Electrical Control Systems, SRECS) on suuri merkitys koneen turvallisuuden toteuttamisessa. Tämä johtuu automaation kehitymisestä, tuotannon jatkuvasta kapasiteetin nostamisesta sekä koneenkäyttäjien fyysisen toiminnan rajoittamiseen kohdistuvista vaatimuksista. (SFS-EN 62061 2005, 10.)

Ennen standardien olemassaoloa ei koneiden aiheuttamien vaaratilanteiden pienentämiseen mielellään hyväksytty turvatoimintoja toteuttamaan turvallisuuteen

liittyvää sähköistä ohjausjärjestelmää, koska sähköisesti ohjelmoitavien turvallisuuden liittyvien ohjausjärjestelmien toimintavarmuutta pidettiin epävarmana. Monissa tapauksissa turvallisuuden liittyviä sähköisiä ohjausjärjestelmiä käytetään osana turvatoimintoa, jotka on lisätty koneeseen riskin pienentämiseksi. Yleisin tapa on liittää koneeseen toimintaan kytketty suojus, joka avattaessa sallii pääsyn vaaravyöhykkeelle ja lähettää sähköisen signaalin ohjausjärjestelmälle koneen normaalin toiminnan keskeyttämisestä. Koneen normaalin toiminnan aikaansaamiseksi käytettävä plc-ohjausjärjestelmä auttaa usein turvallisuuden parantamisessa, pienentämällä niitä riskejä jotka johtuvat suoraan sähköisen ohjausjärjestelmän kohdistuvista vioista. (SFS-EN 62061 2005, 10.)

Turvallisuusstandardit antavat menetelmät ja vaatimukset, joilla asetetaan vaadittavat turvallisuuden eheyden tasot (SIL) jokaiselle turvallisuuden liittyvälle sähköisesti toimivan ohjausjärjestelmän ohjaustoiminnolle, sekä ne tekevät mahdolliseksi turvallisuuden liittyvän sähköisen ohjausjärjestelmän suunnittelun siten, että turvallisuuden liittyvä sähköinen ohjausjärjestelmä soveltuu sille määrätyle turvatoiminnolle. Turvastandardeissa esitetään menetelmiä joiden tavoitteena on ottaa huomioon riskin pienentäminen sähköisten ohjausjärjestelmien suorituskyvyn suhteuttamiseen, tavoitteena olevaan riskin pienentämiseen, ottaen huomioon turvallisuuden ohjausjärjestelmän satunnaisten ja systemaattisten vikojen todennäköisyydet ja seuraukset. Kuviossa 3 osoitetaan standardien suhde toisiinsa. (SFS-EN 62061 2005, 10.)





KUVIO 3. Standardien suhteet toisiinsa (SFS-EN 62061 2005, 12).

#### **4.1.1 Koneen turvatoiminnot**

Koneiden turvallisuuteen liittyvien toimintojen toteutuksessa voidaan käyttää ohjausjärjestelmiä, joissa on elektronisia ohjelmoitavia laitteita. Kun käytetään ohjelmoitavia laitteita ohjausjärjestelmässä, on välttämätöntä tarkastella koneen suorituskykyvaatimuksia ja niiden suhdetta turvatoimintojen vaatimuksiin. (SFS-EN ISO 12100 2010, 66.)

Ohjelmoitavan ohjausjärjestelmän rakenne on oltava sellainen, että koneisiin tulevat viat eivät haittaa turvallisuuteen liittyviä ohjaustoimintoja. Turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän suorittaessa valvontatoimintoa, on järjestelmän käyttäytyminen otettava huomioon vian syntyessä. (SFS-EN ISO 12100 2010, 66.)

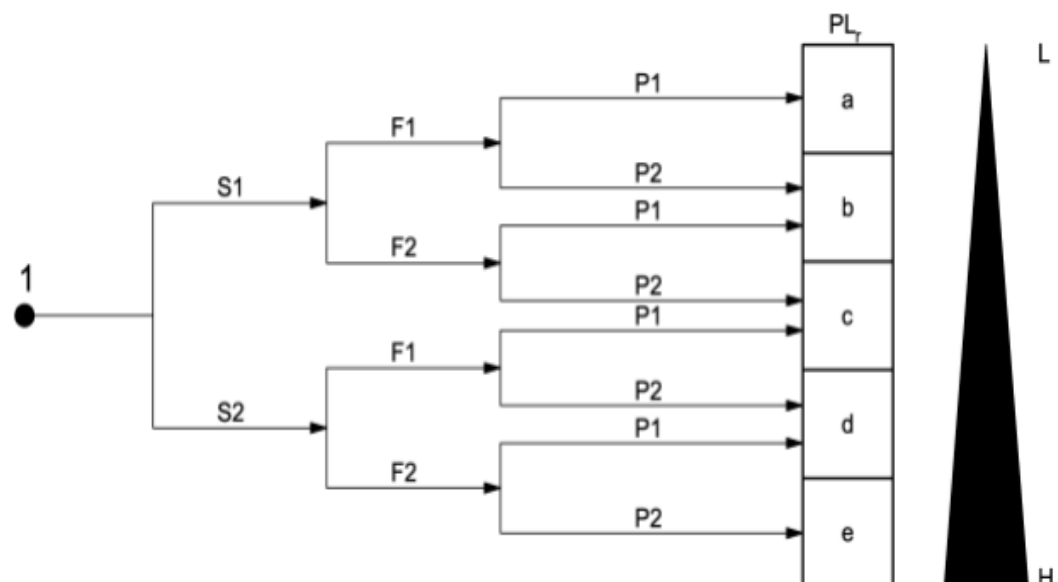
Turvallisuuteen liittyvät ohjelmoitavat ohjausjärjestelmät on suunniteltava ja asennettava hyväksytysti, jotta voidaan varmistaa jokaiselle turvatoiminnolle määritetty toimintakyky. Toimintakyky tarkoittaa turvajärjestelmän hyväksymistä johonkin turvallisuuden eheyden tason luokkaan. Ohjausjärjestelmän hyväksyminen koostuu testauksesta ja analyyseistä. Analyyseista esimerkkinä dynaamiset-, staattiset- tai vikaantumisanalyytit, joilla osoitetaan että kaikki osat vaikuttavat toisiinsa oikein turvatoiminnon suorittamiseksi, eikä ylimääräisiä tapahtumia esiinny. (SFS-EN ISO 12100 2010, 66.)

#### **4.1.2 Turvatoiminnon suoritustaso PLr**

Kaikille turvatoimintoihin liittyville ohjausjärjestelmän osille on määritettävä vaadittava suoritustaso PLr, jonka arvon määrittäminen on dokumentoitava. Vaadittavan suoritustason määrittäminen on riskin arvioinnin tulos ja se kertoo riskin pienentämisen määrän, jonka turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien on toteutettava. Mitä parempi turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien osien saama riskin pienentäminen on, sitä suurempi on vaadittava suoritustaso PLr. (SFS EN ISO 13849-1 2008, 40.)

#### 4.1.2.1 Suoritustason PLr määrittäminen

Suoritustason riskin arvioinnissa tilanne oletetaan ennen turvatoiminnon suoritus- ta. Ohjausjärjestelmästä riippumattomat toimenpiteet riskin pienentämiseksi me- kaanisit suojukset voidaan huomioida määrittäessä toiminnoilta vaadittavaa suoritustasoa PLr. Tällä menetelmällä voidaan selvittää vain riskin pienentämiseen tarvittava arvio, kuten määrittäessä turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien osien toteuttamaa tarpeellisen turvatoiminnon vaadittua suoritustasoa PLr. Alla olevan kuvion avulla saadaan määritettyä jokaisen kone-elimen suoritustaso mata- lasta korkeaan. (SFS EN ISO 13849-1 2008, 98.)



##### Merkintöjen selitys

- 1 aloituskohta turvatoiminnon osuuden arvioimiseksi riskin pienentämisessä
- L osuus riskin pienentämisessä pieni
- H osuus riskin pienentämisessä suuri
- PL<sub>r</sub> vaadittava suoritustaso

##### Riskiin liittyvät muuttujat

- S vamma vakavuus
- S1 lievä (tavallisesti palautuva vamma)
- S2 vakava (tavallisesti palautumaton vamma tai kuolema)
- F vaaralle altistumisen taajuus ja/tai kesto
- F1 harvoin...toisinaan ja/tai lyhyt altistumisaika
- F2 toistuvasti...jatkuvasti ja/tai pitkä altistumisaika
- P mahdollisuus välttää vaaraa tai rajoittaa vahinkoa
- P1 mahdollista tietyissä olosuhteissa
- P2 tuskin mahdollista

KUVIO 4. Suoritustason määrittäminen (SFS EN ISO 13849-1, 100).

Tärkeää on tiedostaa, voidaanko vaaratilanne tunnistaa ja välttää ennen vahingon sattumista. Tärkeänä tekijänä on myös ottaa huomioon, voidaanko vaara tunnistaa

sen fyysisten ominaisuuksien perusteella. Tärkeitä näkökohtia jota vaikuttavat kuvion 4. muuttujien valintaan:

- valvottu tai ilman valvontaa oleva toiminta
- ammattitaitoisten sekä ammattitaidottomien määrä
- koneen prosessiin liittyvät turvallisuus kokemukset
- vaaratilanteen nopeus

(SFS EN ISO 13849-1 2008, 100.)

#### 4.1.3 Turvalaitteen vaarallinen vikaantumisaika $MTTF_d$

Jokaisen turvalaitteen keskimääräinen vaarallinen vikaantumisaika, eli  $MTTF_d$  arvo ilmaistaan käyttäen kolmea tasoa (TAULUKKO 3). Arvo on otettava huomioon jokaiselle laitteelle erikseen. Suurimpana arvona voidaan käyttää 100 vuotta. Komponentin valmistaja ilmoittaa yleensä vaarallisen vikaantumisaikan tai arvon jolla tämä pystytään laskemaan. (SFS EN ISO 13849-1 2008, 46.)

$MTTF_d$	
Kunkin kanavan merkintä	Kunkin kanavan vaihteluväli
matala (low)	$3 \text{ vuotta} \leq MTTF_d < 10 \text{ vuotta}$
keskimääräinen (medium)	$10 \text{ vuotta} \leq MTTF_d < 30 \text{ vuotta}$
korkea (high)	$30 \text{ vuotta} \leq MTTF_d \leq 100 \text{ vuotta}$

TAULUKKO 3. Turvakomponentin keskimääräinen vikaantumisaika (SFS EN ISO 13849-1, 100.)

##### 4.1.3.1 Sähkömekaanisten komponenttien vaarallinen vikaantumisaika

Sähkömekaanisille komponenteille kontaktorit, releet, tunnistavat turvalaitteet, toimintaan kytketyt suojuukset on hankala laskea vaarallista  $MTTF_d$  arvoa, joka ilmoitetaan vuosissa. Useimpien komponenttien valmistajat ilmoittavat vain komponentin keskimääräisen toimintajaksojen lukumäärän johon mennessä 10 % kom-

ponenteista vikaantuu B10d arvolla. Kun seuraavat kriteerit täyttyvät voidaan komponentin  $MTTF_d$  arvo laskea B10d arvon avulla.

- komponentit valmistetaan noudattamalla standardin SFS EN 13849-1 turvallisuuden periaatteita.
- turvallisuuden eheyden tason SIL mukaan luokitellut komponentit valmistetaan noudattamalla turvallisuuden periaatteita.
- valmistaja ilmoittaa tuotetiedoissa komponentin hyödyntäjälle käyttötarkoitukset sekä käyttöolosuhteet.

(SFS EN ISO 13849-1 2008, 108, 110.)

#### 4.1.3.2 Komponentin $MTTF_d$ arvon laskenta B10d-arvon avulla

Valmistajan tulisi ilmoittaa keskimääräinen toimintajaksojen lukumäärä, johon mennessä 10 % komponenteista vikaantuu B10d arvolla. (SFS EN ISO 13849-1 2008, 110.)

Seuraavassa tuon esille rimoituskoneella käytössä olevan turvareleen keskimääräisen vikaantumisaian laskennan releen sähköisille osille. Tuon sen esille valmistajan ilmoittaman B10d arvon avulla. Vikaantumisaian laskennan arvot ovat kokeusperäisen tutkimuksen tuloksia.

Komponentin tiedot:

- malli: Siemens sirius 24V AC/DC
- B10d arvo: 100,000 toimintakertaa

$n_{op} = 4500$  keskimääräinen vuosittainen toiminta-jaksojen lukumäärä

$d_{op} = 250$  keskimääräinen toiminta-aika päivää vuodessa

$h_{op} = 18$  keskimääräinen toiminta-aika tuntia päivässä

$t_{jakso} = 600$  komponentin kahden peräkkäisen toimintajakson keskimääräinen aikaväli sekunneissa.

$n_{op} = d_{op} * h_{op} * 3600 / t_{jakso}$

$MTTF_d = B10d / 0,1 * 4500 = 222$  vuotta

Standardin SFS EN 13849-1  $MTTF_d$  laskukaava antaa keskimääräiseksi vikaantumisajaksi kyseiselle rimoituskoneen komponentille 222 vuotta. Kuitenkin standardin SFS EN ISO 13849-1 antama korkein keskimääräisen vikaantumisen aika turvallisuuteen liittyville komponenteille on 100 vuotta. Tämä saa olla korkein arvo turvallisuuden eheyden tason määrittämisessä SIL.

#### 4.1.4 Turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän arviointi

Jokaiselle turvallisuuteen liittyvälle ohjausjärjestelmälle on arvioitava joko Standardin SFS-EN ISO 13849-1 suoritustaso PL, joka jakaa ohjausjärjestelmän suoritustasoihin. Standardi SFS-EN 62061 arvioi turvallisuuteen liittyvälle ohjausjärjestelmälle turvallisuuden eheyden tasot SIL. PL suoritustason arviointi on selkeästi yksinkertaisempi kuin turvallisuuden eheyden tason arviointi. Turvallisuuden ohjausjärjestelmän suoritustaso PL määritetään vaarallisen vikaantumisen todennäköisyytenä tuntia kohden (TAULUKKO 4). (SFS-EN ISO 13849-1, 2008, 34.)

Turvallisuuden eheyden tason määrittämisessä on kiinnitetty enemmän huomiota komponenttien vikaantumisaikaan sekä diagnostiikan kattavuuteen, mikä tarkoittaa turvatoiminnon tarkastusta, jotta vikatilannetta ei pääsisi syntymään. Käsittelen tarkemmin molemmat jaottelut sekä SIL turvallisuuden eheyden tasojen vaatimukset ja Suoritustasojen PL vaatimukset.

PL	Vaarallisen keskimääräisen vikaantumisaajan todennäköisyys tuntia kohden 1/h
a	$\geq 10^{-5} \dots < 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6} \dots < 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6} \dots < 3 \times 10^{-6}$
d	$\geq 10^{-7} \dots < 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8} \dots < 10^{-7}$

Taulukko 4. Suoritustason määrittäminen (SFS-EN ISO 13849.1, 2008, 34).

#### 4.1.5 PL suoritustaso

Jokaiselle turvallisuuden ohjausjärjestelmään liittyvälle osalle tai osien yhdistelmälle, jotka ovat mukana suorittamassa turvatoimintoa, on arvioitava suoritustaso PL. Turvallisuuteen liittyvälle ohjausjärjestelmälle on arvioitava joko PL suoritustaso tai SIL turvallisuuden eheyden taso. Suoritustasoa määritettäessä on arvioitava seuraavia näkökohtia:

- keskimääräinen vikaantumisaika  $MTTF_d$  yksittäisille komponenteille
- turvatoiminnon käyttäytyminen vian sattuessa
- turvallisuuteen liittyvä ohjelmitava ohjausjärjestelmä
- turvatoiminnon suorituskyky ennakoitavissa olosuhteissa
- diagnostiikan kattavuus
- yhteisvikaantuminen.

Suoritustason arviointi tapahtuu vasta turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän käyttöönoton jälkeen, jolloin saadaan tarvittavaa tietoa arvioinnin suorittamiseen turvallisuuteen liittyvistä komponenteista. Alla olevassa taulukossa esitetään suoritustason, sekä turvallisuuden eheyden tason vastaavuus. Vastaavuutta ei ole turvallisuuden eheyden tason luokalle 4 suoritustasolla PL. (SFS EN ISO 13849-1 2008, 42.)

PL	SIL (IEC 61508-1, tiedoksi) tiheiden vaateiden tai jatkuvan toiminnan tapa
a	Ei vastaavuutta
b	1
c	1
d	2
e	3

TAULUKKO 5. Suoritustason sekä turvallisuuden eheyden tason vastaavuus. (SFS EN ISO 13849-1 2008, 44.)

#### 4.1.6 Turvallisuuden eheyden taso SIL

Turvallisuuden eheyden taso SIL on yksi neljästä. Tämä on tarkoitettu sähköisille, elektronisille tai ohjelmoitaville elektronisille turvallisuuteen liittyville järjestelmille osoitettavien turvatoimintojen turvallisuuden eheyden vaatimusten määrittämiseksi, missä eheyden taso luokka 4 on korkein ja luokka 1 matalin. Jokaiseen turvallisuuden ohjausjärjestelmään liittyvän osan on kuuluttava johonkin luokkaan. Luokat ovat perusmuuttujia, joita käytetään turvallisuuden suoritustason saavuttamiseen. Ne antavat tiedot turvallisuuden ohjausjärjestelmän osalta vaadittavan käytöksen suhteessa sen vikakestoisuuteen. (SFS EN ISO 13849-1 2008, 74.)

##### 4.1.6.1 Turvallisuuden eheyden luokat

Luokka B on perusluokka, jossa vian esiintyminen turvallisuuteen liittyvissä osissa voi johtaa turvatoiminnon menettämiseen. Luokassa 1 parempi vikakestoisuus saadaan aikaan komponenttien valinnalla sekä soveltamistavalla. Kuviossa 5 on esitetty luokan 1 mukainen turvatoiminto.



##### Merkintöjen selitys:

- $i_m$  kytkentävälineet
- I tuloyksikkö (esim. anturi)
- L logiikka
- O lähtöyksikkö (esim. pääkontaktori)

KUVIO 5. Luokan 1 mukainen turvatoiminto (SFS EN ISO 13849-1, 78).

Luokissa 2, 3 ja 4 suorituskyky on parempi määritellylle turvatoiminnolle, ja se saavutetaan turvallisuuden ohjausjärjestelmän osien rakenteellisen paremmuuden ansioista. Luokassa 2 tämä toteutetaan turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän avulla seuraamalla, että turvatoiminnot suoritetaan määräajoin. Luokissa 3 sekä 4 tämä toteutetaan varmistamalla, että yksittäinen vika ei johda turvatoiminnon heikkenemiseen. Luokassa 4 tällaiset viat havaitaan, mutta luokassa 3 mahdollisuuk-



sien mukaan. Turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän eheyden tason luokitus riippuu pääasiassa:

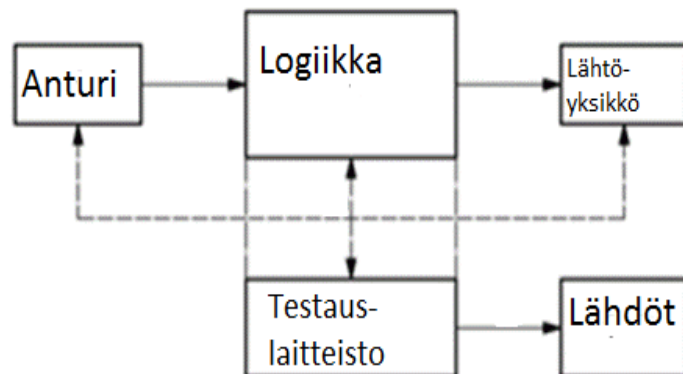
- vaadittavasta suoritustasosta Plr
- riskin arvioinnin jälkeen tapahtuvasta riskien pienentämisestä, joka on tarkoitus saavuttaa sillä turvatoiminnolla, johon kyseinen turvallisuuteen liittyvä ohjausjärjestelmä vaikuttaa
- vaarallisesta keskimääräisestä vikaantumisajasta  $MTTF_d$
- vian esiintymistodennäköisyydestä kyseiseen kanavaan ja siihen kuuluvista muuttujista.
- käytettävästä tekniikasta
- diagnostiikan kattavuudesta
- yhteisvikaantumisesta luokissa 2,3,4.  
(SFS EN ISO 13849-1 2008, 74.)

#### **4.1.6.2 Rimoituskoneen turvallisuuden eheyden taso luokka 2**

Luokassa 2 turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän on toteutettava samat vaatimukset kuin luokassa B. Turvallisuuden eheyden tasolla 2 suoritetaan toiminnan tarkastus jokaiselle komponentille tietyn väliajoin. Toiminnan tarkastus tapahtuu joko koneen käynnistyksen yhteydessä tai määräajoin koneen normaalin toiminnan aikana. Kun jokin komponentti esimerkiksi toimintaan kytketty suojuus on ollut käyttämättömänä ennalta määrätyn ajan, joudutaan tarkastus suorittamaan jokaiselle turvallisuuteen liittyvälle suojukselle. Turvallisuuteen liittyvän tarkistuksen on sallittava koneen normaalitoiminta, jos vikoja ei paljastu tarkistuksen yhteydessä, sekä saatava operaattorin huomion herättävä lähtösignaali aikaan jos yksittäisessä komponentissa esiintyy vika.

Lähtösignaalin on pidettävä kone turvallisessa tilassa siihen asti kunnes yksittäisen komponentin vika on korjattu. Luokassa 2 turvajärjestelmän käyttäytyminen sallii turvatoiminnon menettämisen turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän tarkistusten välissä. Kunkin turvallisuuteen liittyvän turvatoiminnon tarkastus paljastaa turvatoiminnon menettämisen. (SFS-EN ISO 13849-1 2008, 80.)

Yksittäisten kanavien keskimääräinen vikaantumisaika  $MTTF_d$  on oltava joko matala tai korkea riippuen suoritustason määrittämisessä Plr saadusta riskinarvioinnin tuloksesta. Diagnostiikan kattavuuden on oltava matala. Luokan 2 suurin saavutettavissa oleva suoritustaso on PL d. Kuviossa 6 esitetään luokan 2 turvatoiminnon periaate. (SFS-EN ISO 13849-1 2008, 82.)

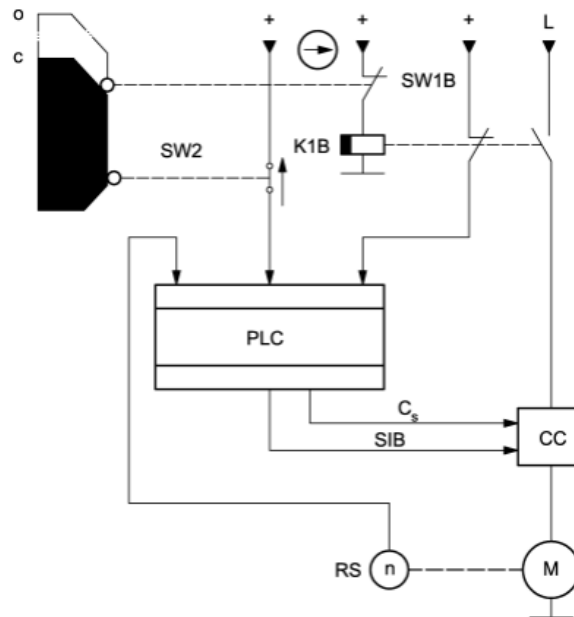


Katkoviivat esittävät käytännössä kohtuudella mahdollista vikojen paljastamista

KUVIO 6. Luokan 2 mukainen turvatoiminto (SFS-EN ISO 13849-1 2008, 82.)

#### 4.1.6.3 Luokan 2 turvatoiminnon toimintaperiaate

Luokassa 2 sekä sitä korkeammassa luokassa käytetään kahta kanavaa joilla saadaan aikaan redundanssi. Redundanssilla tarkoitetaan kahdennettua järjestelmää. Ensimmäisessä kanavassa on koneen vaaravyöhykkeen rajapinnalla oleva toimintaan kytketyn suojuksen pakkotoimisesti avautuvat koskettimet. Toimintaan kytketty suojus on liitetty turvareleeseen, joka katkaisee moottorin tehonsyötön. Toinen kanava on liitetty ohjelmoitavaan turvalogiikkaan, joka voi valvoa virranmuunninta tehonsyötön katkaisemiseksi moottorilta. Toinen kanava myös ilmoittaa operaattoreille turvavyöhykkeen, mistä kyseinen suojus on avattu. (SFS-EN ISO 13849-1 2008, 152.)



**Merkintöjen selitys:**

PLC	ohjelmoitava logiikka
CC	virranmuunnin
M	moottori
RS	pyörimisanturi
o	auki
c	kiinni
C <sub>s</sub>	pysäytystoiminto (normaalipysäytys)
SIB	signaalin turvallinen sulk
K1B	kontaktori
SW1B	kytkin (NC)
SW2	kytkin (NO)

KUVIO 7. Luokan 2 turvatoiminnon toimintaperiaate (SFS-EN ISO 13849-1 2008, 152).

#### 4.1.7 Diagnostiikan kattavuus DC

Diagnostiikan kattavuus on turvallisuuteen liittyvien yksittäisten komponenttien tai koko turvallisuuteen liittyvän järjestelmän tehokkuuden mitta eli se voi kattaa pelkästään esimerkiksi anturit, toimintaan kytketyt suojuukset, valoverhot ja kuittauspainikkeet, mutta ei logiikkajärjestelmää. Diagnostiikan kattavuus voidaan määrittää vaarallisten diagnosoitujen vikaantumisten vikaantumistaajuuden ja kaikkien vikaantumisten vikaantumistaajuuden suhteena.

Mitä korkeampi on diagnostiikan kattavuus, sitä paremmin ohjausjärjestelmä löytää turvallisuuteen liittyvästä järjestelmästä vaaralliset laitevikaantumiset. Automaattisten diagnostiikkatestien toiminnan seurauksena esimerkiksi johtimen irtoaminen tai katkeaminen pysäyttää kone-elimen ja näin saattaa sen turvalliseen tilaan. Alla olevassa taulukossa on esitetty diagnostiikan kattavuuden eri tasot. (SFS-EN ISO 13849-1 2008, 46.)

DC	
Merkintä	Vaihtelualue
noilla (none)	DC < 60 %
matala (low)	60 % ≤ DC < 90 %
keskimääräinen (medium)	90 % ≤ DC < 99 %
korkea (high)	99 % ≤ DC

TAULUKKO 6. Diagnostiikan kattavuus (SFS-EN ISO 13849-1 2008, 48.)

Diagnostiikan kattavuus voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$DC = \Sigma \lambda_{DD} / \lambda_{Dtotal},$$

jossa  $\lambda_{DD}$  on paljastuneiden vaarallisten laitevikaantumisten taajuus ja  $\lambda_{Dtotal}$  on kaikkien vaarallisten laitevikaantumisten taajuus. (SFS-EN 62061 2005, 32.)

#### 4.1.8 Yhteisvikaantuminen CCF

Yhteisvikaantuminen tarkoittaa turvallisuuteen liittyvän yhden tai useamman osan vikaantumisesta johtuvaa turvallisuuteen liittyvän ohjaustoiminnon menettämistä. Ohjausjärjestelmän on kyettävä toimimaan oikein tällaisissakin vikatilanteissa niin että koneen turvallisuus saadaan säilymään tai ohjausjärjestelmä pystyy saattamaan koneen turvalliseen tilaan. (SFS EN 62061 2005, 36.)

Yhteisvikaantumiseen johtavia tilanteita voidaan välttää seuraavin keinoin:

- turvallisuuteen liittyvien komponenttien suojaus, sekä sähkömagneettisilta häiriöiltä suojaaminen
- turvallisuuteen liittyvässä ohjausjärjestelmässä erilaisten komponenttien turvareleet sekä elektronisten ohjelmoitavien turvakomponenttien käyttö
- yhteisvikaantumisesta johtuvien vaarojen ymmärtäminen (kunnossapito)
- turvallisuuteen liittyvien kaapeleiden erottaminen koneen normaalitoimintaan vaikuttavista kaapeleista, esimerkiksi kaapelihyllyillä.  
(SFS-EN ISO 13849-1 2008, 132.)

## 4.2 Ohjausjärjestelmän suunnittelu

Ohjausjärjestelmän suunnittelun lähtökohtana on saada aikaan riittävän suuruinen riskin pienentäminen. Ohjausjärjestelmän oikeaoppisella suunnittelulla turvallisuuden kannalta on mahdollista välttää ennalta arvaamattomat ja mahdolliset koneen vaaralliset toiminnot. (SFS-EN ISO 12100 2010, 62.)

Koneen vaarallisen käyttäytymisen yleisimpiä syitä ovat:

- ohjausjärjestelmän logiikan sopimaton rakenne
- ohjausjärjestelmän komponenttien hetkellinen tai pysyvä vika
- ohjausjärjestelmän tehonsyötön vikaantuminen
- ohjauslaitteiden sopimaton valinta, sijoitus.
- vahinkokäynnistys
- nopeuden hallitsematon muutos
- koneen liikkuvan osan pysäytyksen vikaantuminen
- koneen normaalitoiminnan aikana tapahtuva kappaleen sinkoutuminen
- turvalaitteen toimimattomuudesta johtuva koneen toiminta.

Turvatoimintojen aikaansaamiseksi ja koneen vaarallisten liikkeiden estämiseksi on ohjausjärjestelmien suunnittelussa otettava huomioon operaattorin vuorovaikutus koneen kanssa. Käynnistys ja pysäytysehtojen järjestelmällistä analyysia tulee

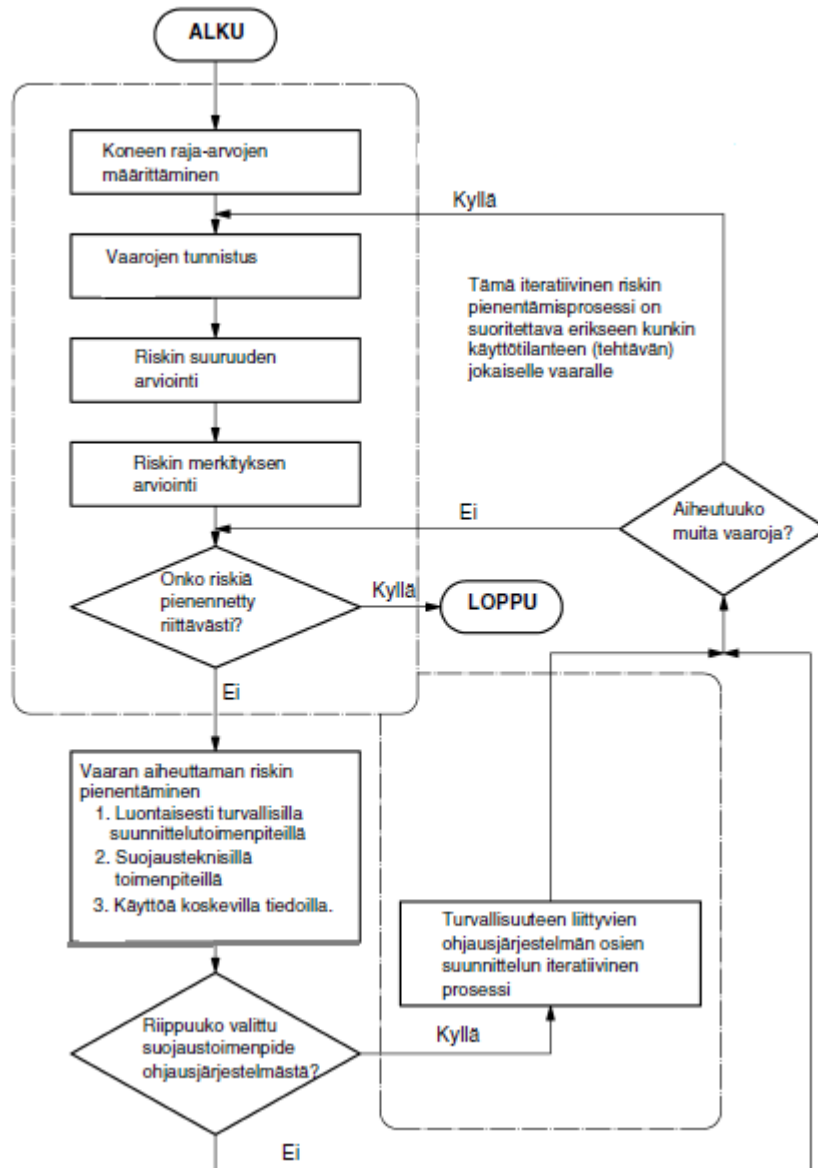
tarkkailla, sekä varautumista koneen eri toimintamuotoihin, esimerkiksi käynnistykseen normaalin pysäytystoiminnon jälkeen, uudelleenkäynnistykseen, sekä normaaliin toimintajakson keskeytykseen tai hätäpysäytyksen jälkeiseen ruuhkan purkuun tai kappaleen poistamiseen koneesta. Myös vikojen selkeä osoittaminen on otettava huomioon suunnittelussa. Toimenpiteitä, joilla voidaan estää koneen vaarallisen käyttäytymisen estämiseksi aiheutuvien odottamattomien käynnistyskäskyjen synty vahingossa esim. kauluksella varustettu käynnistysohjain, toimintaan kytketty suojaus, jolla estetään koneen uudelleenkäynnistyminen joka voisi johtaa vaaratilanteen syntymiseen. (SFS-EN ISO 12100 2010, 62, 64.)

#### **4.2.1 Turvallisuuden rajavyöhykkeet**

Suuremmat koneet ja laitokset jaetaan yleensä useampaan vyöhykkeeseen turvalaitteen aikaansaaman pysäytyksen, hätäpysäytyksen ja syötönerottamisen suhteen. Eri vyöhykkeet on osoitettava selvästi esimerkiksi piirustusten tai vyöhykekarttojen avulla ja on oltava ilmiselvää, mihin vyöhykkeeseen koneen osat kuuluvat. Selkeästi on tuotava esille myös, mihin vyöhykkeeseen vaikuttaa kukin ohjauslaite, turvalaite tai syötönerotuslaite. (SFS-EN ISO 12100, 64.)

#### **4.2.2 Turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän vaikutus kunnossapitoon**

Pääsyn ollessa tarpeellinen vaaravyöhykkeelle vianetsintää, puhdistusta sekä ennakkohuoltotoimenpiteitä varten, koneen rakenne on suunniteltava siten, että suojaustekniset laitteet varmistavat myös huoltohenkilöstön turvallisuuden, estämättä heitä kuitenkaan suorittamasta työtehtäviään. Tällaiset tehtävät on tunnistettava ja otettava huomioon riskinarvioinnissa osana koneen käyttöä. Alla olevassa kuvio 8:ssa on esitetty riskin arvioinnin perusperiaate. Erottaminen päävirtapiiri energiansyötöstä antaa parhaan turvallisuustason suorittaessa kunnossapitoon liittyviä töitä. (SFS-EN ISO 12100, 78.)



KUVIO 8. Riskin arvioinnin yleismalli (SFS EN ISO 13849-1 2008, 32.)

#### 4.2.3 Koneen energiansyötön katkeaminen

Koneet on suunniteltava siten, että energiansyötön katkeamisesta tai sen suuresta vaihtelusta aiheutuvat vaaratilanteet voidaan välttää. Seuraavien vaatimusten on täyttyvä: Energian palautuessa koneen pysäytystoiminto on jäätävä voimaan ja kaikkien turvallisuuteen liittyvien toimintojen on pysyttävä toimintakuntoisena energian katkeamisen aikana. Kone-elimet, joissa esiintyy konservatiivista voimaa eli energiaa joka muuttaa muotoaan, on pysyttävä paikallaan ennalta määrätyn

ajan mikä on tarpeellinen niiden saamiseksi turvalliseen tilaan. (SFS-EN ISO 12100, 66.)

#### **4.2.4 Kone-elimen käynnistys ja pysäytys**

Koneen toiminnan käynnistäminen saa olla mahdollista vain, kun kaikki turvatoiminnot ja toimintaan kytketyt suojukset ovat paikoillaan. Oikea oppisella suunnitellulla on varmistettava käynnistyminen oikeassa järjestyksessä. Koneet joiden käynnistys edellyttää useamman kuin yhden ohjauspaikan käyttöä, jokaisessa ohjauspulpetissa on oltava mahdollisuus käsikäyttöiseen ohjauslaitteeseen.

Käynnistymiselle vaaditut ehdot ovat:

- kaikkien ehtojen koneen toiminnan aikaansaamiseksi on täyttyttävä
  - kaikki käynnistyslaitteet on oltava vapautettuina
  - Samanaikainen vaikutus on oltava kaikkiin käynnistyslaitteisiin.
- (SFS-EN 60204-1 2006, 84, 88.)

Pysäytystoiminnot jaetaan kolmeen luokkaan:

- luokka 0 pysäytys poistaa tehon välittömästi koneesta esim. hätä-seis pysäytys
  - luokka 1 valvottu pysähtyminen jossa koneella on teho sen aikaa kunnes se saavuttaa vaarattoman tilan esim. turvalaitteella tapahtuva pysäytys
  - luokka 2 valvottu koneen pysähtyminen jossa koneella säilytetään teho.
- (SFS-EN 60204-1 2006, 88.)

#### **4.2.5 Turvapiirin kuittaustoiminto**

Kun turvapiirin toimintaan kytketty suojus on antanut pysäytyskäskyn, pysäytystilan on säilyttävä siihen asti kunnes käyttäjä huomaa turvalliset olosuhteet uudelleenkäynnistymistä varten. Koneen normaalitoiminnan aikaansaamiseksi palautus tapahtuu kuittaamalla toimintaan kytketty suojus, tämä ei vielä käynnistä koneen



normaalitoimintoa, vaan operaattorin on annettava erillinen käynnistyskäsky. Kun riskin arvioinnista saadut tulokset edellyttävät, pysäytyskäskyn kuittaus on tapahduttava erillisellä kuittaustoiminnolla. (SFS-EN ISO 13849-1 2008, 70.)

Kuittaustoiminto on oltava mahdollinen vain, kun kaikki turvaportit ja toimintaan kytketyt suojukset ovat kiinni. Kuittaus ei saa itsessään käynnistää koneen normaalitoimintaa aikaansaamaa käskyä. Kuittaustoiminto saa tulla hyväksytyksi vasta painikkeen vapautuessa, kuittauksen on tehtävä ohjauspiirille mahdolliseksi hyväksyä erillinen käynnistyskäsky. Kuittauspainikkeen on oltava vaaravyöhykkeen ulkopuolella, ja sen on oltava turvallisessa paikassa, josta on selvä näköyhteys vaaravyöhykkeelle. (SFS-EN ISO 13849-1 2008, 70.)

Kun näkyvyys vaaravyöhykkeelle on huono, on kuittaus tapahduttava vaaravyöhykkeelle asennetusta kuittauspainikkeesta ja sen jälkeen painikkeesta joka on vaaravyöhykkeen ulkopuolella, turvallisessa tilassa. Tämä kahden kuittauksen yhdistelmä on tehtävä tietyn ajan kuluessa, jotta kuittaustoiminto hyväksyy erillisen käynnistyskäskyn. (SFS-EN ISO 13849-1 2008, 70.)

#### **4.3 Ohjausjärjestelmän turvalaitteet**

Turvalaitteet on sijoitettava ottaen huomioon mekaaniset sekä muut vaarat. Turvalaitteiden on oltava hyvin yhteensopivia koneen toimintaympäristön kanssa ja ne on suunniteltava siten, että niitä ei pysty tekemään helposti toimimattomiksi. Turvalaitteista koneen normaalitoiminnalle aiheutuva haitta on oltava mahdollisimman vähäinen, jotta syy niiden ohittamiseksi olisi mahdollisimman pieni.

Turvalaitteilla on oltava seuraavat ominaisuudet:

- rakenteeltaan tukevia
- eivät aiheuta lisävaaraa
- eivät ole helposti ohitettavissa
- sijaitsevat riittäväällä etäisyydellä vaaravyöhykkeestä
- ovat mahdollisimman vähän tiellä tuotannon normaalitoiminnan tarkkailussa

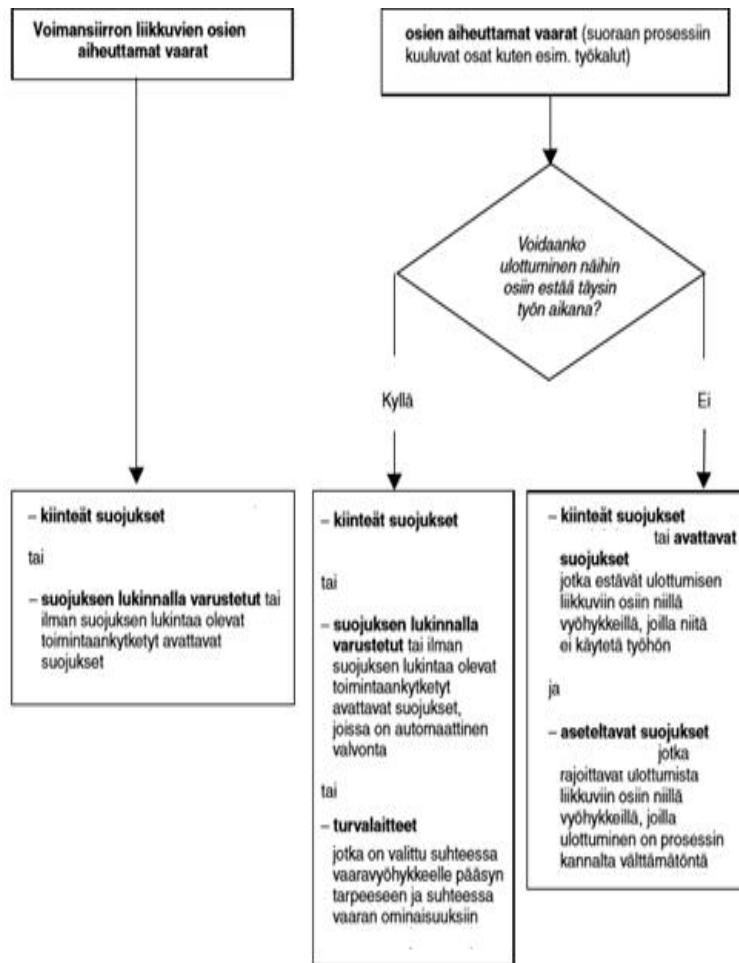
- sallivat pääsyn alueelle jossa tietty kunnossapitotoiminto pitää suorittaa poistamatta turvalaitetta
- avattavien suojusten on jäätävä kiinni koneeseen tai rakenteeseen ja ne on varustettava tarvittaessa suojuksen lukinnalla.

Koneen normaalitoiminnan aikana liikkuvat osat eivät aiheuta vaaraa käyttäjälle, eivätkä liikkuvat osat voi käynnistyä silloin, kun käyttäjä voi ulottua normaalin toiminnan aikana liikkuviin osiin. (SFS-EN ISO 12100 2010, 84.)

Tämä voidaan saavuttaa toimintaan kytketyillä suojuksilla, jotka kiinnitetään koneen suoja-aitoihin koneen vaaravyöhykkeen rajapinnassa. Suojauksia tarvitaan alueella, missä operaattori tai kunnossapitäjä ei voi ulottua koneen normaalitoiminnan aikana liikkuviin osiin.

#### **4.3.1 Turvalaitteiden valinta**

Turvalaitteet, joiden ensisijainen tarkoitus on henkilöiden suojaaminen, koneen normaalitoiminnan aikana liikkuvien osien aiheuttamilta vaaroilta. Yksittäisille koneille tehtävän riskin arvioinnin perusteella on valittava täsmällisesti oikea suojaustekninen laite. Kiinteää suojusta käytettäessä on pidettävä mielessä, että suojustus on yksinkertainen. Tällaista suojusta käytetään silloin kun käyttäjän ei tarvitse päästä vaaravyöhykkeelle koneen normaalitoiminnan aikana. Kuviossa 9 annetaan ohjeita oikeantyyppisen turvalaitteen valintaan, tietynlaisessa ympäristössä. (SFS-EN ISO 12100 2010, 74.)



KUVIO 9. Turvalaitteen valinta (SFS-EN ISO 12100 2010, 76.)

Prosessissa tapahtuvien ei toivottujen tilanteiden taajuuden kasvaessa käyttäjä joutuu usein vaaravyöhykkeelle. Kiinteää suojaa usein käytettäessä, suojaa ei aseteta takaisin paikoilleen. Tällaisiin tilanteisiin tarvitaan toisenlainen suojaus. Suojaus voi olla joko toimintaan kytketty suojuus tai tunnistava turvalaite, joissakin tapauksissa jopa suojausteknisten laitteiden yhdistelmiä. (SFS-EN ISO 12100 2010, 74, 76.)

### **4.3.2 Turvalaitteiden käyttöön soveltaminen**

Turvalaitteen käyttöönotossa huomiota olisi kiinnitettävä havaitsemisvyöhykkeen kokoon, turvalaitteen ominaisuuksiin ja sen sijoittamiseen, turvalaitteen reagoimiseen vikatilanteissa, kun kyseessä valosähköinen turvalaite, sekä mahdollisuuteen ohittaa turvalaite. (SFS-EN ISO 12100 2010, 80.)

Turvalaitteet on asennettava koneen ohjausjärjestelmään, siten että tunnistava turvalaite havaitsee ihmisen kehon osan, tai kun toimintaan kytketty suojus avataan. Vaaravyöhykkeelle liittyvät normaalitoiminnan aikana liikkuvat koneen osat pysähtyvät välittömästi siirryttyään vaarattomaan asemaan. Toimintaan kytketyn suojuksen kiinnitys tai tunnistavan turvalaitteen edestä ihmisen kehon osan vetäytyminen pois ei sellaisenaan käynnistä konetta, vaan se vaatii erillisen kuittaustoiminnon. Koneen normaalitoimintojen uudelleenkäynnistyminen aiheutuu operaattorin tarkoituksellisesta vaikuttamisesta vaaravyöhykkeen ulkopuolelle sijoitettuun ohjauspainikkeeseen, josta operaattori pystyy tarkkailemaan vaaravyöhykettä. (SFS-EN ISO 12100 2010, 80.)

### **4.3.3 Rimoituskoneen turvalaitteet**

Toimintaan kytketty suojus on varustettu toimintaan kytkentälaitteella. Laitteella saadaan aikaan yhdessä koneen ohjausjärjestelmän kanssa koneen normaalitoiminnan aikana luokan 1 pysäytyskäsky. Suojus pysäyttää kaikki koneen-osat siltä turvavyöhykkeeltä jonka vaikutusalaan toimintaan kytketty suojus kuuluu. Koneen normaalitoiminnan aikana suoritettavia vaarallisia toimintoja ei voida saada aikaan ennen kuin suojus on palautettu normaaliin tilaan. Itse suojuksen palauttaminen ei käynnistä koneen normaalitoimintoja. (SFS-EN ISO 12100 2010, 18.)



KUVIO 10. Toimintaan kytketty suojus

Kuviossa 10. olevalle toimintaan kytketylle suojukselle valmistaja antaa B10d arvoksi 300,000 toimintakertaa. Tämän toimintaan kytketyn suojuksen yleisin vikaantumistapa on koskettimien juuttuminen tai kuluminen. (Euchner 2013.)

Valosähköinen toimintaan kytketty turvalaite, jonka toiminta perustuu optiseen säteilevään lähettimeen sekä säteilyä vastaanottavaan valosähköiseen komponenttiin, jotka havaitsevat komponenttien väliin tulevan valoa läpäisemättömän kohteen läsnäolon suorittaen turvatoiminnon. Kuviossa 11 näkyy valosähköinen turvalaite, mikä rimoituskoneella käytössä ollessaan sekä huomioidessaan ihmisen kehon osan tai jonkun muun optista säteilyä läpäisemättömän kappaleen, pysäyttää kone-elimen. (SFS-EN ISO 12100 2010, 22.)



KUVIO 11. Valosähköinen turvalaite

Kyseiselle valosähköiselle turvalaitteelle valmistaja ilmoittaa turvallisuuden eheyden tasoksi 3 sekä keskimääräisen vikaantumisajan 204 vuotta. (Leuze 2014)

Turvareleitä käytetään varmistamaan koneiden turvallinen käyttö. Turvareleiden avulla voidaan suorittaa koneen turvallinen ja hallittu alasajo. Turvarele on sähköinen kytkin, jolla ohjataan koneelle energiaa syöttävän toimilaitteen toimintaa. Turvarelettä ohjaava komponentti voi olla valosähköinen laite tai toimintaan kytketty suojuus. Kun turvareleessä tapahtuu toimintatilan muutos, energian syöttö katkeaa koneelle. Turvarele on moottorin ohjauspiirissä oleva komponentti. Kuvassa alla on rimoituskoneella käytössä olevia turvareleitä.



KUVIO 12. Turvarele

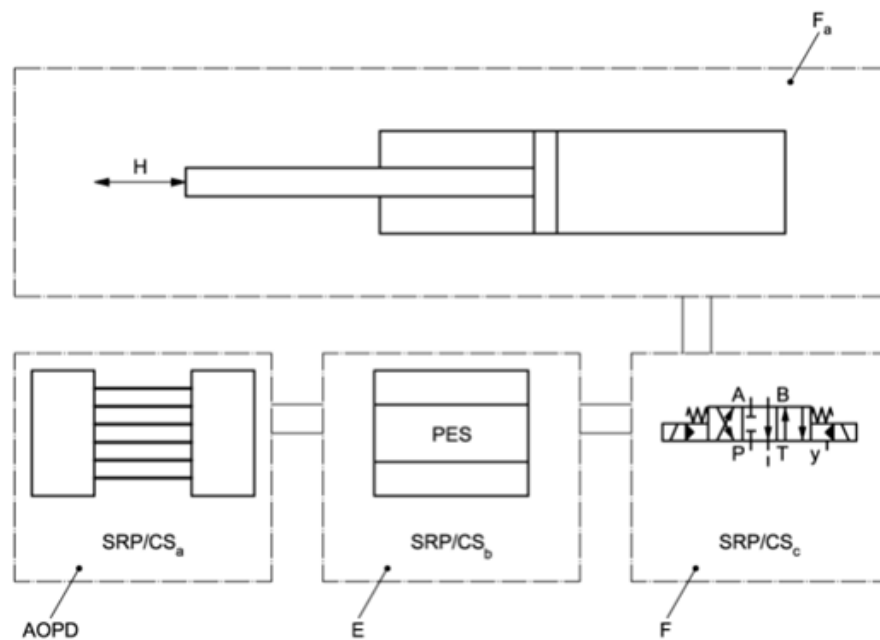
Kyseiselle turvareleelle valmistaja ilmoittaa turvallisuuden eheyden tasoksi 3, sekä turvareleen B10d arvoksi sähköisille osille 100,000 toimintakertaa ja mekaanisille osille 10,000,000 toimintakertaa. (Siemens 2014.)

#### 4.3.4 Turvallisuuteen liittyvien komponenttien yhdistäminen toisiinsa

Kuviossa 13 on kaavio turvallisuuteen liittyvistä ohjausjärjestelmän osista, jotka toteuttavat koneen yksittäisen toimilaitteen turvatoiminnon. Tämä kuvio esittää pelkästään eri turvallisuuden eheyden tason komponenttien yhdistämistä toisiinsa. Liike saadaan aikaan elektronisen ohjausjärjestelmän ja hydraulisen suuntaventtiilin avulla. Koneen vaarallisen toiminnan riskiä pienennetään valosähköisen turvalaitteen avulla, joka havaitsee valosähköisen turvalaitteen optisen säteen katkeamisen henkilön mennessä turvalaitteen väliin ja samalla estää hydraulisen toimilaitteen käynnistymisen. Turvatoiminnon saa aikaan valosähköinen turvalaite,

elektroninen ohjausjärjestelmä hydraulinen suuntaventtiili sekä liitäntävälineet. Nämä toisiinsa yhdistetyt turvallisuuteen liittyvät komponentit saavat aikaan turvatoiminnon. Kun valosähköiseen turvakomponenttiin vaikutetaan, sen kautta siirtyy signaali turvallisuuteen liittyvään ohjauslogiikkaan, joka pysäyttää koneen osan vaarallisen liikkeen. (SFS-EN ISO 13849-1 2008, 140.)

Turvallisuuteen liittyvien komponenttien yhdistelmä muodostaa turvatoiminnon ja kuvio 13 kuvaa eri turvallisuuden eheyden tason komponenttien yhdistämistä. Valosähköisen turvalaitteen valmistajan ilmoittama luokka on 2 sekä suoritustaso PL c. Ohjauslogiikan luokka on 3 ja suoritustaso PL c. Ohjauslogiikkaan liittyvän suoritustason parantamiseksi turvallisuuteen liittyvien osien rakenne on redundanttinen ja siinä on useita turvatoiminnon menettämisen havaitsevia menetelmiä. Hydraulisen suuntaventtiin luokka on 1 ja suoritustaso on PL c. Tämä turvallisuuteen liittyvien komponenttien yhdistelmä antaa suoritustasoksi PL c sekä turvallisuuden eheyden tasoksi luokan 2. (SFS-EN ISO 13849-1 2008, 140.)



#### Merkintöjen selitys

- AOPD aktiivinen valosähköinen turvalaite (esim. valoverho), SRP/CS<sub>a</sub>: luokka 2 [tyyppi 2], PL c
- E elektroninen ohjauslogiikka, SRP/CS<sub>b</sub>: luokka 3, PL d
- F hydraulikkaa, SRP/CS<sub>c</sub>: luokka 2, PL c
- F<sub>a</sub> hydraulinen toimilaitte
- H vaarallinen liike

KUVIO 13. Turvakomponenttien yhdistäminen (SFS-EN ISO 13849-1 2008, 142).



### **4.3.5 Turvalaitteiden kunnossapito**

Turvalaitteille ja niiden ohjausjärjestelmälle on määritetty tietty turvallisuuden eheyden taso. Jotta tämä taso saadaan ylläpidettyä, ennaltaehkäisevä tai korjaava kunnossapito on tarpeen. Ajan myötä syntyvät poikkeamat määritetystä suoritus-tasosta voi johtaa turvallisuuden heikkenemiseen ja mahdollisesti vaaratilanteeseen. Turvallisuuden ohjausjärjestelmän komponenttien käyttöä koskeviin tietoihin on sisällytettävä osien kunnossapitoa sekä määräaikaista tarkastamista koskevia ohjeita. (SFS-EN ISO 13849-1 2008, 94.)

Turvalaitteiden yleisimmät vikamuodot on taulukoitu standardin SFS-EN 62061 liitteessä D (LIITE 1). Taulukko antaa selkeän kuvan turvalaitteiden vikamuodoista sekä selkeyttää turvalaitteiden häiriötilanteissa vian etsintää.

### **4.4 Hätäpysäytys**

Hätäpysäytys-toimintoa käytetään todellisten sekä uhkaavien vaaratilanteiden estämiseksi. Hätäpysäytyspainikkeiden on oltava selvästi tunnistettavissa, ja helposti tavoitettavissa. Kone on pysäytettävä vaarallisen tapahtuman vuoksi niin nopeasti kuin mahdollista, vahinkojen minimoimiseksi. Hätäpysäytyskäskyn käyttäminen, josta koneen luokan 0 pysäytys seuraa. Painikkeen palauttaminen normaaliasentoon ei itsessään käynnistä konetta vaan se on käynnistettävä uudelleen. Painikkeen kuittaus saa olla vain mahdollista siltä paikalta, mistä sen toiminto saatiin aktiiviseksi. (SFS-EN ISO 12100 2010, 90.) Hätäpysäytykseen käytettävät laitteet ovat sienityyppinen painike, tai vetonarulla toimiva kytkin. Hätäpysäytyslaitteiden on oltava pakkotoimisesti avautuvia. (SFS-EN 60204-1 2006, 110.)

### **4.5 Vahinkokäynnistyksen estävät erotuslaitteet**

Koneen kunnossapidon tarkoitukseen on oltava vahinkokäynnistyksen estämiseksi tarkoitettut syötönerotuskytkimet. Kun kone-elimen käynnistys kesken kunnossapito toimenpiteiden voi aiheuttaa vaaraa. Erotuslaitteiden on oltava käyttötarkoituk-

seensa sopivia sekä niiden on oltava helposti tunnistettavissa. Erotuslaitteessa on oltava mahdollisuus lukitsemiseen, jotta estetään komponentin tarkoitukseton virtapiirin sulkeminen. Laitteet, jotka eivät täytä erottamistoiminnolle asetettuja vaatimuksia, esimerkiksi ohjauspiiristä poiskytkettyjä releitä tai kontaktoreita, voidaan käyttää pelkästään vaaravyöhykkeellä joko työn riskin arvioinnin sallimia tehtäviä varten tai puhdistukseen, tarkastukseen ja säätöön liittyvissä työtehtävissä. (SFS-EN 60204-1 2006, 54.)

#### 4.5.1 Syötönerotuskytkimen ominaisuudet

Syötönerotuskytkimen tarkoituksena on erottaa sähkölaitteisto syötöstä. Kytkimessä pitää olla yksi auki- ja kiinni-asento, jotka ovat merkitty kuvatunnuksilla O ja I. Ominaisuutena pitää olla ohjauspiirin avautuminen ennen kuin päävirtapiiri avautuu. Kun tulee tilanteita, joissa kone-elimien moottori pyörii ja henkilö kääntää syötönerotuskytkimen auki asentoon, tämä estää mahdollisten työtapaturmien syntyminen kyseisessä tilanteessa. Syötönerotuskytkimessä pitää olla lukitsemisen mahdollisuus kun se on auki asennossa, jotta kukaan ei vahingossa käännä epätietoisena kytkintä kiinni, kun kone-elimessä suoritetaan huoltotoimenpiteitä (SFS-EN ISO 60204-1 2006, 52.) Syötönerotuskytkimen on oltava kone-elimien jokaisessa syötössä. Kytkimellä on tarvittaessa pystyttävä erottamaan koneen sähkölaitteisto syöttöverkosta, koneessa tehtäviä töitä varten. (SFS-EN ISO 60204-1 2006, 50.)

Syötönerotuskytkimen on oltava jokin seuraavista tyypeistä:

- standardin IEC 60947-3 mukainen sulakkeellinen tai sulakkeeton kuormerotin
- standardin IEC 60947-3 mukainen sulakkeellinen tai sulakkeeton erotin jossa on apukosketin joka aukeaa ennen varsinaista päävirtapiiriä
- kytkinlaite joka täyttää standardin IEC tuotekohtaiset vaatimukset, ja tuotekohtaisessa standardissa määritellyn kuorman tai muun induktiivisen kuorman poiskytkemiseksi asetetut vaatimukset.

(SFS-EN 60204-1 2006, 50, 52.)

Syötönerotuskytkimen ohjauksehän on sijaettava helposti luokse päästävssä paikassa ja sen korkeuden on oltava kävelytasosta 0,6-1,9 m. (SFS-EN 60204-1 2006, 52.)

Syötönerotuskytkimen ei tarvitse erottaa koneen kunnossapitoon liittyvien toimintojen aikana tarvittavia valaistuksia, tai piirejä joiden tarkoitus on jäädä jännitteelliseksi oikean toiminnan aikaan saamiseksi. Esimerkkejä tällaisista ovat turvapiirit, sekä sähköisten ja elektronisten ohjelmoitavien laitteiden muistipiirit. (SFS-EN 60204-1 2006, 52.)

#### 4.5.2 Rimoituskoneen syötönerotuskytkimet

Rimoituskoneella käytössä olevat syötönerotuskytkimet ovat standardin IEC 60947-3 hyväksymiä sulakkeettomia kuormanerottimea. Jokainen moottorilähtö on varustettu syötönerotuskytkimellä joka toimii samalla moottorisuojakatkaisijana. Rimoituskoneen syötönerotuskytkimissä on selvä asennon osoitus sekä lukinnan mahdollisuus auki asennossa. Apukosketin aukeaa ennen päävirtapiiriä, jotta kytkintä ei tarvitse erottaa jännitteellisenä. Tämä on tärkeää tilanteissa, joissa kytkin käännetään auki asentoon moottorin vielä pyöriessä. Kuviossa 14 on rimoituskoneella käytössä oleva syötönerotuskytkin.



KUVIO 14. Rimoituskoneen syötönerotuskytkin

#### 4.6 Koneen sähkötilalle asetetut vaatimukset

Koneen tai laitteen sähkötilan on täytettävä seuraavat vaatimukset:

- sähkötilan ovien on oltava vähintään 0,7m leveitä ja 2,1m korkeita
- sähkötilan ovien on avauduttava ulospäin
- ovien on oltava sisäpuolelta avattavissa ns. paniikkisalvoilla joissa ei tarvitse avainta tai työkalua päästäkseen ulos sähkötilasta.

(SFS-EN ISO 60204-1 2006, 120.)

Sähkötilan laitteistot on asennettava ja sijoitettava niin että seuraavat toiminnot saadaan tehtyä mahdollisimman helposti:

- sähkötilan komponenteille pääsy ja niiden kunnossapito
- suojaaminen ulkoisilta vaikutuksilta sekä ympäristöolosuhteilta esim. pöly
- koneen sähkölaitteiden käyttö ja kunnossapito.

(SFS-EN 60204-1 2006, 114.)

## 5. SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS

Tässä kappaleessa käydään sähkötyöturvallisuusstandardin SFS EN 6002 avulla läpi vaatimuksia sähkötilassa työskentelyyn sekä perehdytään erityyppisten henkilöiden opastettu, sähköalan ammattihenkilö, maallikko työtehtäviin joita he saavat suorittaa.

Sähkötöitä koskevat turvallisuusvaatimukset on esitetty kauppa- ja teollisuusministeriön asetuksessa 1194/1999. Samat vaatimukset löytyvät myös voimassa olevasta standardista SFS 6002. Sähkötöissä noudatettava työturvallisuus koostuu oikeista työvälineistä, suojavarusteista, työskentelykäytännöistä sekä edellyttää selkeää vastuun tunnistamista ja vastuun mukana tulevien asioiden huolehtimisesta. (Sähköala 2014.)

### 5.1 Sähkötilassa työskentely

Sähkötilan laitteiston ollessa kosketussuojattu vähintään IPXXB:n mukaisesti voi maallikko ilman erillistä opastusta tehdä pienoispääjännitte sekä pienjännitelaitteistossa seuraavia tehtäviä: Keskuksen erottaminen jännitteettömäksi pääkytkimellä, käyttökytkimen ohjaus, vikavirtasuojakytkimen palautus normaalitoimintaa edellyttävään kuntoon. (SFS 6002 2005, 16.)

Sulakkeen vaihdon maallikko saa suorittaa pienjännitelaitteistossa tarkastamatta piirin jännitteettömyyttä, kun sulake on asennettu siten, että kosketussuojaus toteutuu ja oikosulun vaaraa ei ole. Tässä tulee kuitenkin huomioida, että sulake saa olla nimellisvirraltaan enintään 25A. (SFS 6002 2005, 30.)

Maallikko voi palauttaa releen toimintakuntoon pienjännitelaitteistossa, kun rele sijaitsee kosketussuojatussa tilassa vähintään IPXXB luokan mukaisessa, eli sormelta suojatussa tilassa. Tekijän pitää olla opastettu henkilö kun rele sijaitsee jännitteisten osien läheisyydessä, mutta jännitteisten osien tahallinen koskettaminen on estetty, kun käyttötoimenpiteitä tehdään rakenteissa, joissa kohteen lähellä si-

jaitsevat osat ovat jännitteellisiä sekä kosketussuojaamattomia. Tekijän on oltava ammattihenkilö. (SFS 6002 2005, 16.) Koneen tai laitteen virtapiirin erottaminen vähintään IPXXB kosketussuojatussa tilassa, jännitteettömänä tehtäviä töitä varten ja jännitteiseksi kytkemisen työn jälkeen, saavat tehdä vain ammatti tai opastettu henkilö. (SFS 6002 2005, 16.)

## **5.2 Standardin mukaiset opastetut henkilöt**

Opastettu henkilö sähköalalla voi olla:

a) Henkilö, joka on kauppa- ja teollisuusministeriön pykälän (516/1996)11§:n mukaan suorittamassa sähköalan ammattihenkilön pätevyyttä ja jolla on sähköalan työkokemusta, mutta ei vielä täytä sähköalan ammattihenkilön vaatimuksia. (SFS 6002 2005, 42.)

b) Henkilö, jolla ei ole sähköalan koulutusta tai työkokemusta, mutta joka on opastettu tekemään tietty toimenpide, esim. sulakkeen vaihto tai laitevalmistukseen liittyvään testaukseen kuuluva mittaus. (SFS 6002 2005, 43.)

Kohdan a) mukaisen opastetun henkilön työkokemus ja koulutus on otettava huomioon sähköalalla määritettäessä hänelle sallittuja tehtäviä ja tarvittavaa valvontaa. Henkilö voi työnantajan luvalla suorittaa koulutuksen ja kokemuksen mukaan tehdä kaikkia töitä, jotka on sallittu opastetulle henkilölle. Kohdan b) mukaisen henkilön työtehtävät voivat sisältää pelkästään niitä töitä johon hänet on erikseen opastettu. (SFS 6002 2005, 42.)

## **5.3 Työtä tekevän henkilön opastaminen**

Sähkötöitä tekevien henkilöiden valitsemiseen on huomioitava henkilön huolellisuus sekä ohjeiden noudattaminen. Tehtävään opastettavalle henkilölle on annettava teoreettinen sekä käytännön opastus ottaen huomioon työpaikalla vallitsevat olosuhteet ja sähköstä aiheutuvat vaarat. Opastuksen jälkeen henkilöä on kuulus-

teltava tai tentattava, jotta hän ymmärtää sähkön aiheuttamat vaarat. (SFS 6002 2005, 57.)

Sähkötöitä suorittavan henkilön opastamiseen pitää kuulua seuraavat asiat:

- sähkön vaarallisuus potentiaalissa olevan osan koskettamisesta aiheutuva vaara
- valokaaren aiheuttama palovaara ja nesteen käyttäytymiseen liittyvä vaara
- ensiapukoulutus sähkötapaturman sattuessa
- sähkötilaan pääsyn ja laitteiden käyttötoimintaan liittyvät kiellot, ovien pitäminen lukittuina, sivullisten henkilöiden pääsyn estäminen, avaimen luovuttaminen sivullisille kiellettyä, keskusten ovien ja suojusten pitäminen kiinni
- turvallisten kulkuteiden neuvominen, tikkaiden käytön rajoittaminen sähkötilassa, sekä sähkökeskusten päälle menemisen kieltäminen.

(SFS 6002 2005, 57.)

## 6 CASE

Alholman sahan uusi rimoituskone valmistui syksyllä 2014. Tehtäväni oli selvittää rimoituskoneen koneturvallisuutta.

Ongelma uudella rimoituskoneella oli syötönerotuskytkimien puuttuminen kone-elimien läheisyydestä. Tällöin hankalaksi muodostui mekaanisen kunnossapito-asentajan työn suorittaminen koneen vaaravyöhykkeellä. Erityisesti silloin, kun se käsittää muutakin kuin puhdistus, tarkastus, säätö tai riskinarvioinnin vaativa kone-elimen päävirtapiirin erottaminen. Päävirtapiiri erotetaan syötönerotuskytkimellä, eikä mekaaninen asentaja pääse sähkötilaan, eikä myöskään saa kytkeä syötönerotuskytkintä auki-asentoon ilman perehdyttämistä opastetuksi henkilöksi. Tieto siitä, milloin turvallisuuteen liittyvän toimintaan kytketyn suojuksen aukaisu riittää vaaravyöhykkeelle menemiseen ja siellä työskentelyyn on tärkeää. Myös sähkötilassa työskentelyyn oli epäselvää, ketkä saavat mennä sähkötilaan suorittamaan kuittauksia, päävirtapiirin katkaisua syötönerotuskytkimeltä ym. tehtäviä.

Kunnossapitohenkilöstöä haastateltaessa heidän mielestään tärkeimpiä turvallisuuteen liittyviä asioita, joista pitäisi ottaa selvää kunnossapitotöihin liittyen, olivat turvapiirit, mihin ja mitä kone-elimiä kukin turvalaite pitää takanaan. Samalla olisi selvitettävä myös, missä sijaitsee kunkin kone-elimen syötönerotuskytkin ja milloin syötönerotuskytkintä käytetään. Mikä on sellainen tilanne, joka vaatii syötönerotuskytkimen käyttöä, eli päävirtapiirin erottamista näkyvällä avausvälillä tai selvällä asennosoituksella?

### 6.1 Ehdotukset

Työssäni standardeja apuna käyttäen tutkin ongelmakohtia turvallisuuteen liittyen, sekä parannuksia kunnossapidon selkeämpään toimintaan rimoituskoneella. Seuraavassa on esitetty kunnossapitotöihin vaikuttavia ehdotuksia:



- mekaanisesta kunnossapitoasentajasta perehdytetään B-tyypin opastettuhenkilö, joka saa käydä sähkötilassa suorittamassa toiminnon, johon henkilö on opastettu. Tässä tapauksessa kone-elimien, jossa työ suoritetaan syötönerotuskytkimen auki-asentoon kytkentä sähkötilasta, sekä syötönerotuskytkimen lukitseminen työnajaksi.
- asetetaan syötönerotuskytkimistä suomenkielinen lista sähkötilaan, josta ilmenee, missä jokainen syötönerotuskytkin kullekin kone-elimelle sijaitsee. Tämä helpottaa sekä nopeuttaa huoltoon liittyvien töiden valmiiksi saattamista. Lista syötönerotuskytkimistä löytyy liitteestä (LIITE 2).
- turvavyöhykekartat, jotka asennetaan jokaisen toimintaan kytkettyjen suojuksien tai aktiivisten valosähköisten turvalaitteiden viereen. Listasta selviää kaikki kone-elimet jotka kuuluvat kyseiseen turvavyöhykkeeseen. Tällä varmistamme koneen vaaravyöhykkeelle menemisen turvallisuuden
- suoritetaan riskinarviointi koneen vaaravyöhykkeellä suoritettavista toimenpiteistä, josta selviää syötönerotuskytkimen tarpeellinen käyttö. Jos tai kun riskinarviointia ei suoriteta, pidetään vaatimuksena syötönerotuskytkimellä tapahtuvaa päävirtapiirin katkaisua aina, kun työ käsittää jotain suurempaa kuin säätöä, tarkastusta tai puhdistustoimintaa koneen vaaravyöhykkeellä.

## POHDINTA

Työn tarkoituksena oli selvittää koneturvallisuuteen liittyvien standardien avulla rimoituskoneen turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien toimintaa, sekä selvittää, miten turvallisuuteen liittyvä ohjausjärjestelmä toimii. Hankalaksi muodostui työn rajaus koska tietoa olisi ollut niin paljon. Päätin pysyä pitkälti pelkissä turvallisuuteen liittyvissä asioissa.

Työssäni olen antanut ehdotuksia asioista, jotka vaikuttavat selkeästi kunnossapitotöiden turvallisuuteen sekä huoltojen ja häiriökorjauksien nopeuteen. Sitä kautta saadaan tuotannon kokonaistehokkuutta parannettua.

Mielestäni työ onnistui kokonaisuutena hyvin. Välillä keskityin liikaa turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän suunnitteluun. Työssäni sain selville paljon turvapiireistä: miten monimutkaisia ne ovat, sekä varsinkin suunnittelussa, kun määritetään turvapiirien turvallisuustasoja.

## LÄHTEET

Euchner. 21.1.2013. More than safety. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.euchner.de/LinkClick.aspx?fileticket=GGRKiKzFG4E%3D&tabid=101&language=de-DE>. Luettu 20.12.2014

Ilvespää H. 2014. 26.3.2014: Teolliset Biofore Symbioosit. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.slideshare.net/SitraEkologia/ilvesp-teolliset-biofore-symbioosit-20032014-final>. Luettu 18.12.2014

Leuze. 2014. Leuze electronic. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.leuze.com/en/deutschland/produkte/produkte\\_fuer\\_die\\_arbeitssicherheit/optoelektronische\\_sicherheits\\_sensoren/mehrstrahl\\_sicherheits\\_lichtschranken/mld\\_500/selector.php?supplier\\_aid=66501100&grp\\_id=A1-3-1-2-3&lang=eng](http://www.leuze.com/en/deutschland/produkte/produkte_fuer_die_arbeitssicherheit/optoelektronische_sicherheits_sensoren/mehrstrahl_sicherheits_lichtschranken/mld_500/selector.php?supplier_aid=66501100&grp_id=A1-3-1-2-3&lang=eng). Luettu 29.12.2014

Renholmen. 2012. Tuorelajittelu. Rimoituskone. www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.renholmen.se/fi/tuorelajittelu/rimoituskone/rimoituskone>. Luettu 29.12.2014

SFS-EN ISO 12100. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. 2010. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 13849-1. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmän osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. 2006. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN 60204-1. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset. 2006. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS 6002. Sähkötyöturvallisuus. 2005. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Siemens. 2014. Turvareleet ja hätäpysäytys. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/kone](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/kone)

[\\_ja\\_prosessiturvallisuus\\_seka\\_atex/koneturvallisuus/turvareleet\\_ja\\_hatapysaytys.htm](#). Luettu 26.12.2014

Sähköala.fi. 2014. Sähkötyöturvallisuus. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/Sahkotyoturvallisuus/fi\\_FI/Sahkotyoturvallisuus/](http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/Sahkotyoturvallisuus/fi_FI/Sahkotyoturvallisuus/). Luettu 26.12.2014

UPM. 2014a. UPM:n liiketoiminnot. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.upm.com/FI/UPM/Liiketoiminnot/Pages/default.aspx>. Luettu 20.12.2014

UPM. 2014b. UPM Lyhyesti. Historia .Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.upm.com/FI/UPM/UPM-Lyhyesti/Historia/Pages/default.aspx>. Luettu 19.12.2014

UPM. 2014c. Tuotteet. Timberin tuotantoprosessi. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://timber.upm.com/FI/tuotteet/tuotanto/prosessi/Pages/default.aspx>. Luettu 02.01.2015

UPM. 2014d. Tuotteet, Alholma. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://timber.upm.com/FI/tuotteet/tuotanto/sahat/alholma/Pages/default.aspx>. Luettu 02.01.2015

UPM. 2014e. Tietoa Timberistä. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://timber.upm.com/FI/tietoa-timberista/Pages/default.aspx>. Luettu 19.12.2014

UPM Biofore – Metsä on täynnä mahdollisuuksia. 30.3.2012. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=SiaQKC2LnjU&x-yt-ts=1422503916&x-yt-cl=85027636>. Luettu 19.12.2014

**Syötönerotuskytkimien suomenkielinen lista****Syötönerotuskytkimet keskus 2.**

0Q4	Vaihevalvonta
0Q5	Ylijännitesuoja
8400Q4	Hydrauliikan lämmitys
0Q0	Pääkytkin moottorilähdöille

**Syötönerotuskytkimet keskus 3.**

120Q1,4	Porrassyöttimen jarru
120Q1	Porrassyötin
130Q1,4	Kiramon jarru
130Q1	Kiramo
130Q1,9	Kiramon moottorin tuuletin
170Q1	Vinokuljetin
175Q1	Välikuljetin
180Q1	Kierrerrullasto
180Q2	Jakokuljetin
8400Q1	Hydrauliikka pumppu
8400Q2	Hydrauliikan jäähdytin
8510Q1	Keskusvoitelu pumppu

**Syötönerotuskytkimet keskus 4.**

305Q1	Varastoiva poikittaiskuljetin 1
310Q1	Varastoiva poikittaiskuljetin 2
320Q1	Varastoiva poikittaiskuljetin 3

330Q1	Liikkuva kerrospidättäjä
340Q1	Poikittaiskuljetin kattoketjulla
350Q1	Potkaisija
350Q2	Kerroksen muodostus laitteisto
350F1,9	Potkaisijan tuuletin

### **Syötönerotuskytkimet keskus 5.**

350Q3,4	Pakettihissi jarru
350Q3	Pakettihissi
350Q4	Kaksoiskuormalava
360Q1	Liikkuva kerrospidättäjä
360Q2	Rimojen sisäänsyöttö
360Q3	Rimanippu kuljetin
370Q1	Varastoiva poikittaiskuljetin 4

### **Syötönerotuskytkimet keskus 6.**

380Q1,4	Siirtovarsien jarru
380Q1	Siirtovarret
390Q1	Paketin tasaaja
410Q1	Tattiketju
410Q2	Paketin takareunan tasaaja
420Q1,4	Ylempi nostopöytä jarru
420Q1	Ylempi nostopöytä
420Q1,9	Ylemmän nostopöydän moottorin tuuletin
420Q2,4	Etareunan tasaaja jarru

420Q2	Etureunan tasaaja
380F1,9	Siirtovarret moottori tuuletin

**Syötönerotuskytkimet keskus 7.**

420Q3.4	Alempi nostopöytä jarru
420Q3	Alempi nostopöytä
420Q3.9	Alempi nostopöytä moottorin tuuletin
430Q1.4	Rullarata 1 jarru
430Q1	Rullarata 1
431Q1.4	Rullarata 2 jarru
431Q1	Rullarata 2
432Q1.4	Rullarata 3 jarru
432Q1	Rullarata 3
433Q1.4	Rullarata 4 jarru
433Q1	Rullarata 4

**Syötönerotuskytkimet keskus 8.**

600Q1	Rimojen poikittaiskuljetin 1
600Q2	Rimojen poikittaiskuljetin 2
610Q1.4	Rimakuljetin 1
610Q1	Rimakuljetin 1 jarru
615Q1.4	Rimojen askelsyötin jarru
615Q1	Rimojen askelsyötin
620Q1	Rimojen kaarikuljetin
630Q1.4	Rimakuljetin 2 jarru
630Q1	Rimakuljetin 2
635Q1.4	Rimakuljetin 3 jarru
635Q1	Rimakuljetin 3
640Q1.4	Askelsyötin jarru
640Q1	Askelsyötin

**Syötönerotuskytkimet keskus 9.**

650Q1.4	Rimujen kaarikuljetin jarru
650Q1	Rimujen kaarikuljetin
660Q1	Tärypöytä
665Q1	Rimujen poikittaiskuljetin
665Q2	Rimujen varastokuljetin
670Q1.4	Rumpukiramo jarru
670Q1	Rumpukiramo
680Q1	Rimujen varastointi ketju
683Q1	Ohituskuljetin
684Q1	Kiihdytyskuljetin
685Q1.4	Rima annostimen jarru
685Q1	Rima annostin
690Q1	Rimujen pudotuslaite
691Q1	Rimujen varastokuljetin 1
692Q1	Rimujen varastokuljetin 2

**Syötöerotuskytkimet keskus 10.**

810Q1	Tasauspöytä
810Q2	Rimakehikon nostomoottori
820Q1	Ajopöydän raappa
840Q1	Rimaraappa
830Q1	Keräilykuljetin

**Syötöerotuskytkimet keskus 11.**

705Q1.4	Palkkien nostolaitteen jarru
705Q1	Palkkien nostolaite
705Q2.4	Palkkien servomoottorin jarru



705Q2	Palkkien servomoottori
705Q3.4	Palkkien kääntölaite jarru
705Q3	Palkkien kääntölaite
720Q1	Palkkikuljetin
750Q1	Palkkien erotuskuljetin
770Q1	Palkkien syöttökuljetin 1-3
770Q2	Palkkien syöttökuljetin osa 4
705Q11	Sähkömagneetti BKM1
705Q12	Sähkömagneetti BKM2
705Q13	Sähkömagneetti BKM3
705Q14	Sähkömagneetti BKM4
705Q15	Sähkömagneetti BKM5

## SFS-EN 62061

Komponentti	Vikamuoto	Tyypilliset vikamuotojen osuudet %
Pakkoavautuva kytkin, esimerkiksi painike, hätäpysäytyslaite, asemantuntoelimet, ohjauskappaleella toimivat rajakytkimet, valintakytkimet	Koskettimet eivät avaudu	20
	Koskettimet eivät sulkeudu	80
Sähkömekaaninen asemantuntoelin, rajakytkin, käsikäyttöinen kytkin jne. (ei pakkotoimista avautumista turvatoimintoa vaadittaessa)	Koskettimet eivät avaudu	50
	Koskettimet eivät sulkeudu	50
Rele	Kaikki koskettimet jäävät kiinni, kun jännite katkaistaan kelasta	25
	Kaikki koskettimet jäävät auki, kun kela tulee jännitteiseksi	25
	Koskettimet eivät avaudu	10
	Koskettimet eivät sulkeudu	10
	Samanaikainen oikosulku vaihtokoskettimen kolmessa kosketinparissa	10
	Sulkeutuvan ja avautuvan koskettimen samanaikainen sulkeutuminen	10
	Kahden kosketinparin välinen tai koskettimien ja kelan liittimen välinen oikosulku	10

Komponentti	Vikamuoto	Tyypilliset vikamuotojen osuudet %
Katkaisija, differentiaali katkaisija, vikavirtakytkin	Kaikki koskettimet jäävät kiinni, kun jännite katkaistaan kelasta	25
	Kaikki koskettimet jäävät auki, kun jännite tulee kelaan	25
	Koskettimet eivät avaudu	10
	Koskettimet eivät sulkeudu	10
	Samanaikainen oikosulku vaihtokoskettimen kolmessa kosketinparissa	10
	Sulkeutuvan ja avautuvan koskettimen samanaikainen sulkeutuminen	10
	Kahden kosketinparin välinen tai koskettimien ja kelan liittimen välinen oikosulku	10
Kelakytkin (kontaktori)	Kaikki koskettimet jäävät kiinni, kun jännite katkaistaan kelasta	25
	Kaikki koskettimet jäävät auki, kun jännite tulee kelaan	25
	Koskettimet eivät avaudu	10
	Koskettimet eivät sulkeudu	10
	Samanaikainen oikosulku vaihtokoskettimen kolmessa kosketinparissa	10
	Sulkeutuvan ja avautuvan koskettimen samanaikainen sulkeutuminen	10
	Kahden kosketinparin välinen tai koskettimien ja kelan liittimen välinen oikosulku	10
Sulake	Sulake ei toimi (oikosulku)	10
	Avoin virtapiiri	90
Lähestymiskytkin	Pysyvästi pieni vastus lähdössä	25
	Pysyvästi suuri vastus lähdössä	25
	Tehonsyötön keskeytyminen	30
	Kytkimen toimimattomuus mekaanisen vikaantumisen johdosta	10
	Samanaikainen oikosulku vaihtokoskettimen kolmen liittimen välillä	10
Lämpökytkin	Koskettimet eivät sulkeudu	30
	Koskettimet eivät avaudu	10
	Kahden vierekkäisen koskettimen välinen oikosulku	10
	Samanaikainen oikosulku vaihtokoskettimen kolmen liittimen välillä	10
	Tuntoelimen vikaantuminen	20
	Havaitsemis- tai muiden lähtöominaisuuksien muuttuminen	20

